

ЗБРОЙНІ СИЛИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ  
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ – ДЛЯ ЗАХИСТУ  
ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

**XX МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ ХАРКІВСЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ПОВІТРЯНИХ СИЛ  
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА**

**Тези доповідей**

02 – 03 травня 2024 року

Харків  
2024

*Затверджено до друку вченою радою Харківського національного  
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,  
протокол від 30 квітня 2024 року № 5*

XX міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба “Новітні технології – для захисту повітряного простору”: тези доповідей, 02 – 03 травня 2024 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2024. – 816 с.

Наведені тези доповідей за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами, науковими співробітниками, докторантами, ад’юнктами, аспірантами, фахівцями органів військового управління, закладів, установ і підприємств.

Для наукових, науково-педагогічних працівників, докторантів, ад’юнктів, аспірантів, фахівців в галузі розвитку Збройних Сил, озброєння та військової техніки.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несуть автори.

ЗМІСТ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Вступне слово Голови програмного комітету конференції командувача Повітряних Сил Збройних Сил України .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Вступне слово начальника Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>Програмний комітет конференції .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>Організаційний комітет конференції .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Секція 1.</b> Проблеми воєнного мистецтва, управління військами (силами) в сучасних війнах (конфліктах) та при відсічі збройної агресії російської федерації проти України .....   | 14        |
| <b>Секція 2.</b> Наукове супроводження, розвиток, бойове застосування та експлуатація АСУ авіацією та ППО Повітряних Сил.....   | 46        |
| <b>Секція 3.</b> Підготовка, бойове застосування частин (підрозділів) авіації, бойове маневрування та льотна експлуатація літальних апаратів.....   | 67        |
| <b>Секція 4.</b> Створення, експлуатація та ремонт авіаційної техніки з урахуванням досвіду відсічі повномасштабної збройної агресії російської федерації.....  | 118       |
| <b>Секція 5.</b> Комплекси і системи бортового обладнання військових повітряних суден, БпАК та авіаційне озброєння .....  | 161       |
| <b>Секція 6.</b> Тактика зенітних ракетних військ, розвиток, експлуатація, ремонт та бойове застосування озброєння і військової техніки ЗРВ з урахуванням досвіду відсічі збройної агресії російської федерації.....  | 231       |
| <b>Секція 7.</b> Тактика радіотехнічних військ, розвиток та бойове застосування радіоелектронної техніки РТВ. Особливості ведення радіолокаційної розвідки в ході бойових дій .....   | 276       |
| <b>Секція 8.</b> Перспективи розвитку військової техніки електронних комунікаційних систем та радіотехнічного забезпечення Повітряних Сил. Особливості бойового застосування військових частин (підрозділів) зв'язку та РТЗ Збройних Сил України в ході відсічі збройної агресії російської федерації ..... | 318       |
| <b>Секція 9.</b> Інформаційні технології управління і ергономіка військових організаційно-технічних систем .....  | 356       |
| <b>Секція 10.</b> Розвиток озброєння, інформаційного забезпечення та способів застосування військ протиповітряної оборони Сухопутних військ Збройних Сил України. Протиповітряна оборона військ в умовах повномасштабної агресії російської федерації .....   | 410       |
| <b>Секція 11.</b> Розвиток логістичного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України на основі досвіду ООС та відсічі збройної агресії російської федерації .....   | 457       |
| <b>Секція 12.</b> Створення та бойове застосування розвідувально-ударних систем.....  | 490       |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Секція 13.</b> Розвиток та застосування сил та засобів розвідки, сил спеціальних операцій та пошуково-рятувального забезпечення.....              | 513        |
| <b>Секція 14.</b> Перспективи розвитку сил підтримки Повітряних Сил Збройних Сил України та нових видів радіоелектронної зброї.....                  | 531        |
| <b>Секція 15.</b> Сучасні напрямки розвитку радіоелектроніки .....   | 549        |
| <b>Секція 16.</b> Космічна підтримка Збройних Сил України при виконанні завдань в ході відбиття агресії російської федерації проти України.....      | 598        |
| <b>Секція 17.</b> Електроенергетичне забезпечення озброєння та військової техніки з урахуванням досвіду ведення бойових дій.....                     | 619        |
| <b>Секція 18.</b> Метрологічне забезпечення озброєння і військової техніки з урахуванням досвіду ведення бойових дій .....                           | 652        |
| <b>Секція 19.</b> Соціально-гуманітарні проблеми національної безпеки, реформування та розвитку Збройних Сил України .....                           | 690        |
| <b>Секція 20.</b> Психолого-педагогічні, правові та соціальні проблеми підготовки військових професіоналів в умовах російсько-української війни..... | 699        |
| <b>Секція 21.</b> Особливості викладання іноземних мов військовим фахівцям .....   | 732        |
| <b>Секція 22.</b> Мовна підготовка та сертифікація авіаційних фахівців.....  | 743        |
| <b>Секція 23.</b> Математика у військово-прикладних задачах та особливості математичної підготовки майбутніх фахівців авіаційного профілю .....      | 754        |
| <b>Секція 24.</b> Новітні технології в цивільній авіації та особливості підготовки авіаційних фахівців.....  | 763        |
| <b>Алфавітний покажчик.....</b>  | <b>792</b> |

**ВСТУПНЕ СЛОВО**  
**командувача Повітряних Сил Збройних Сил України**  
**до учасників XX міжнародної наукової конференції**  
**Харківського національного університету Повітряних Сил**  
**імені Івана Кожедуба**  
**“Новітні технології – для захисту повітряного простору”**

Шановні учасники конференції!

У цей складний для країни час саме Повітряні Сили Збройних Сил України є тим нерушійним важелем та головним інструментом, котрий насамперед стримує з повітря натиск сил противника на кожній ділянці фронту. Повітряні Сили Збройних Сил України несуть повну відповідальність за безпеку нашого неба на всій території держави, захист нашої країни і її громадян від загроз з повітря.

Вже понад двох років народ України веде криваву та виснажливу війну за незалежність, самоідентичність, образ життя, цінності та саме існування української нації. Наші воїни, добровольці, волонтери та увесь український народ зуміли не тільки зупинити ворожі орди, але й розгромити та з ганьбою випровадити їх з-під Києва та Херсону, Чернігова та Харкова. Славетні подвиги наших героїв продемонстрували усьому світу силу і славу українського війська та перевагу вільного демократичного народу над імперією безголових рабів та підступних тиранів.

Проте війна триває, перейшовши у фазу війни на виснаження. Ворог відчайдушно намагається зачепитися в Запорізьких і Херсонських степах та териконах Донбасу, продемонструвавши хоч якійсь успіхи одурманеним народам імперії. Так само ворог намагається зламати волю до опору нашого народу, розгорнувши ракетно-авіаційний терор проти цивільного населення, нашої економіки, критичної інфраструктури, системи життєзабезпечення. І саме Повітряні Сили, наші льотчики та зенітники, оператори радіолокаційних станцій та фахівці РЕБ, зв'язківці та інженерно-технічний персонал, розвідники та офіцери бойового управління стали на заваді ворожим планам та всупереч усім об'єктивно-негативним факторам на користь ворога зуміли сформувати надійний повітряний щит над нашими містами та бойовими порядками військ.

Все це – заслуга кожного військовослужбовця, хто носить трикутний шеврон. Кожного з Вас! Я особливо хочу подякувати науково-педагогічному складу Харківського національного університету Повітряних Сил. З перших годин російського вторгнення ви опинилися на передовій її відсічі та, захищаючи своє рідне місто, змінили навчальні класи на окопи. Ваші зусилля дозволили затримати ворожий наступ та виграти час необхідний на завершення стратегічного розгортання. Після стабілізації обстановки спільними зусиллями ми змогли передислокувати університет в пункти тимчасової дислокації та відновити навчальний процес і організувати наукове супроводження розвитку, підготовки та застосування Повітряних Сил в умовах повномасштабної війни. XX міжнародна наукова конференція ХНУПС ім. І. Кожедуба, 02.05-03.05.2024 надасть можливість глибше розглянути проблематику застосування Повітряних Сил та наблизити перемогу. З вашою допомогою ми забезпечили вивчення новітніх технічних рішень та технологій, реалізованих у трофейних зразках ОВТ; організували роботу щодо збору,

узагальнення та аналізу досвіду застосування Повітряних Сил Збройних Сил України у російсько-українській війні; забезпечили супроводження заходів щодо нарощування системи протиповітряної оборони, створення чи прийняття на озброєння нових зразків ОВТ (в тому числі західного виробництва), їх дослідної експлуатації та інтеграції в контури бойового управління та оповіщення, розширення функціональних можливостей комплексних засобів автоматизації та засобів відображення інформації про повітряну обстановку, створення (нарощування) системи протидії технічним розвідкам, контролю електромагнітного спектра та радіоелектронної боротьби та багато іншого.

Це дозволило спинити багатократно переважаючого ворога, але цього недостатньо! Ми маємо перемогти, а для цього ворог має бути остаточно розгромлений та вигнаний за межі наших кордонів. Для цього закликаю науковців та педагогів зосередитись на наступних пріоритетах в своїй роботі:

- супроводження нарощування системи протиповітряної та протиракетної оборони України, пошук дієвих шляхів протидії ракетно-авіаційному терору з боку російської федерації та підвищення ефективності протиповітряного прикриття об'єктів критичної інфраструктури;

- уточнення пріоритетів та шляхів розвитку спроможностей Повітряних Сил Збройних Сил України з урахуванням досвіду відсічі збройної агресії російської федерації проти України;

- супроводження переоснащення зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України на новітні зразки озброєння, їх прискорена інтеграція в систему протиповітряної та протиракетної оборони України;

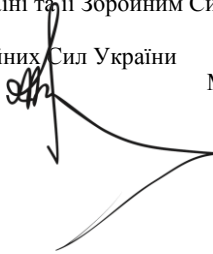
- обґрунтування засад подальшого переозброєння авіації, визначення раціональних шляхів реорганізації всебічного забезпечення польотів авіації в умовах ведення бойових дій та переоснащення на авіаційну техніку західного виробництва;

- підтримка та розвиток решти спроможностей (радіотехнічних та спеціальних військ, системи управління, підготовки тощо).

Сподіваюсь в ході конференції ми зможемо виробити раціональні шляхи вирішення визначених завдань. Вірю, що отриманий досвід, знання, уміння та навички кожного з учасників конференції дадуть поштовх до нових звершень та наблизять день остаточного розгрому ворога.

Разом до перемоги! Слава Україні та її Збройним Силам!

Командувач Повітряних Сил Збройних Сил України  
генерал-лейтенант



Микола ОЛЕЦУК

**ВСТУПНЕ СЛОВО**  
**начальника Харківського національного університету**  
**Повітряних Сил імені Івана Кожедуба до учасників XX міжнародної**  
**наукової конференції Харківського національного університету**  
**Повітряних Сил імені Івана Кожедуба**  
**“Новітні технології – для захисту повітряного простору”**

Шановні учасники конференції!

Ефективне нарощування оборонних спроможностей Повітряних Сил Збройних Сил України неможливо без критичного та всеосяжного переосмислення наукових методів, що підтверджується складним і героїчним досвідом нашої протидії широкомасштабній військовій агресії північного сусіда. Втілення в життя нових наукових підходів, зокрема через роботу з трофейним озброєнням та участі у експертно-аналітичних групах, а також оптимізації автоматизованих систем управління авіацією та протиповітряною обороною, виявляються не просто корисними, але й вкрай необхідними. Удосконалення військових технологій та інтеграція міжнародного військового досвіду є ключовими для підвищення обороноздатності держави в сучасних умовах.

Критичне переосмислення наукових методів і підходів вже принісло значні результати як для нашого університету, так і для зміцнення обороноздатності держави. Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба протягом минулого року продемонстрував видатні наукові досягнення, які значно підсилили обороноздатність України. Наші науковці значно підвисили потенціал системи “Віраж-Планшет”, інтегруючи її з оборонними системами “ICoMWare” та “Кропива”, що забезпечило швидке поширення відомостей між платформами. Система також успішно обробляє телеметричну інформацію від “своїх” БпЛА і інтегрована з РЛС RADA CP-210 для покращення обороноздатності через точне відстеження повітряних цілей. Крім того, наші інновації дозволили вивести дані з системи управління зенітно-ракетними військами на оборонну платформу “Віраж-ППО” і модуль прицілювання “Sky Lock”, значно збільшивши точність і швидкість реагування на загрози.

Ми також досягли прогресу у розвитку автоматизованих систем управління для авіації та протиповітряної оборони. Нові моделі інтеграції зенітно-ракетних комплексів NASAMS та IRIS-T SLM підвищили ефективність наших Повітряних Сил, а розробка взаємодії системи управління ППО з БпЛА “Bayraktar-TB2” значно зміцнила наші оборонні спроможності. У сфері авіації, ми впровадили методики для оцінки потреб авіації в бойових діях, покращивши підготовку та оснащення підрозділів. Ці наукові досягнення забезпечують міцний фундамент для подальшого розвитку оборонних можливостей нашої держави і підтверджують високий рівень компетенції та зобов’язання нашої університету перед захистом України.

Крім технічних інновацій, ми прагнемо розвивати наші наукові кадри. Наш університет продовжує бути місцем, де нові покоління науковців та вчених навчаються, досліджують і розробляють технології, які забезпечать майбутнє нашої країни.

Я хочу висловити свою щирю вдячність кожному з вас за вашу участь у цій конференції та за вашу невтомну підтримку в захисті суверенітету України, її

територіальної цілісності, недоторканності та відданості європейським цінностям. Ваші невтомні зусилля та самовідданість дозволяють нам застосовувати передові технології для виявлення та нейтралізації загроз. Ваша непохитна підтримка та зусилля заради миру є тією силою, яка направляє нас усіх до перемоги і добробуту.

На завершення, хочу побажати всім учасникам конференції плідної роботи, нових наукових звершень та впевненості у нашій спільній перемозі. Нехай ваші дослідження та розробки продовжують відкривати нові можливості для розвитку наших оборонних спроможностей. Ми разом пишемо історію нашого університету та нашої країни, рухаючись до перемоги, яка, без сумніву, буде за нами!

Слава Україні та Повітряним Силам Збройних Сил України!

Начальник Харківського національного університету  
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
бригадний генерал

  
Андрій БЕРЕЖНИЙ



## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

### **Голова програмного комітету:**

командувач Повітряних Сил Збройних Сил України  
генерал-лейтенант Микола ОЛЕЩУК

### **Члени програмного комітету (з загальних питань):**

начальник штабу – заступник командувача Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-лейтенант В'ячеслав ШАМКО;

заступник начальника штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України (з розв'язку) полковник Геннадій ШЕЛУДЬКО;

заступник начальника штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України (з підтримки) кандидат військових наук полковник Леонід БЕЙЛІС;

заступник начальника штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України (з планування) генерал-майор Євген ШИНКАРЬОВ;

начальник Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба кандидат технічних наук бригадний генерал Андрій БЕРЕЖНИЙ;

заступник начальника університету з наукової роботи Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба Заслужений діяч науки і техніки України доктор технічних наук професор полковник Костянтин ВАСЮТА;

начальник воєнно-наукового відділу штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України доктор філософії полковник Олександр ОЛЕКСЕНКО;

генерал дивізії Війська Польського Богуслав ПАЦЕК, професор Ягелонського університету, Краків, Польща;

Богдан ЛЕНТ, професор Університету прикладних наук, Берн, Швейцарія;

Марцин ЛЕХ, професор Національної академії оборони Австрії, Відень, Австрія;

Петр ПАЦЕК, викладач Академії військового мистецтва, Варшава, Польща;

Еліца ПЕТРОВА, професор Національного військового університету імені Василя Левського, Велико Тирново, Болгарія;

Ельшан Гіяс ГАШИМОВ, вчений секретар Національного університету оборони, Баку, Азербайджан;

Вікторія ФЕДОРЧАК, старший викладач військових наук кафедри військових наук Відділення повітряних операцій Шведського університету оборони, Стокгольм, Швеція.

### **Члени програмного комітету за напрямками (секціями) роботи конференції:**

секція 1 – заступник начальника штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України (з підтримки) кандидат військових наук полковник Леонід БЕЙЛІС;

секція 2 – головний спеціаліст відділу автоматизованих систем управління та кібербезпеки управління зв'язку та радіотехнічного забезпечення штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України кандидат технічних наук підполковник Василь ХРАПЧИНСЬКИЙ;

секція 3 – начальник авіації – начальник управління підготовки авіації Командування підготовки Командування Повітряних Сил Збройних Сил України бригадний генерал Сергій ГОЛУБЦОВ;

секція 4 – головний інженер авіації Повітряних Сил – начальник управління головного інженера авіації Командування логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України генерал-майор Петро СКОРЕНЬКИЙ;

секція 5 – начальник служби експлуатації авіаційного обладнання управління головного інженера авіації Командування логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Олег ШЕЛЯКІН;

секція 6 – начальник зенітних ракетних військ – начальник управління підготовки зенітних ракетних військ Командування підготовки Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Віталій ПАЛАГУТА;

секція 7 – начальник радіотехнічних військ – начальник управління підготовки радіотехнічних військ та спеціальних військ Командування підготовки Командування Повітряних Сил Збройних Сил України бригадний генерал Михайло ДОНЧЕНКО;

секція 8 – начальник відділу організації зв'язку – заступник начальника управління зв'язку, кібербезпеки та радіотехнічного забезпечення штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Петро КАДУРА;

секція 9 – начальник відділу автоматизованих систем управління та кібербезпеки управління зв'язку, кібербезпеки та радіотехнічного забезпечення штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Євген ПУЧКОВ;

секція 10 – заступник командувача військ протиповітряної оборони Командування Сухопутних військ Збройних Сил України полковник Юрій ЧЕРЕВАЩЕНКО;

секція 11 – командувач логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України бригадний генерал Сергій КУЛЯС;

секція 12, 13 – начальник розвідувального управління штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Тарас ПОТЯГАЧ;

секція 14 – начальник управління радіоелектронної та кіберборотьби Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Олександр МАРКОВ;

секція 15 – начальник воєнно-наукового відділу штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України доктор філософії полковник Олександр ОЛЕКСЕНКО;

секція 16 – головний спеціаліст відділу космічного та повітряного моніторингу інформаційно-аналітичного управління Центрального управління космічної підтримки Генерального штабу Збройних Сил України підполковник Сергій ЮДІН;

секція 17 – начальник електротехнічної служби озброєння Командування логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України підполковник Андрій МОСКАЛЕЦЬ;

секція 18 – начальник управління метрології та стандартизації Озброєння Командування сил логістики Збройних Сил України полковник Віктор КОЗЄЛ;

секції 19, 20 – начальник управління психологічної підтримки персоналу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України кандидат технічних наук полковник Андрій МОГЛАТЕНКО;

секція 21 – заступник начальника штабу Командування Повітряних Сил Збройних Сил України (з розвитку) полковник Геннадій ШЕЛУДЬКО;

секція 22 – помічник Міністра оборони Патронатної служби Міністерства оборони України кандидат технічних наук доцент полковник Алі БЕКІРОВ;

секція 23 – начальник відділу підготовки у ВВНЗ та ВНП ЗВО – заступник начальника управління індивідуальної підготовки Командування підготовки Командування Повітряних Сил Збройних Сил України кандидат технічних наук доцент полковник Юрій ДОЛГІЙ;

секція 24 – начальник відділу підготовки військових частин авіації – старший інспектор-льотчик управління підготовки авіації Командування підготовки Командування Повітряних Сил Збройних Сил України полковник Владислав ГЛАДЧУК.

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

### **Голова організаційного комітету:**

бригадний генерал Андрій БЕРЕЖНИЙ, начальник Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

### **Заступник голови організаційного комітету:**

полковник Костянтин ВАСЮТА, заступник начальника університету з наукової роботи Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

### **Члени організаційного комітету:**

полковник Володимир ВАСИЛИШИН, начальник кафедри радіоелектронних систем пунктів управління Повітряних Сил факультету автоматизованих систем та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Ельшан Гіяс ГАШИМОВ, вчений секретар Національного університету оборони, Баку, Азербайджан;

полковник Ігор КОВТОНЮК, начальник кафедри інженерно-авіаційного забезпечення інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Володимир КОНОНОВ, начальник кафедри метрології та стандартизації факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Василь КРОТЮК, начальник кафедри педагогіки та психології Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Геннадій ЛАГУТІН, начальник кафедри електротехнічних систем комплексів озброєння та військової техніки факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Володимир МАЛЮГА, начальник кафедри тактики зенітних ракетних військ факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Сергій ХМЕЛЕВСЬКИЙ, начальник кафедри бойового застосування та експлуатації АСУ факультету автоматизованих систем та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Геннадій ХУДОВ, начальник кафедри тактики радіотехнічних військ факультету радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Максим ЯСЕЧКО, начальник кафедри бойового застосування озброєння військ протиповітряної оборони Сухопутних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Павло МАРТИНЕНКО, начальник науково-інформаційного відділення наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Руслан ГУЛА, професор кафедри філософії Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Салім КАЛКАМАНОВ, завідувач кафедри аеродинаміки та динаміки польоту льотного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Володимир КАРЛОВ, завідувач кафедри фізики та радіоелектроніки Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Анатолій КОБЗЄВ, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (розвідки Повітряних Сил) науково-дослідного управління (спеціальних досліджень) наукового центру Повітряних Сил університету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Павло КОСТЕНКО, професор кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки факультету автоматизованих систем та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Олексій ЛЕОНТЬЄВ, головний науковий співробітник науково-дослідного управління (розвитку, застосування та забезпечення авіації Повітряних Сил) наукового центру Повітряних Сил університету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Богдан ЛЕНТ, професор Університету прикладних наук, Берн, Швейцарія;  
Марцін ЛЕХ, професор Національної академії оборони Австрії, Відень, Австрія;

генерал дивізії Війська Польського Богуслав ПАЦЕК, професор Ягелонського університету, Краків, Польща;

Еліца ПЕТРОВА, професор Національного військового університету ім. Василя Левського, Велико Тирново, Болгарія;

працівник ЗС України Інна РЕБРИЙ, завідувач кафедри іноземних мов факультету післядипломної освіти Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Ігор РОГОЗІН, доцент кафедри теорії та конструкції автомобільної та спеціальної техніки Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Олександр СОТНІКОВ, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (оперативного (бойового) забезпечення Повітряних Сил) науково-дослідного управління (спеціальних досліджень) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

Вікторія ФЕДОРЧАК, старший викладач військових наук кафедри військових наук Відділення повітряних операцій Шведського університету оборони, Стокгольм, Швеція;

працівник ЗС України Олександр ФУРСЕНКО, завідувач кафедри вищої математики Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Юрій ШЕВЯКОВ, директор інституту цивільної авіації – заступник начальника університету по роботі зі студентами Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник ЗС України Сергій ЯРОШ, професор кафедри тактики зенітних ракетних військ факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

**Відповідальний секретар організаційного комітету:**

підполковник Олександр КУРЕНКО, начальник науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

## **СЕКЦІЯ 1**

### **ПРОБЛЕМИ ВОЄННОГО МИСТЕЦТВА, УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ) В СУЧАСНИХ ВІЙНАХ (КОНФЛІКТАХ) ТА ПРИ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ**

Керівники секції: к.військ.н. полковник Бейліс Л.В.;  
д.військ.н. проф. пр. ЗС України Ярош С.П.  
Секретар секції: майор Просяник В.В.

### **СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ЯК ШЛЯХ ДО ПЕРЕМОГИ!**

*М.М. Олецук*

*Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Повномасштабна збройна агресія РФ проти України, яка триває вже третій рік, перетворила наше небо в арену невпинної боротьби за наш суверенітет і незалежність. Військовослужбовці Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України стримують зазіхання ворога, першими зустрічають його, б'ються та перемагають у повітряних битвах, створюючи своїми діями підґрунтя для перелому війни на користь України. В паралель з цим, наша держава невпинно і впевнено продовжує свій рух в напрямку інтеграції в ЄС та НАТО, зміцнюючи свою обороноздатність і безпеку спільно з міжнародними партнерами. Тому, враховуючи все це, як ніколи актуальним постає питання розробки Стратегії розвитку ПС ЗС України до 2035 року.

В доповіді автора розглядається поетапна реалізація Стратегії розвитку ПС ЗС України до 2035 року, яка забезпечить: своєчасне виявлення ознак та оповіщення про підготовку противником повітряних ударів, виявлення, ідентифікацію, супроводження та наведення засобів перехоплення на повітряні цілі, нанесення повітряному противнику критичних (неприйнятних) втрат та примушення його до відмови від своїх планів; створення високоефективної інтегрованої системи протиповітряної (протиракетної) оборони, сумісної з системами країн НАТО; завоювання за сприятливих умов у визначеному районі та на визначений час переваги в повітрі, створюючи необхідні передумови для подальшого нанесення ураження противнику, здійснення повітряних перевезень, ведення повітряної розвідки та виконання інших завдань в інтересах об'єднаних сил; підвищення оперативності та ефективності виконання завдань за рахунок автоматизованого управління військами і озброєнням, створення системи радіотехнічної розвідки з можливістю автоматизованого визначення місця положення повітряних об'єктів противника на оперативну глибину його оборони, розгортання мережі радіоелектронної протидії засобам повітряного нападу противника; створення та утримання достатніх запасів матеріально-технічного забезпечення, ракет і боеприпасів; підтримання організаційної, функціональної та технічної взаємосумісності з НАТО.

Таким чином, ПС ЗС України зразка 2035 року мають бути укомплектовані високопрофесійним вмотивованим персоналом та оснащені сучасними багатофункціональними бойовими платформами (у першу чергу, розподіленими зенітно-ракетними комплексами та багатофункціональними

винищувачами), поєднаними в єдину мережу повітряних і наземних роїв, і повинні стати універсальним, гнучким та високомобільним інструментом воєнної моці, здатним блискавично реагувати на існуючі і потенційні загрози з повітря, моря і землі.

## **ASSESSMENT OF AIR FORCE CONTROL ABILITY IN PERFORMING TASKS IN OPERATIONS (COMBAT ACTIONS) ACCORDING TO THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*L. Beilis, Candidate of Military Sciences;*

*O. Babenko<sup>2</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*O. Misyura<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*D. Sizon<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

<sup>2</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the active phase of the Russian-Ukrainian war shows that the work of commanders (commanders) and staffs to organize and maintain control in hostilities of any scale has become significantly more complicated for a number of objective reasons.

First of all, the use of new forms and methods of conducting hostilities led to an increase in the objects of control in operational directions, as well as the amount of information necessary for the organization of control.

Secondly, the widespread use of disparate control, intelligence and communication systems and ensuring their compatibility.

In these conditions, the issue of increasing management capacity is urgent and one of the most difficult in military theory and practice.

The goal of the process of organizing the air force management can be considered as achieving the result of conducting operations (combat operations) that meets the given capability criterion.

Achieving such a goal can be realized in the course of performing a set of management functions, the main of which are goal setting, planning, preparation, organization, control of the conduct of hostilities and their comprehensive support.

Indicators are proposed for evaluating the capability of variants of management organization methods: complete implementation of the basic principles of military management; the predicted degree of implementation of the combat capabilities of the troops (coverage coefficient); the level of training of management bodies; the level of comprehensive support of the operation (combat operations); the need for measures to change existing organizational structures; the level of ensuring constant combat readiness (mathematical expectation of the duration of measures to ensure functioning); the probability of a timely reaction to the actions of the enemy (the probability of completing tasks at a given time); the level of efficiency, stability, continuity, concealment, compatibility of management.

The obtained results make it possible to directly use the methodology during the organization and implementation of air defense management, to substantiate recommendations for increasing management capacity during preparation and execution of tasks in operations (combat actions) based on the experience of the Russian-Ukrainian war.

## **РОЗВИТОК ТРЕНАЖЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ПІЛОТІВ В ПОВІТРЯНИХ СИЛАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*О.В. Турінський, к.т.н.*

*Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Для Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗСУ) актуальним є питання вдосконалення тренажерної бази та впровадження сучасних технологій в навчальний процес військовослужбовців. Це має забезпечити високий рівень підготовки та адаптацію до швидко змінюваних умов сучасного бойового середовища. Важливість цього питання підтверджується глобальними тенденціями і досвідом передових країн, таких як США, Німеччина, Ізраїль та Франція, які активно інвестують у розвиток тренажерних систем.

Сучасні тренажери відіграють критичну роль у підготовці пілотів, забезпечуючи можливість відпрацювання льотних навичок у безпечному середовищі. Це включає не тільки навчання основним льотним навичкам пілотів, але й відпрацювання бойових маневрів та взаємодії з іншими видами озброєнь. Такі тренажери дозволяють імітувати різні погодні умови, денні та нічні польоти, і надзвичайні ситуації, що підвищує гнучкість та готовність пілотів до реальних бойових дій.

Однак, розвиток тренажерної бази в Україні вимагає значних зусиль. Проблемами є відсутність єдиних стандартів та вимог до тренажерів, недостатність координації між розробниками та користувачами, а також обмежені фінансові ресурси. Також важливим аспектом є створення нормативно-технологічної бази, яка дозволить впровадити єдині стандарти для тренажерів та їхню інтеграцію в єдину систему підготовки.

На шляху до поліпшення підготовки пілотів в ПС ЗСУ, ключовим є оновлення тренажерної бази. Розробка вітчизняних тренажерних систем, які відповідають міжнародним стандартам, забезпечить кращу сумісність і ефективніше використання ресурсів. Важливим є також активізація міжнародної співпраці для обміну технологіями, що підсилить технічні можливості та оперативність підготовки пілотів української авіації.

## **АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ БОРОТЬБИ З ЗАСОБАМИ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ В ЧАСТИНАХ ТА ПІДРОЗДІЛАХ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК**

*Д.О. Гур'єв; С.П. Ярош, д.військ.н., проф.*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід протидії безпілотним літальним апаратам типу “баражуючий боеприпас” свідчить про необхідність впровадження замість розрізаних видів сил та засобів систем боротьби з даними типами засобів повітряного нападу (ЗПН). Ці системи повинні бути обов'язково складними для забезпечення комплексного та ешелонованого впливу на безпілотні літальні апарати типу “баражуючий боеприпас” (БЛА-ББ).

Для формування структури системи боротьби з даним типом засобів повітряного нападу в частинах та підрозділах ЗРВ може бути використаний існуючий науково-методичний апарат (НМА) після певного удосконалення.



Сучасний науково-методичний апарат формування раціональної структури системи боротьби з засобами повітряного нападу в частинах та підрозділах зенітних ракетних військ є недосконалим внаслідок наступних факторів: не враховує потенціали БЛА-ББ різних типів та можливості різнотипних підрозділів зенітних ракетних військ (ЗРВ) щодо знищення БЛА-ББ в ході самоприкриття та прикриття об'єктів та військ, а також власні втрати від їх застосування; не дозволяє синтезувати структуру, яка зможе ефективно вести боротьбу з даним типом ЗПН; не містить нормативів для розташування підрозділів ЗРВ по відношенню до об'єкту та один до одного для забезпечення ефективної протидії БЛА-ББ різних типів; не дозволяє без врахування особливостей траєкторії та тактики застосування БЛА-ББ підвищити живучість підрозділів ЗРВ в ході боротьби з ними; показник для визначення ефективності прикриття підрозділів ЗРВ від ударів БЛА-ББ не є адекватним, в умовах високої точності, а звідси і незначної кількості застосування БЛА-ББ по одному об'єкту; не враховує потенціальний внесок сил РЕБ та безпілотної авіації та підрозділів інженерних військ в забезпечення живучості вогневих підрозділів ЗРВ.

Врахування перелічених факторів дозволить удосконалити відповідний науково-методичний апарат.

Також для удосконалення названого НМА необхідна розробка методики формування раціональної структури системи боротьби з ударною безпілотною авіацією типу “баражуючий боеприпас” в частинах та підрозділах зенітних ракетних військ.

Застосування раціонально побудованої системи боротьби забезпечить живучість частин та підрозділів ЗРВ в умовах застосування противником БЛА-ББ, збереження їх бойового потенціалу і дасть змогу забезпечити відповідну ефективність ведення бойових дій.

## **DEVELOPMENT OF ENEMY AIR ATTACK MEANS. TECHNOLOGIES AND CHALLENGES FOR THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE IN THE FUTURE**

*K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*D. Zapara, Candidate of Military Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The basis for shaping the directions and guidelines for the development of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine is the analysis of the potential development of the means of air attack of the Russian Federation, which allows identifying key technological trends and possible challenges and threats in the airspace. It is expected that the Russian Federation will make progress in the development of military aviation and unmanned aerial vehicles, seeking to actively integrate existing achievements in the fields of digitization and artificial intelligence. This will contribute to intensifying combat operations and increasing the effectiveness of air strike capabilities.

On the other hand, global trends in the development of hypersonic technologies and automation of combat operations through artificial intelligence and machine learning may fundamentally change the strategic environment, indicating the importance of integrating advanced technologies to ensure Ukraine's defense capability. Therefore, the challenges and adaptation strategies will include not only increasing the effectiveness of air defense and developing unmanned technologies

but also focusing on cybersecurity, artificial intelligence, and international cooperation to ensure national security and defense of Ukraine for an effective response to modern threats.

Thus, in the context of the growing threat posed by advanced military technologies such as hypersonic missiles, unmanned aerial vehicles, and stealth technologies, emphasis is placed on the need to develop and implement effective defense strategies. Special attention is given to the analysis of the current state and modernization of the arsenal of means of air attack of the Russian Federation, which create significant challenges and threats for the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine.

### **ANALYSIS OF THE APPLICATION OF ACOUSTIC SYSTEMS FOR THE DETECTION OF FIRE FROM SMALL WEAPONS (BASED ON THE EXPERIENCE IN DEVELOPMENT AND USE IN FOREIGN ARMIES)**

*Y. Hatchenko; O. Drol; M. Kholodniak  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of combat clashes results in the fact that units of the Armed Forces of Ukraine are forced to act, in fact, in isolation from the main forces. At the same time, the enemy uses the tactics of using small mobile tactical units, and the objects of the attack remaining individual strongholds, military equipment moving in columns, etc.

To this, it must be added that during hostilities in residential areas with a decrease in own losses and losses of the average population, the requirements for reconnaissance of the positions of enemy shooters (snipers) increases sharply. Therefore, already with the first shot, the adversary will receive information about the desired target (coordinates of the position, type and caliber of the weapon), sufficient to make a decision to engage. Therefore, technical means of intelligence, which can work in real time, are of particular importance.

The task of technical reconnaissance of firing positions can be solved by effective physical methods. The main dematic features of shooters' positions include the glare of optical sights, electromagnetic radiation (of the visible and infrared sections) from small arms fire, acoustic radiation – the shock wave of a flying bullet and the spherical (muzzle) wave from a shot.

### **METHODICAL APPROACHES TO THE FORMATION OF A PERSPECTIVE TYPICAL ORGANIZATIONAL STRUCTURE THE MANAGEMENT SYSTEM OF MILITARY BRANCHES AIR FORCES OF THE UKRAINE ARMED FORCES**

*Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Titova; V. Prosyanyk; V. Kosenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Methodical approaches to the formation of a perspective typical organizational structure (TOS) the management system of military branches Air Forces (AiF) of the Ukraine Armed Forces (AFU) is an actual scientific and technical problem regarding to: analysis of the compliance of the existing TOS with the tasks that must be solved in order to localize the influence of the enemy under certain scenarios; determination

of options for a prospective TOS, which is able to solve the tasks according to scenarios that were previously impossible to perform with the available composition.

The perspective TOS is formed taking into account the capabilities of military branches AiF of the AFU on the basis the determined of the management system main composition. In this case, it is necessary to:

- check the availability of doctrines, instructions, principles of performance of typical tasks (standard procedures) and other regulatory documents that ensure readiness for their implementation;

- determine the structures, capable of ensuring the readiness of the carrier of capabilities to perform typical tasks;

- determine the requirements for the necessary composition of weapons, stocks of material and technical means, financial resources for maintaining the TOS;

- determine the requirements for the commanding staff of the TOS (level of training, service experience, etc.);

- determine the quantitative and qualitative characteristics of personnel;

- create infrastructure, allocate forces and means to ensure the readiness of tasks as assigned;

- take into account the doctrinal, operational and technical readiness of a typical carrier of capabilities for joint actions of forces and means as part of military branches AiF of the AFU.

### **ANALYSIS OF THE FEATURES OF AIR COMMAND INVOLVEMENT IN COUNTEROFFENSIVE OPERATION OF OPERATIONAL FORCES GROUP**

*O. Voznyi; O. Babenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*K. Trifonenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main efforts of the Armed Forces of Ukraine during the counteroffensive (offensive) operation will be focused on gaining superiority in the air, reducing the potential of the operational group of troops (forces) of the enemy, and disorganizing the control system.

The choice of the military administration operation method during the planning of a counteroffensive operation depends on the specific conditions of the preparation of the operation (combat operations) and is determined by the characteristics of the tasks received, the terms of readiness for their implementation, the conditions of the situation, the level of coordination of the military administration, the availability of automation tools and information systems, the availability of time (according to the time calculation).

The standardized processes and procedures of operational planning are generally unified, but their content depends on the military administration operation method of the chosen by the commander of the operational group of forces (Air command).

Operational planning for the use of the Air command troops in a counteroffensive operation begins with the receiving of a directive document (organizational directive, operational directive) and includes three consecutive and interconnected stages (processes):

- organization of operational planning;

- development and approval of the operation plan;

- development of operational plans.

The operational planning carried out in the Air command is an integral part of the operations preparation and is a unified process based on the logical sequence of the creative and organizational work of the commanders of the Air command and their staffs in accordance with the current guiding documents of the Armed Forces of Ukraine on the operation of troops (forces).

### **ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF FIRING WITH SMALL ARMS BY MOBILE FIRE GROUPS AT STRIKE-TYPE UNMANNED AIRCRAFT**

*V. Yavtushenko; D. Kozlov; O. Koplik  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting military operations to repel armed aggression against Ukraine shows that the active use of unmanned aerial vehicles (hereinafter referred to as UAVs) tends to increase. The enemy is actively using UAVs both on the contact line and in the rear areas of Ukraine.

To counter UAVs the "SHAHED-136" ("GERAN-2") type, the defense forces of Ukraine are actively using mobile fire groups that detect, alert and destroy targets using small arms.

At the same time, due to the limited time for preparing a mobile fire group for firing, the difficulty of detecting the target (in the dark) and aiming for prejudice when firing, mistakes are made that affect the effectiveness of the combat mission.

Conducting research that provide for the assessment of the effectiveness of shooting from small arms used by mobile fire groups, by determining the probability of hitting a target based on the corresponding scattering characteristics, as well as calculating targeting and aiming errors, will make it possible to determine the reasonable amount of tasks that can be solved by mobile fire groups during the execution of a combat mission.

### **SPECIAL PROCESSING OF THE AIRPORT WITH MEANS AIRPORT FLIGHT SUPPORT**

*A. Gutchenko; M. Kachan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the large-scale invasion, the Defense Forces have recorded 1068 incidents of chemical weapons use by Russian terrorists in Ukraine, thereby continuing to violate the relevant Convention, to which Russia is a party. The use of a new type of special gas grenades RG-VO with the content of a poisonous substance of an irritating effect CS was revealed. Along with this, persistent toxic substances may be widely used in the future, because violations of the relevant Convention already exist. First of all, the Russian Federation can use these weapons to attack airfields, control points, air defense facilities, nuclear energy and chemical industry enterprises, thereby significantly affecting the performance of these facilities. As a result of the destruction of the latter, infection zones will be formed.

Analysis of forecasting the consequences shows that a significant amount of aviation equipment, weapons, material means, and structures will be contaminated with poisonous substances. There will be a need for special processing not only of weapons and military equipment, but also of roads and areas of the terrain and elements of the airfield.

As a thermal generator for vaporization and destruction of the consequences, the TM-59 thermal machine is proposed, which is used to maintain airfield elements in operational condition and is in service with airfield technical units. Additional equipment of the thermal machine TM-59 for the purpose of using it in conjunction with the combined washing machine KPM-130 or the automatic filling station APC-14 allows for degassing.

### **IMPROVEMENT OF COMBAT SECURITY MEASURES IN THE INTERESTS OF INCREASING THE SURVIVABILITY OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*Yu. Oliynyk; V. Prokofiev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The basis of comprehensive support is combat support.

The events at the front testify to the enemy's use of a new approach to the conduct of hostilities, which increased the importance of the survivability of the troops to achieve success in battle and significantly complicated the solution to this problem.

Increasing the survivability of troops should be understood as a set of measures (preliminary and during hostilities), the purpose of which is to eliminate or maximally reduce losses of units and parts from possible enemy strikes.

The conducted analysis made it possible to identify and justify the main areas of improvement of combat support measures in the interest of preserving and increasing the survivability of units and units. Among these directions are the improvement of the organization of the management of combat support, the improvement of weapons and combat equipment, the renewal of the organizational and personnel structure of the troops, the application of measures that ensure the reduction of losses, the education of high moral and psychological qualities of personnel, the training of commanders and staffs in the use of all means and methods of protection. In our opinion, the main operational and tactical measures to ensure the survivability of troops are: effective intelligence; creation of a sustainable management system; warning and alerting the troops about the threat and use of WMD by the enemy; deployment of troops; fortification equipment of the area; timely withdrawal of troops from possible enemy attacks. Thus, the main way to improve the system of combat support of the troops is the comprehensive application of the considered directions and work on the analysis of their results.

### **APPLICATION OF UNMANNED AERIALS VEHICLES WHEN CONDUCTING ASSAULT ACTIONS BY TACTICAL LEVEL UNITS**

*H. Zlyvka; S. Telyukov, Candidate of Technical Sciences;  
V. Vasylenko; S. Deineko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of modern warfare, the widespread and active use of unmanned aerial vehicles, both in the air and on land and water, has become widespread and active. The sphere of functional application of unmanned vehicles is very wide, the main functions of these vehicles include fire damage to the enemy and conducting visual, remote reconnaissance. Also widely used unmanned aerials vehicles (UAV)

acquired to provide informational-navigational support for conducting assault operations of tactical units.

In order to ensure the improvement of the effectiveness of conducting assault operations by tactical level units, it is proposed to conduct a study on the justification of the need for application UAV it is proposed to conduct a study on the justification of the need for application, with the subsequent provision of proposals regarding the organizational-staffing structure of tactical level units (company, platoon).

The research is proposed to be carried out on the basis of the analysis:

- UAVs, which can be used specifically for assault actions;
- stages of conducting assault actions and the expediency of using UAVs during the assault stages.

During the study, it is proposed to use the experience of conducting assault operations both with the use of UAVs and in their absence. As a result of the study, a calculation method for assessing the effectiveness of conducting assault actions and determining a rational modern organizational-staffing structure of tactical level units is proposed.

### **SOME ASPECTS OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATING THE COMBAT POWER OF UNITS**

*S. Babayev*

*Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan)*

The practice of applying tactical exercises, command – staff exercises, headquarters exercises and combat units shows that determining the combat capabilities of subordinate troops, making the necessary calculations for the application of formations, units and units, and preparing reasoned proposals are one of the main issues in the activities of headquarters [1-3].

In order to achieve a decisive result during the organization of the battle, they must correctly solve a number of issues facing the commanders:

- how is the opposing enemy designed in the territory, what is its composition and strength, what activities is he capable of performing?
- How much strength and funds do I need to destroy the opposing enemy?
- Are the available forces and means sufficient for the fulfillment of the task?
- What results can we expect from the battle based on the received task?
- With what forces and Means and how to strengthen the unit, when, based on the circumstances that have arisen, it is unlikely to achieve results?
- How to complete the task in conditions when our own strength is many times weaker than that of the enemy?

To answer these questions, first of all, it is necessary to assess the strength of the enemy forces. Knowing the strength of the subordinate forces, the commander can assess the success of completing the task.

It should be noted that depending on the type of military (offensive or defensive) operation, the different conditions for the use of weapons and equipment lead to the fact that the units show different strength. So, when calculating the strength of combat units, depending on the operation, various indicators are applied.

The strength of the impact of units on each other in the course of the battle also depends on their characteristics [4-6]. According to experts, for example, the effect of a tank battalion on a tank battalion, a tank battalion on a motorized rifle battalion, or a motorized rifle Battalion on a rifle battalion is different. This can be interpreted

by the influence of a psychological factor. This factor is taken into account in the assessment of the outcome of the battle by applying the coefficient of relative superiority (CRS) for the characteristics of the unit [5; 7]. The following table lists the sections.

Schedule: Relative advantage coefficients of divisions

| Sections        | Tank | Motorized Rifle | Shooter |
|-----------------|------|-----------------|---------|
| Tank            | 1,0  | 1,7             | 2,0     |
| Motorized Rifle | 0,6  | 1,0             | 1,7     |
| Shooter         | 0,5  | 0,6             | 1,0     |

The table shows that the proportion of the tank division to the Motorized Rifle Division CRS is 1.7, and the proportion to the shooting division CRS is 2. Otherwise, the proportion of the motorized rifle unit to the tank unit CRS is 0.6; the proportion of the shooter unit to the tank unit CRS is 0.5. The CRS applies only to our own troops.

References:

1. Piriye, H.K., Hashimov, E.G., Bayramov, A.A. Modelling of battle operations. Monograph. Baku: Military publishing house, 2016. 250 p.

2. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – p. 23-24.

3. Babayev, S.M., Bayramov, A.A. Comparative analysis of the experience of the implementation of tactical groups in the SQ of the USA, NATO countries and the Russian Federation // - Baku: National security and military sciences, – 2015. Volume 1, No. 1, – p. 48-51.

4. Preparation for the operation and headquarters procedures: (Handbook of the staff officer) / compiled by A. Aliyev – Ministry of Defense of the Republic of Azerbaijan, Department of General Operations and Combat Training – Baku: Publishing House – 2007. – 170 p.

5. Brochure for using unit-oriented value / Republic of Turkey General Staff Land Forces Command, – Ankara; – 1982. – 100 p.

6. Babayev, S.M., Bayramov, A.A., Sabziev, E.N. Calculation of the required strength of a tactical group in a combat operation // – Baku: National security and military sciences, – 2016. Volume 2, No. 2, – p. 37-42.

7. Working order, situational judgment and plans in making and implementing decisions. / TAF – 1982. – 95 p.

## **APPLICATION OF GEORPORTAL FOR BORDER SECURITY**

*A. Hasanov; Y. Nasibov*

*National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Border control is important for the territorial integrity of every state. Border posts play a key role in controlling entry and exit, preventing illegal crossings and strengthening security measures. Ensuring border security is a very responsible and complex activity. However, as a result of the application of GIS technology, this activity has become more effective and things have become easier.

The study of Geographic Information Systems technology in developed countries has been aligned with the changing, developing computer technology since the end of the 20th century and has given a great impetus to the transfer of theoretical information to practice in military science [1].

In the modern world, Geographical Information Systems (GIS) technologies are of great importance [2-4]. Geographic Information Systems (GIS) is one of the fastest growing areas of information technology. GIS technologies make it possible to integrate cartographic and thematic information in a harmonized single structure and provide prompt development of multi-level, visual solutions for a wide class of issues [5-7].

There is a need to create a geoportal for the purpose of real-time analysis of events occurring at the state border. By using the geoportal, events occurring in the border areas are analyzed instantly, the processes of decision-making and intervention activities have been accelerated.

In the article, the reasons for the creation of the geoportal in ensuring the security of the borders are explained and the initial design of the geoportal is presented.

It is important to create a geoportal in order to increase the effectiveness of border security. Geoportals are special mapping and spatial data exchange platforms, being a component of Geographical Information System (GIS). Geoportal has customized interfaces, search and analysis tools for different users. In the context of border protection, the geoportal facilitates control through wide spatial data. The Geoportal provides critical data for real-time monitoring and border surveillance and ensures immediate detection of activities such as border violations and illegal crossings by security forces.

Drones and other aerial devices are being used for deeper monitoring of areas crossed by state border lines. These are important activities for both security purposes and search and rescue operations. In addition, live video surveillance is provided through security cameras installed along the border areas, potential threats and illegal activities are immediately detected and appropriate measures are taken. The ability to integrate the Geoportal with the above-mentioned radar, sensor and aerial vehicles provides a wide set of data on the state border. It is possible to exchange information with other power structures through the Geoportal.

Reference:

1. Bayramov A.A., Hashimov E.G., Amanov R.R. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // *Geography and nature sources.* – 2016. – p. 124-126.
2. Hashimov E.G. et al. Application of relief digital model for combat operation planning // E.G. Hashimov, A.A. Bayramov, Y.A. Nasibov, R. Amanov//*Military Knowledge.* – 2015. – №. 4. – p. 63-69.
3. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain //*Defence Science Journal.* – 2018. – T. 68. – №. 4. – p. 343.
4. Hashimov E., Bayramov A.A., Chalilov B.M. GIS technology and terrain orthophotomap making for military application //*Journal of Defense Resources Management.* – 2017. – T. 8. – №. 2. – C. 81-90.
5. Imamverdiyev, Y.N. On actual scientific and theoretical problems of geoinformation systems in the big data environment // – *Baku: Information society problems magazine,* – 2021. No. 2, – p. 38–51.



6. Rules for the formation and integration of national spatial data: [Electronic source] // – Decree of the President of the Republic of Azerbaijan No. 448 dated December 28, 2018, – 2018. URL: <https://e-qanun.az/framework/41110>

7. Esri Geportal Server. ArcGIS for INSPIRE: [Electronic resource] // – Esri, – 2021. URL: <https://enterprise.arcgis.com/en/inspire/10.8/get-started/introduction-to-geoportals.htm>.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ**

*Р.І. Гладич; О.О. Будзінська; Ю.М. Кулініч  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Одним з найважливіших аспектів управління військами в умовах сучасних конфліктів є система оперативного управління, яка здатна ефективно пристосовуватися до динамічних змін на полі бою. Сучасні воєнні конфлікти характеризуються швидкістю подій, тому необхідно розвивати системи, що забезпечують швидку передачу та аналіз інформації. Високий рівень комунікації, інтеграція інформаційних технологій та здатність ефективно координувати різні види військ стають ключовими компонентами успішного управління. Використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) є одним з найефективніших рішень в сучасних умовах воєнного конфлікту між Україною та російською федерацією. Це стає особливо актуальним у зв'язку з розвитком технологій штучного інтелекту, які можуть значно полегшити та покращити процес управління групою БпЛА. Одним із перспективних напрямків в цьому контексті є управління групою БпЛА за допомогою одного пілота-оператора, який використовує передові технології штучного інтелекту.

Впровадження систем управління БпЛА з використанням штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процеси планування місій, визначення цілей, що значно полегшує завдання пілота-оператора. Штучний інтелект може аналізувати величезний обсяг інформації в реальному часі, враховуючи різноманітні параметри, такі як метеоумови, рух ворожих військ, та інші оперативні фактори.

У підсумку, управління групою БЛА за допомогою одного пілота-оператора з використанням технологій штучного інтелекту може стати ключовим елементом військової стратегії в умовах сучасних конфліктів, забезпечуючи ефективність та точність виконання завдань при зниженні ризиків для людського персоналу.

## **ENVIRONMENTAL SAFETY AS A COMPONENT OF NATIONAL SECURITY**

*R. Akhundov; A. Talibov  
Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan)*

Environmental safety is a component of national security, which includes monitoring the state of the environment (natural resources, water, atmosphere, soil, flora and fauna) and the development of measures to prevent the occurrence of environmental crises and catastrophes that threaten the normal functioning of humans and society.

Today, environmental disasters are perceived more as emergencies than as catastrophes provoked by violations of the laws of ecogenic and technogenic safety. Society has practically lost its sense of danger regarding the objectively brewing environmental catastrophe [1].

The most important environmental threats caused by the expansion of industrial and military activities of mankind are the depletion of the earth's ozone layer, atmospheric pollution, poisoning of water resources, an increase in the natural radiation background, the burial of waste from environmentally hazardous industries (including nuclear and chemical industries), the consequences of testing weapons of mass destruction (WMD) and weapons based on new physical principles [2].

The end of the twentieth century was characterized, on the one hand, by scientific, technological and information progress, and on the other, by a series of socio-economic crises, wars, and negative anthropogenic impact on the environment. The history of wars are also stories of the destruction of nature. One of the factors in the impact of wars on nature is the movement of significant masses of people, equipment and weapons.

The most significant thing in the development of weapons in the 20th century is that qualitatively new types of weapons appeared – those called weapons of mass destruction and weapons based on new physical principles [3-5].

Today, a number of ways to actively influence the environment for military purposes have already been created. For example, artificial destruction of the ozone layer, dispersion and formation of clouds and fogs, initiation of earthquakes, creation of tidal waves like tsunamis, impact on tropical cyclones, use of atmospheric currents to transport radioactive and other substances, creation of disturbance zones in the ionosphere. Each of them poses a danger both to the parties to the armed conflict and to other states.

Mankind turned out to be very inventive, creating more and more new types of weapons, accumulating an arsenal of means and technologies that can already today destroy the Earth's civilization. The nuclear confrontation may now be replaced by a less visible but no less effective environmental confrontation. Which is primarily due to the development and emergence of weapons based on new physical principles.

Currently, we can distinguish the following types of weapons based on new physical principles, which, based on the results of their use, can be classified as environmental weapons:

1. Meteorological weapons. It affects atmospheric processes; uses atmospheric currents of radiation, chemical, bacteriological substances; creates zones of disturbances in the ionosphere and stable radiation belts; creates fires and firestorms; destroys the ozone layer; changes the gas composition in local volumes; affects atmospheric electricity;

2. Hydrospheric weapons. It performs the following functions: changing the chemical, physical and electrical properties of the ocean; creation of tidal waves such as tsunamis; pollution of inland waters, destruction of hydraulic structures and the creation of floods; impact on typhoons; initiation of slope processes;

3. Lithospheric weapons capable of triggering earthquakes; stimulate volcanic eruptions;

4. Climate weapons alter climate and temperature patterns in certain areas; destroy the underlying surface (soil and vegetation cover of the earth);

5. Biological weapons, which occupy a special place in the structure of these types of weapons, the use of which makes it possible to influence not only the biosphere, but also the human genotype.

A preliminary analysis comparing the consequences of conventional warfare with the results of modeling the "nuclear winter" effect allows us to conclude that, despite reductions in nuclear weapons, global environmental changes similar to those of the "nuclear winter" may occur in the course of conventional warfare and the use of environmental weapons destructive capabilities.

Maintaining and preserving environmental security in the face of military conflicts is not just an environmental imperative, but an essential component of global human security and well-being. As the international community copes with the challenges of the 21st century, strengthening the symbiotic relationship between peace, security and environmental protection will be of paramount importance. The call to action is clear: it is crucial to align our efforts to achieve peace with the principles of environmental conservation, ensuring a sustainable future for all.

References:

1. Ali S.H., Pincus R. The role of the military in environmental peacebuilding // Routledge Handbook of Environmental Conflict and Peacebuilding. – 2018. – p. 306-314.

2. Lawrence M.J. et al. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment //Environmental Reviews. – 2015, T.23, №. 4. – p. 443-460.

3. Fernandez-Lopez C., Posada-Baquero R., Ortega-Calvo J.J. Nature-based approaches to reducing the environmental risk of organic contaminants resulting from military activities //Science of The Total Environment. – 2022. – Т. 843. – С. 157007.

4. Piriye, H.K., Hashimov, E.G., Bayramov, A.A. Modelling of battle operations. Monograph. Baku: Military publishing house, 2016. 250 p.

### **ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ З'ЄДНАННЯМ КОРАБЛІВ (КАТЕРІВ) В МОРСЬКІЙ ОПЕРАЦІЇ**

*Д.В. Левківський<sup>1</sup>; В.Я. Шельвестер<sup>2</sup>; В.Я. Хомчук<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Військова частина А3346;*

*<sup>2</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Завдання управління силами оперативного-тактичного угруповання кораблів (катерів) гостро постає після відновлення Військово-Морських Сил Збройних Сил України та набуття ними спроможностей по щодо виконання завдань в Азово-Чорноморському басейні.

У доповіді проаналізовано діючу систему організації управлінських процесів при формуванні з'єднання кораблів (катерів) в морській операції та в ведення ними бойових дій. Проведено аналіз можливостей системи управління при виникненні необхідності комплектування з'єднання з кораблів різного класу та при залученні плавзасобів від інших військових формувань та іноземних держав.

Розглянуто систему організації управління на прикладі визначеної у STANAG 2437 – Allied Joint Operations Doctrine (AJP-1), та реалізованої у морських з'єднаннях НАТО.

Наведені можливі варіанти організації управління з урахуванням сучасних тенденцій та вимог. Визначені критерії оцінювання стійкості управління під

впливом зовнішніх та внутрішніх факторів. Наведені методики оцінювання та можливі процедури їх застосування, заходи щодо проведення первинного оцінювання для визначення необхідності їх вдосконалення.

Окремо визначені існуючі недоліки чинного законодавства щодо процедури організації прийому та передачі управління в системі загального керівництва морською операцією.

Запропоновані шляхи та методи вдосконалення нормативно-правової бази, та виконання системи завчасних заходів щодо організації управління.

## **ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ЗДІЙСНЕННЯ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ) ПРИ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ**

*І.С. Павлюк; В.В. Шейгас; А.М. Романчев  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Військові конфлікти сучасності, і в першу чергу бойові дії по відсічі збройної агресії російської федерації проти України, гостро висвітили проблеми, які виникають при управлінні військами (силами) в умовах постійного цілеспрямованого руйнівного та деструктивного впливу противника на систему управління шляхом застосування ним засобів ураження та використанням різноманітних радіоелектронних засобів.

Як відомо система управління військами (силами) повинна забезпечувати виконання вимог, які висуваються до управління військами, а саме: стійкості, безперервності, оперативності, скритності та якості. Однією із найбільш важливих і, в той же час, складних є проблема забезпечення скритності управління військами (силами) (далі – СУВ). Ця проблема зумовлена рядом факторів, які пов'язані з суттєвими відмінностями організації системи СУВ, порядку планування та впровадження конкретних заходів щодо її функціонування, а також несумісних між собою засобів криптографічного захисту інформації, що використовуються в підрозділах Збройних Сил України, правоохоронних органах та інших військових формуваннях (далі – ПрО та ІВФ), які входять до складу сил оборони України. Вирішення цієї проблеми потребує комплексного вирішення як на законодавчому рівні, так і на рівні відповідних підрозділів силових структур.

Запропоновано шляхи, методи та способи вирішення зазначених вище проблемних питань, що стосуються системи управління військами (силами) сил оборони України.

## **ВПЛИВ НЕЛІНІЙНИХ ФАКТОРІВ ТА ДОДАТКОВІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ) ПІД ЧАС ВІДСІЧІ ТА СТРИМУВАННЯ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ**

*Є.О. Шмельов; О.Г. Папуш; Н.А. Павлюк  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Проблеми воєнного мистецтва управління військами (силами) в сучасних війнах (конфліктах) та при відсічі збройної агресії російської федерації проти України є складними та багатограними, оскільки зростає роль нелінійних факторів, таких як: дії противника, які не відповідають традиційним

шаблонам; несподівані події, які можуть мати вирішальний вплив на хід бойових дій; людський фактор, який не завжди піддається прогнозуванню. Проте збройна агресія російської федерації проти України показала нам, що воєнне мистецтво управління військами (силами) потребує розробки нової концепції управління військами (силами), яка врахує особливості сучасних війн (конфліктів), впровадження в практику новітніх технологій, підвищення рівня підготовки військових кадрів та активізації міжнародного співробітництва. Крім того, набуває особливої актуальності проблема підвищення ефективності управління військами (силами), насамперед оперативність і якість управління.

У доповіді розглянуто вплив нелінійних факторів та до яких додаткових проблем вони призводять в системі управління військами (силами).

Проведено аналіз впливу сучасних технологій, таких як штучний інтелект, робототехніка, автоматизовані системи управління на підвищення ефективності застосування військ (сил).

Запропоновано варіанти впровадження змін до концепції управління військами (силами) з урахуванням досвіду, що отриманий за період відбиття широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України, новітніх методів ведення війн (конфліктів) та методів підготовки військових спеціалістів.

### **РОЗВИТОК ДОКТРИНАЛЬНИХ ДОКУМЕНТІВ З ПИТАНЬ ОСНАЩЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ**

*В.В. Стрінада, к.т.н., доц.; Ю.А. Мирончук, к.т.н., доц.; І.А. Солоній  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Висока ефективність безпілотних систем (БпС) у вирішенні завдань з ведення повітряної розвідки, ураження наземних та морських цілей противника, коригування засобів ураження, дистанційного мінування ділянок місцевості стала однією з основних причин зміни характеру ведення воєнних дій з різким підвищенням їх темпу та інтенсивності.

З метою нарощування спроможностей Збройних Сил України щодо використання безпілотних повітряних, наземних та морських систем, забезпечення готовності до їх застосування за призначенням Указом Президента України ініційовано створення у структурі Збройних Сил України Сил безпілотних систем як окремого роду сил. Для цього, як основна організаційна задача, вимагається створення та подальший розвиток відповідної Системи управління з врахуванням неперервного розвитку та вдосконалення форм, способів, тактичних прийомів застосування БпС.

Для ефективного впровадження досвіду застосування БпС вимагається розвиток та подальше удосконалення нормативно-правової бази з питань оснащення та застосування БпС у ЗС України, включаючи удосконалення змісту доктринальних документів (доктрин, концепцій, настанов), розроблення статутів із урахуванням їх сумісності з відповідними керівними документами НАТО.

Боездатність та ефективність Сил безпілотних систем у вирішальній мірі визначається якістю підготовки особового складу. Тому при розробленні системи доктринальних документів належна увага має бути надана професійним стандартам, кваліфікаційним характеристикам та програмам

підготовки фахівців із застосування безпілотних авіаційних, наземних та морських систем у Збройних Силах України.

## **ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ ПРИ СЕРТИФІКАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ, ВІЙСЬКОВОЇ ТА СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

*В.В. Борці; О.І. Вервейко, к.т.н., доц.; М.І. Світенко, к.т.н.; А.О. Семіроз  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Сертифікація продукції (процес підтвердження відповідності характеристик, завдяки якому незалежна від виробника і споживача організація засвідчує документально, що продукція відповідає встановленим вимогам) широко використовується в Європейському Союзі, в Організації Північноатлантичного договору та в Україні. Сертифікація озброєння, військової та спеціальної техніки (далі – ОВСТ) в Україні має особливості: сертифікація продукції в оборонній галузі не відноситься до державно-регульованої сфери та застосовується в разі необхідності за рішенням Замовника або на добровільних засадах; відсутні технічні регламенти ОВСТ; може проводитися на відповідність стандарту чи іншому нормативному документу; відсутні акредитовані органи з сертифікації ОВСТ.

Аналіз нормативних документів показав, що основними завданнями метрології під час сертифікації є: розробка та запровадження процесу метрологічного підтвердження вимірювального обладнання; встановлення та підтримання метрологічної простежуваності результатів вимірювань за допомогою задокументованого нерозривного ланцюга калібрувань; ідентифікація складових невизначеності вимірювання, деякі з яких не допускають строгого оцінювання, і тому воно повинно проводитися на основі розуміння теоретичних принципів або практичного досвіду; розробка та підтримання процедури моніторингу достовірності результатів.

В доповіді розкрита сутність та особливості вказаних завдань метрологічного забезпечення робіт із сертифікації.

## **СПОСІБ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ СТРАТЕГІЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЗАГРОЗ НАЦІОНАЛЬНІЙ БЕЗПЕЦІ ДЕРЖАВИ**

*В.П. Городнов<sup>1</sup>, д.військ.н., проф.; В.В. Овчаренко<sup>2</sup>, д.військ.н., проф.*

*<sup>1</sup>Національна академія Національної гвардії України;*

*<sup>2</sup>Київський інститут Національної гвардії України*

У сучасних умовах зберігається можливість виникнення внутрішніх та зовнішніх загроз національним інтересам та національній безпеці держав. Нейтралізація кожної такої загрози потребує своєчасного виявлення, ідентифікації джерел та прогнозування розвитку в часі, визначення можливих взаємних зв'язків з іншими загрозами та пошуку її параметрів і заходів для ефективного зниження рівня загрози, для компенсації можливих наслідків та/або для повної нейтралізації загрози. Сукупність таких заходів може формуватися як стратегія нейтралізації загроз національній безпеці держави та потребує наявності адекватних інструментів виявлення, кількісної оцінки стану та динаміки розвитку зазначених загроз, що робить актуальною проблему пошуку конструктивних ідей та рішень у цьому напрямку.

Метою даного дослідження є розробка необхідного методичного та математичного апарату вирішення зазначеної проблеми.

У доповіді наводиться сукупність ідей та математичних моделей, які дозволяють виконувати прогнозування, кількісну оцінку динаміки розвитку та своєчасну розробку стратегії з нейтралізації чисельних зовнішніх та внутрішніх загроз національній безпеці держави.

## **МОТИВАЦІЯ У ПСИХОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ**

*Г.Г. Ковальов; О.В. Нецадін*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Психологічна підготовка військовослужбовців включає ряд методів та стратегій, спрямованих на формування стійкості до стресових ситуацій, розвиток внутрішньої мотивації та підвищення бойової готовності. Психологічна підготовка військовослужбовців є складовою частиною їх професійної підготовки. Вона спрямована на формування у військовослужбовців таких психологічних якостей, як:

- мотивація до військової служби;
- усвідомлення необхідності виконання військових обов'язків;
- готовність до виконання завдань за призначенням в умовах ведення бойових дій;

- психологічна стійкість до стресу та адаптивність до екстремальних умов.

Мотиваційний компонент психологічної підготовки є найважливішим, оскільки він визначає спрямованість і активність військовослужбовців у процесі їх професійної діяльності, особливо в умовах ведення бойових дій.

Основними методами та стратегіями психологічної підготовки військовослужбовців є:

- інформаційно-просвітницька робота, спрямована на формування у військовослужбовців позитивного ставлення до військової служби, усвідомлення необхідності виконання військових обов'язків, розуміння важливості їхньої ролі в захисті Батьківщини;

- психологічне консультування та тренінг, спрямовані на розвиток у військовослужбовців таких психологічних якостей, як мотивація, впевненість у собі, стресостійкість, адаптивність;

- психологічна діагностика, спрямована на визначення рівня мотивації військовослужбовців, їхніх психологічних можливостей і потреб.

## **ВИКЛИКИ У МЕТОДАХ З ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ**

*Г.Г. Ковальов; О.В. Нецадін*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Застосування інформаційно-просвітницької роботи дозволяє формувати психологічну готовність до захисту Батьківщини, рішучість під час виконання завдань, готовність до ризику та зустрічі з небезпекою. Однак, ця робота вимагає значних ресурсів, зокрема часу, людських і матеріальних. Крім того, вона може бути малоефективною, якщо не враховувати індивідуальні особливості військовослужбовців.

Психологічне консультування та тренінг дозволяють розвивати такі психологічні якості, як мотивація, саморегуляцію, стресостійкість, адаптивність. Однак, ця робота вимагає кваліфікованих психологів. Крім того, військовослужбовці можуть бути не готові до участі в консультуванні та тренінгах, якщо вони не розуміють їхньої необхідності та користі.

Психологічна діагностика дозволяє визначити рівень мотивації, психологічних можливостей і потреб. Однак, ця робота вимагає використання якісних методик діагностики, які можуть бути дорогими і складними у використанні.

На основі аналізу досвіду формування та підтримки мотивації військовослужбовців, можна сформулювати такі пропозиції:

– при індивідуальному підході до формування мотивації необхідно враховувати індивідуальні особливості військовослужбовців, такі як їхні цінності, потреби, інтереси, мотиви;

– у ході групових методів робити акцент на формуванні у військовослужбовців почуття приналежності до колективу, відчуття підтримки з боку інших;

– підтримання актуальних та сучасних програм та методик шляхом їх постійного оновлення та вдосконалення.

## **ПІДХОДИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТА ПІДТРИМКИ МОТИВАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ**

*О.В. Нецадін; Г.Г. Ковальов*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

У ЗС України використовується широкий спектр програм та підходів для формування та підтримки мотивації військовослужбовців.

Серед них можна виділити такі:

1. Інформаційно-просвітницька робота, спрямована на формування у військовослужбовців позитивного ставлення до військової служби, усвідомлення необхідності виконання військових обов'язків, розуміння важливості їхньої ролі в захисті Батьківщини. У даному напрямку проводяться такі заходи, як:

- лекції, семінари, бесіди на військово-патріотичні теми;
- показ фільмів і відеороликів про військову службу;
- організація зустрічей з ветеранами війни.

2. Психологічне консультування та тренінг, спрямовані на розвиток у військовослужбовців таких психологічних якостей, як мотивація, впевненість у собі, стресостійкість, адаптивність.

У зазначеному напрямку проводяться такі заходи, як:

- індивідуальні консультації з психологом;
- групові тренінги з розвитку стресостійкості, адаптивності: вміла імітація вогню противника, створення реальної картини бою, елементів небезпеки та раповості; відтворення умов, коли необхідно вирішувати завдання в обмежений термін, при нестачі часу; виконання вправ неповним підрозділом;
- участь у спортивних і культурно-масових заходах.

3. Психологічна діагностика, спрямована на визначення рівня мотивації військовослужбовців, їхніх психологічних можливостей і потреб.

У даному напрямку проводяться такі заходи, як:



- анкетування військовослужбовців;
- тестування на визначення рівня мотивації;
- індивідуальні співбесіди з психологом.

## **DISPERSAL IN MODERN AIR WARFARE AND THE REQUIRED TECHNOLOGIES**

*V. Fedorchak, Ph.D., Associate Senior Lecturer  
Swedish Defence University (Stockholm, Sweden)*

The recent developments in the Russia-Ukraine war resulted in the revival of various practices that had not been widely practiced in the post-Cold War environment. One such practice was the principle of dispersal that allowed preserving Ukrainian aviation during the initial stage of the Russian full-scale invasion. Accordingly, various national air forces began thinking about implementing or reviving the concept of dispersal in their training, tactical concepts, and structuring their services.

Western air forces widely used the concept of dispersal during the Cold War to outmatch a numerically more superior adversary and gain additional advantage by increasing the number of flights and reducing the effectiveness of the adversary's long-range attacks. Nordic countries have a long tradition of dispersal and agile basing, which were integrated into their national practice during the Cold War. The traditional Swedish base concepts 60 and 90 were characterised by developing agile bases across the country, establishing a functional infrastructure of highways convenient for use during the warfighting as locations for take-off and landing and refuelling and concealment of the aircraft. The actual dispersed bases evolved depending on the perceived threat they were to face during the time. In this regard, the focus was placed on providing additional backup runways, strengthening the mobility of the ground crew and improving communication. Nowadays, Nordic countries are focusing on reviving various elements of dispersal in their national and regional practice within the Nordic aerial cooperation and Allied frameworks. In terms of the Anglo-Saxon tradition, the concept is known as the agile combat employment (ACE). In the USA, the focus is on the offensive use of ACE in the Indo-Pacific scenarios, while in the UK, attention is paid to widening the network of dispersed bases and locations and finding solutions for exploiting civilian infrastructure.

From the technological perspective, the primary focus of developments in the dispersal concept refers to a few considerations. First, in the current environment of greater visibility of the battle space and increased tempo of warfighting, the primary means of gaining an advantage is to be fast and agile. This entails faster aircraft and faster aircraft servicing on the ground (known as hot servicing). In order to be one step ahead of the enemy, logistics need to be mobile and easily transportable, which refers to the ability of the fuel to travel where it is needed. Also, the ammunition supply approach is to be reversed, with the ammunition travelling to the aircraft rather than the other way around. In this regard, tactical intelligence comes of greater importance since it requires constant monitoring of the surroundings but in a discreet manner. For instance, various unmanned aerial vehicles (UAVs) can provide that tactical ISR, but they must also be discreet to avoid attracting attention to the designated location. Finally, it is essential to harmonise communication across various mobile dispersed segments.

## **ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БОЙОВИХ ПОРЯДКІВ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ В ОПЕРАЦІЇ СИЛ ОБОРОНИ**

*П.В. Оріховський; М.В. Борисенко  
Національний університет оборони України*

В сучасних умовах, значної актуальності набувають питання, що пов'язані з обґрунтуванням підходів, щодо забезпечення ефективного зенітного ракетного прикриття військ від ударів з повітря в операції сил оборони з метою успішного виконання ними визначених оперативних завдань операції сил оборони.

На даний час, існує значна кількість методик, які є інструментом дослідження ефективності системи зенітного ракетного прикриття в операції.

На відміну від існуючого методичного апарату, запропонована удосконалена методика надасть можливість обирати віддалення (відстані) бойових позицій зенітних ракетних підрозділів, саме від переднього краю, а не від об'єкта прикриття, при яких забезпечується раціональне використання їх можливостей щодо створення системи зенітного ракетного вогню з урахуванням запропонованого показника – ступеня збереження зенітних ракетних підрозділів. Методика надасть можливість за допомогою складання та нормування матриць ступеня реалізації вогневих можливостей та можливостей з прикриття зенітних ракетних підрозділів визначити раціональні віддалення їх бойових позицій від переднього краю.

Запропонований порядок розрахунку рубежу прикриття зенітного ракетного підрозділу до рубежу виконання завдань повітряним противником з урахуванням усього можливого діапазону висот та швидкостей його бойового застосування.

Впровадження удосконаленої методики дасть змогу обґрунтувати створення раціональної системи зенітного ракетного прикриття в операції сил оборони, практична реалізація якої дозволить підвищити її ефективність та стійкість функціонування.

## **КОНСТРУКТОР ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРИВИМІРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ (ІТВ) ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ТА АНАЛІЗУ БОЙОВИХ ЕПІЗОДІВ, ЩО ВІДБУЛИСЯ**

*В.П. Варакута, к.військ.н., доц.; І.В. Баркатов, доц.;  
В.О. Тюрін; В.С. Фарафонов, к.х.н.  
Військовий інститут танкових військ  
Національного технічного університету “ХПІ”*

Як свідчить практика російсько-української війни, одною з основ досягнення Силами оборони України (СоУ) успішних результатів бойових дій, становить ретельне планування бою та скрупульозний аналіз бойових епізодів, що відбулися. Для цього в доповіді обґрунтовано доцільність використання ІТВ (на основі програм з 3D технологіями) сценаріїв (тактик) запланованих бойових дій з деталізацією просторових показників рельєфу (ландшафту) конкретно вибраної місцевості. ІТВ сприяє визначенню раціональної побудови бойових порядків своїх підрозділів (аж до гармати, танку, бійця та ін.) відносно розташування противника, який потребує вогневого впливу та більш точному прогнозу матеріально-технічних витрат і втрат серед особового

складу й ОВТ. Крім того, отримана практика використання Конструктора ІТВ дозволяє ретельно вивчити до найдрібніших подробиць досвід бойового епізоду за вибраний період часу, відтворюючи просторову візуалізацію місцевості та динаміку дій підрозділів (тактичних одиниць), що воюють. ІТВ бойового епізоду, що відбувся, доцільно відтворювати з метою професійного аналізу дій протидіючих сторін для виявлення недоліків або позитивних, корисних моментів в діях наших військ чи противника для подальшої розробки нових, нестандартних тактик ведення бою. В навчальному процесі ІТВ бойових епізодів сприяє запозиченню бойового досвіду, врахуванню його в подальшій діяльності відповідних посадових осіб щодо прийняття відповідних управлінських рішень. Процес вивчення бойового досвіду за допомогою ІТВ з супроводжуючим голосовим за кадровим (текстовим чи графічним) його описом, доцільно використовувати під час підготовки командирів підрозділів тактичної ланки у вищих військових навчальних закладах.

## **ПЕРСПЕКТИВНИЙ ОБРИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ**

*І.Д. Волков, к.військ.н., ст.д.*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Зміни, які відбуваються в структурі та технічному оснащенні Збройних Сил України, об'єктивно вимагають також і нових підходів до організації системи управління ракетних військ і артилерії. Один із пріоритетних напрямків – підвищення ефективності функціонування системи управління за рахунок автоматизації, тобто створення сучасної автоматизованої системи управління ракетних військ і артилерії.

На думку військових експертів, необхідність створення автоматизованої системи управління ракетних військ і артилерії виникає через багатоплановість завдань, що покладаються на відповідний орган управління (командира, начальника), умови невизначеності у яких він функціонує та, у більшості випадків, перевищенні людських можливостей щодо охоплення всього обсягу інформації та прийнятті обґрунтованих раціональних рішень. Тобто існує нагальна потреба не тільки в автоматизації процесу обробки інформації та планування бойового застосування ракетних військ і артилерії (проведення оперативно-тактичних розрахунків), а й автоматизації процесу прийняття рішення та наданні йому певного пріоритету. Прийняті в світовій практиці підходи до забезпечення формування управлінських рішень у складних умовах невизначеності передбачають використання систем підтримки прийняття рішень. Тому автоматизована система управління ракетних військ і артилерії повинна обов'язково вирішувати питання щодо підтримки прийняття рішень на відповідному рівні управління.

Таким чином, запропонований підхід забезпечить підвищення ефективності функціонування системи управління ракетних військ і артилерії, що у свою чергу сприятиме максимальній реалізації можливостей ракетних військ і артилерії в об'єднаній вогневій підтримці.

У цілому реалізація запропонованого підходу щодо функцій автоматизованої системи управління ракетних військ і артилерії продовжить цілеспрямований процес розвитку автоматизованих систем управління від

командних систем бойового управління через системи підтримки прийняття рішень до інтелектуальних систем автоматизованого планування і управління військами (силами).

## **ПРОБЛЕМА ВІДПОВІДНОСТІ КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУЧАСНИМ УМОВАМ**

*В.М. Горбенко, к.військ.н., доц.; О.А. Коршець, к.т.н., доц.;*

*В.В. Камінський, к.військ.н., доц.*

*Національний університет оборони України*

З самого початку появи та застосування авіації у якості засобу збройної боротьби війна набула властивостей тривимірності. Відбулося перенесення акценту протистояння сторін з військ, що знаходяться у безпосередньому контакті, на усю глибину території протилежної сторони. Актуальною стала проблема ефективної протидії загрозам з повітря. З минулого століття результат боротьби за перевагу в повітрі був, є, і залишається одним з вирішальних чинників успіху наземних (морських) операцій. Зростання могутності повітряних сил, проведення повітряних операцій (кампаній), спрямованих на руйнування систем державного і військового управління, комунікацій, військово-промислового потенціалу та об'єктів критичної інфраструктури, свідчить, що для оцінювання ефективності боротьби з повітряним противником недостатньо тільки кількісно-якісного співвідношення сил сторін в повітряному домені.

Оцінювання ефективності ППО є багатокритеріальною задачею, яка враховує не тільки вплив на повітряного противника, але й функції захисту об'єктів прикриття від дій ЗПН. Проте, з огляду на досвід російсько-української війни є очевидним, що існуючі критерії ефективності ППО вже не є актуальними, адже вони визначені для умов 70-80-х рр. минулого століття і відповідного рівня розвитку ЗПН. Тому, для удосконалення існуючих методик оцінювання ефективності ППО, є нагальна потреба в розробленні нового методичного апарату щодо осучаснення критеріїв ефективності, які адаптовані до зміни бойових можливостей та тактики сучасних і перспективних ЗПН.

## **ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ В РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ**

*В.М. Горбенко, к.військ.н., доц.; О.А. Коршець, к.т.н., доц.*

*Національний університет оборони України*

Триваючу боротьбу в повітрі на території України можна розділити на три умовні етапи:

– перший – відбиття (зрив) повітряної наступальної операції ПКС ЗС РФ з метою завоювання переваги (панування) в повітрі. Цей етап почався з класичних масованих ракетно-авіаційних ударів 24 лютого 2024 року і тривав до відмови противником від застосування своєї пілотованої авіації за лінією бойового зіткнення. Не дивлячись на кількісно-якісну перевагу противника, в результаті бойових дій, повітряних та протиповітряних боїв усіх сил та засобів ППО Сил оборони України, вдалося зірвати повітряну наступальну операцію противника і завоювати та утримувати паритет у повітрі;

– другий – стратегічна повітряна операція по ураженню важливих державних і військових об'єктів, та об'єктів критичної інфраструктури на всій території України. Цей етап почався одночасно з першим і триває дотепер. Проте, структура ракетно-авіаційних ударів суттєво змінилася. Враховуючи результати першого етапу, противник після комбінованих ударів пілотованими та безпілотними ударними авіаційними та ракетними засобами, відмовився від використання пілотованої авіації;

– третій – боротьба за перевагу в повітрі, який вже почався. Наразі усвідомлено необхідність завоювання переваги в повітрі на визначених операційних напрямках для створення сприятливих умов проведення наземних (морських) операцій.

Тому актуальним є питання пошуку нових шляхів розвитку тактики і оперативного мистецтва Повітряних Сил з урахуванням набутого досвіду та отримання озброєння і військової техніки від країн-партнерів.

### **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БОЄПРИПАСІВ З ПІДРИВНИКАМИ PGK M 1156**

*Н.М. Козир*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

У сучасному світі, на фоні постійного розвитку технологій та змін у сфері безпеки, важливим завданням для розробників озброєння є створення та удосконалення боеприпасів для забезпечення високої точності та, як наслідок, високої ефективності вогню артилерії. У напрямку удосконалення здійснювались пошуки технічних рішень, які б зі звичайного артилерійського снаряда дозволили отримати високоточний. Одним з таких рішень було розроблення підричника PGK (Precision Guidance Kits – комплект точного наведення).

У рамках військової допомоги на озброєння підрозділів ракетних військ і артилерії (РВіА) Збройних Сил України надходять підричники PGK M1156. У той же час досвід з підготовки їх до стрільби та виконання ними вогневих завдань ще не напрацьований.

Під час проведення практичних стрільб з'ясовано особливості застосування 155-мм артилерійських пострілів, спорядженими підривниками PGK M1156, а саме:

- виявлено залежність функціонування підричника PGK M1156 від точності орієнтування гармати;
- встановлено обов'язковість визначення початкової швидкості снарядів, якими запланована стрільба;
- встановлено неприпустимість застосування гармат із значним настрілом ствола.

У доповіді розглянуто також сприятливі та несприятливі умови застосування підривників PGK M1156, особливості підготовки стрільби і управління вогнем, перелік об'єктів противника для ураження боеприпасами з даним підривником тощо. Визначено, що при врахуванні всіх чинників, ефективність застосування боеприпасів з підривниками PGK M1156 наближається до ефективності застосування високоточних боеприпасів.

## **ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ШТУРМУ ОБ'ЄКТІВ АТАКИ В НАСТУПІ**

*В.В. Кузнецов, к.військ.н.*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Досвід застосування Збройних Сил України та інших складових Сил оборони України в ході російсько-української війни свідчить про необхідність розвитку високотехнологічних засобів добування розвідувальної інформації, забезпечення ситуаційної обізнаності командирів (начальників) та ураження об'єктів противника. Така ніша успішно заповнюється безпілотними авіаційними системами.

В ході наступу, на ділянці прориву, проводиться штурм об'єктів атаки визначеними загальновійськовими підрозділами. Для ураження об'єктів атаки здійснюється комплексування безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) обслуговування непрямого вогню з вогневыми засобами, що дозволяє командирів вогневого підрозділу в режимі реального часу супроводжувати ураження об'єктів, чим підвищити точність вогню. З цієї метою потрібно передбачати таку кількість БпЛА, яка б забезпечувала постійне знаходження одного БпЛА над об'єктом, і іншого в готовності до його заміни.

Поряд з вогневими засобами набули широкого застосування ударні БпЛА, переважно мультимоторні, як разові, так і багаторазові. Застосування ударних БпЛА здійснюється у взаємодії з підрозділами артилерії, авіації, ППО та РЕБ у визначених начальником групи БпЛА районах особливої уваги, зосереджуючи основний ресурс на напрямку головного удару.

Ураження противника в об'єкті атаки доцільно починати після закінчення артилерійської підготовки атаки з ударних БпЛА – для захоплення об'єктів атаці загальновійськовими підрозділами, а під час зачистки окопів – ураження продовжувати багаторазовими ударними БпЛАК.

Комплексне застосування вогневих засобів та безпілотних авіаційних систем забезпечить досягнення успіху у прориві оборони противника.

## **ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВОГНЕВИХ МІШКІВ**

*І.В. Кучерявенко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Особливості ведення бойових дій частинами та підрозділами РВіА в різних операційних зонах (районах) значною мірою обумовлюються фізико-географічними умовами місцевості. На кожному із театрів воєнних дій вони мають свої особливості, які необхідно враховувати як при підготовці бойових дій, так і в ході їх ведення. Детальне вивчення елементів фізико-географічних умов повинно бути направлено перш за все на пошук можливості використання переваг (сприятливих умов) та упередження загроз (несприятливих умов) щодо впливу місцевості на застосування частин і підрозділів. У той же час, вивчення місцевості дозволяє визначити можливі райони та зони, у яких найбільш імовірно розташування важливих об'єктів противника, що позитивно впливає на повноту і якість планування об'єднаної вогневої підтримки в операції (бою).

У доповіді вперше запропоновано визначення вогневого мішка, як обмеженої ділянки місцевості, що має природні перешкоди та в яку сплановане “заманування” підрозділів противника для їх ураження з одного чи кількох підготовлених напрямків, з метою завдання максимальних втрат або повного їх знищення. З огляду на дане визначення запропоновано інший об’єкт дослідження у порівнянні з визначенням вогневого мішка, яке використовується в ракетних військах і артилерії. У даному випадку об’єкт дослідження – “вогневий мішок” розглянуто з точки зору ведення бойових дій загальновійськовими підрозділами та врахування фізико-географічних даних місцевості при цьому щодо характеру рельєфу, погодних умов та часу доби.

### **ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ – РАДИКАЛЬНА ІННОВАЦІЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРИРОДИ І ХАРАКТЕРУ ВІЙН**

*А.Ю. Скоцирев; Н.М. Пантелєєва, д.е.н., к.т.н., проф.; Т.Г. Дудник  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

ШІ має величезні потенціал для стримання і захисту від військової агресії, що змушує уряди країн світу до швидкої, гнучкої та відповідальної інтеграції цієї технології у військову сферу. Впровадження цієї технології відкриває нові переваги, розширюючи класичні атрибути збройних сил і надаючи їм сучасності за рахунок адаптованості, прогнозованості, децентралізованості, мобільності, автономності, інтелектуалізації.

ШІ у військовій сфері є радикальною інновацією, трансформаційний вплив якої на характер ведення війн вже прослідковуються для цілей підвищення обороноздатності: управління фізичними об’єктами (роботизовані системи, автономні системи/засоби озброєння та ін.); обробка, аналіз та інтерпретація значних обсягів інформації в реальному часі; розробка нових форм командування і контролю в реальному часі; кібербезпека. Водночас, зміни в природі війн є більш тривалим процесом. Максимально вони стануть відчутними за умови накопичення кумулятивного і синергетичного ефектів внаслідок посилення безконтактного ведення та переходу на концепцію мережево-центричних війн при одночасній інтеграції інформаційних, кібер- і радіовійн, війн БпЛА, політичного та економічного тиску. Трансформація природи війни, на наш погляд, полягатиме в аспектах її суб’єктно-об’єктної сутності, еволюції стратегій і тактик, нових видів зброї, професійної інституційної військової інфраструктури, етичних, правових і політичних аспектів, легітимності і відповідальності суспільства тощо. Розглянуте питання є дискусійним, що вказує на необхідність проведення глибоких міждисциплінарних досліджень упровадження ШІ у військовій сфері.

### **МЕТОДИКА ПОБУДОВИ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ НА ДІЛЯНЦІ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ**

*М.В. Балагура<sup>1</sup>; Д.Л. Карасьов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>15 мобільний прикордонний загін;*

*<sup>2</sup>Національна академія Державної прикордонної служби України  
ім. Б. Хмельницького*

Одним із проблемних питань планування оперативно-службової діяльності з охорони державного кордону є її побудова, зокрема обґрунтування системи контрольних та превентивних заходів з метою забезпечення максимально

можливої ймовірності виявлення та припинення правопорушень. Під час підготовки органу охорони державного кордону до оперативно-службової діяльності є практична невідповідність між вимогою постійного моніторингу обстановки на ділянці відповідальності та недостатніми спроможностями органу охорони державного кордону, планування яких здійснюється під час підготовки до оперативно-службової діяльності. Зазначена проблемна ситуація частково може бути вирішена за рахунок підвищення якості процесу планування оперативно-службової діяльності, зокрема у частині побудови охорони державного кордону.

У діяльності штабів органів охорони державного кордону, має місце також невідповідність методичного характеру між необхідністю забезпечення якості планування оперативно-службової діяльності та обмеженими можливостями відповідного науково-методичного апарату.

Наявність практичної та методичної невідповідностей негативно відображається на роботі органів управління ДПСУ з підготовки до оперативно-службової діяльності, що, у свою чергу, може призвести до зниження її ефективності та ускладнення виконання завдань з охорони державного кордону.

У доповіді подано результати удосконаленої методики побудови охорони державного кордону. Метою удосконалення методики є визначення раціонального розподілу сил та засобів прикордонного загону між прикордонними підрозділами з урахуванням особливостей ділянок державного кордону, які вони охороняють, їх спроможностей.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ**

*В.П. Хирний<sup>1</sup>; Д.Л. Карасьов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Адміністрація Державної прикордонної служби України;*

*<sup>2</sup>Національна академія Державної прикордонної служби України  
ім. Б. Хмельницького*

Необхідність розроблення нової Стратегії розвитку у сфері захисту та охорони державного кордону України викликана: виконанням пункту 3 статті 29 Закону України “Про національну безпеку України”; забезпеченням ефективної реалізації політики у сфері безпеки державного кордону, а також охорони суверенних прав України в її прилеглий зоні та виключній (морській) економічній зоні, мінімізації загроз прикордонній безпеці, забезпечення реалізації стратегічного курсу України на інтеграцію до ЄС та НАТО, посилення ролі ДПСУ у протидії транскордонній і транснаціональній злочинності; нагальною потребою створення нової системи захисту державного кордону України з російською федерацією та республікою білорусь, як важливої складової гарантування державного суверенітету і забезпечення національної безпеки України, з одночасним нарощуванням зусиль спільної оперативної охорони державного кордону з іншими суміжними державами; вимогами українського суспільства щодо створення умов для реалізації прав і свобод людини, законного вільного пересування та здійснення транскордонної діяльності, зокрема шляхом лібералізації ЄС візового режиму для України; доцільністю підготовки нового стратегічного документа, розробленого з урахуванням положень нової редакції Стратегії



національної безпеки України, Стратегії воєнної безпеки України, Стратегічного оборонного бюлетеня та Стратегії громадської безпеки та цивільного захисту України. У доповіді подано дослідження специфічних рис механізмів стратегічного планування з питань протидії загрозам національної безпеки на державному кордоні та виявлення й запобігання можливим проблемам під час реалізації стратегічних документів.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСАД ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ ЩОДО ФОРМУВАННЯ КІБЕРВІЙСЬК ТА РОЗВИТКУ ЇХ СПРОМОЖНОСТЕЙ**

*Є.О. Живи́ло, к.н.держ.упр.*

*Військо́вий інститут телеко́мунікації та інформатизації ім. Героїв Крут*

Переваги сучасного цифрового світу та розвиток інформаційних технологій обумовили виникнення нових загроз національній та міжнародній безпеці. Поряд із інцидентами природного (ненавмисного) походження зростає кількість та потужність кібератак, вмотивованих інтересами окремих держав, груп та осіб.

Поширюються випадки незаконного збирання, зберігання, використання, знищення, поширення, персональних даних, незаконних фінансових операцій, крадіжок та шахрайства у мережі Інтернет. Кіберзлочинність стає транснаціональною та здатна завдати значної шкоди інтересам особи, суспільства і держави.

Сьогодні економічна, соціальна та військова безпека України значною мірою залежить від гарантування безпеки в інформаційній сфері. Державна політика захисту інформації та кібербезпеки, її повнота та ефективність забезпечують стабільність у суспільстві, дотримання прав і свобод громадян.

Враховуючи агресію російської федерації, що триває, інші докорінні зміни у зовнішньому та внутрішньому безпековому середовищі України, одним з найактуальніших завдань держави стає дослідження механізмів інституціонального забезпечення створення національної системи кібербезпеки як одним з основних напрямів і завдань державної політики у сферах національної безпеки і оборони, розвитку сектору безпеки і оборони.

У доповіді подано результати теоретичних підходів до складу, структури, функцій та завдань кібервійськ, а також розглянуто їх існуючий стан.

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ СПРОМОЖНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИКОРДОННОГО ЗАГОНУ ДО ФУНКЦІОНУВАННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*В.В. Залож, к.військ.н., доц.; М.О. Ковальчук*

*Національна академія Державної прикордонної служби України  
ім. Б. Хмельницького*

Досвід відбиття повномасштабної збройної агресії російської федерації (далі – рф) на територію нашої держави, свідчить, що успіх бойових дій визначається не тільки співвідношенням сил та засобів, а й досягненням переваги в управлінні. Відповідно актуальним залишається питання оцінювання спроможності системи управління (далі – СУ) прикордонного загону (далі – ПРИКЗ) до функціонування в умовах воєнного стану.

В основу оцінювання спроможності СУ доцільно покласти методичний підхід “DOTMLPFI”, який включає оцінювання таких базових компонентів: D – doctrine (нормативна база, яка характеризується наявністю настанов, стандартних операційних процедур тощо); O – organization (організація СУ, що характеризується елементами, які забезпечують її організаційну стійкість); T – training (наявність системи підготовки особового складу ОУ); M – materiel (забезпеченість необхідними засобами управління і ресурсами); L – leadership (якість управління та освіта керівного складу ОУ); P – personnel (наявність кваліфікованого та мотивованого особового складу ОУ); F – facilities (наявність і готовність ПУ до забезпечення виконання ОУ завдань); I – interoperability (сумісність СУ ПРИКЗ для спільних дій у складі сил оборони).

Саме цей підхід не потребуватиме значних витрат, сприятиме отриманню об’єктивної оцінки наявних спроможностей. За отриманими висновками можна буде обґрунтувати програму подальшого розвитку спроможності СУ для функціонування в умовах воєнного стану.

## **СТРУКТУРА ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ЦІЛЕЙ**

*Р.С. Шостак*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Визначення цілей – процес вибору, визначення пріоритетності (важливості) цілей та узгодження відповідного впливу на них з урахуванням умов ведення операції (бою) і спроможностей з метою досягнення встановлених ефектів відповідно до задуму командувача (командира).

На оперативному та тактичному рівнях процес планового визначення цілей складається з шести етапів:

етап 1 – намір, мета та вказівки командувача (командира);

етап 2 – вибір цілей;

етап 3 – аналіз можливостей;

етап 4 – рішення командувача (командира);

етап 5 – виконання завдань (виконання завдань ураження цілей (далі – ЗУЦ) та вогневих завдань);

етап 6 – оцінювання.

Перші чотири етапи виконуються під час планування операції (бою), а останні два – у ході ведення операції (бою).

Разом з тим, у ході операції (бою) проводиться динамічне визначення цілей (під час етапу 5 – виконання завдань), яке у свою чергу виконується за п’ятьма фазами:

фаза 1 – розпізнати ціль;

фаза 2 – уточнити або встановити ефект;

фаза 3 – призначити засоби ОВГП;

фаза 4 – виконати вогневе завдання;

фаза 5 – оцінити.

Виконання завдань щодо ураження планових цілей, як правило, здійснюється за фазами 4 та 5.

У свою чергу фаза 4 – виконати вогневе завдання, полягає у:

– прийнятті остаточного рішення на виконання вогневого завдання;

– постановці завдань на виконання вогневого завдання;

- постановці завдань розвідувальним підрозділам щодо обслуговування стрільби артилерії, спостереження результатів авіаційних та ракетних ударів;
- здійснення вогневого впливу авіаційними, ракетними та артилерійськими засобами.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПОДАВАННЯ ДАНИХ У ПРОЦЕСАХ ІНТЕГРАЦІЇ ЯК ФОРМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ**

*О.Д. Пацетник, к.т.н., с.н.с.; В.В. Литвин, д.т.н., проф.  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Питання впровадження термінології НАТО в діяльність органів управління та частин Збройних Сил України обумовлена зростанням обсягу інформації, яку необхідно враховувати при створенні інформаційно-довідкових систем з порядку прийняття рішень на ведення бойових дій за стандартами НАТО для автоматизованої системи управління. Величезна кількість стандартів у цій сфері пропонує масу визначень термінів, які можуть суперечити один одному. Управління термінологією необхідне при взаємодії різних груп розробників, для взаємодії розробників і користувачів, а також є основою для концептуального інформаційного моделювання автоматизованих керуючих систем. Тому, враховуючи складність і об'ємність цього завдання, прискорити цей процес впровадження допоможе розробка глосарію термінів НАТО за напрямком управління військами. З цією метою досліджено процес побудови та функціонування підсистеми ідентифікації термінів та абrevіатур, які використовуються в НАТО, їхніх еквівалентів українською мовою, а також прикладів використання цих термінів (скорочень) в нормативних документах НАТО. Під час реалізації підсистеми враховано те, що окремий термін чи абrevіатура може мати кілька пояснень в різних нормативних документах. Всі наявні пояснення доєднуються до терміну або абrevіатури, що враховано у процесі роботи підсистеми. Особливістю підсистеми є використання методів опрацювання природної мови, оскільки терміни можуть зустрічатися у різних відмінках. Для реалізації підсистеми використано готові пакети Python для покриття подібних задач: Tkinter, PyMuPDF. Також наведено приклади функціонування підсистеми.

## **ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*О.Д. Пацетник, к.т.н., с.н.с.; В.І. Пацетник  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

В умовах напружених воєнно-політичних та економічних протистоянь розширення номенклатури послуг зв'язку, замовників телекомунікаційних та інфокомунікаційних мереж спеціального призначення, дослідження їх кількісних та якісних показників, таких як: наявність стійкого постійного зв'язку, мобільність, гарантія сумісності різноманітних стандартів, можливість підтримання індивідуальних налаштувань і профілю користувачів послуг тощо, є актуальним завданням.

Під терміном “інфокомунікаційна мережа спеціального призначення” (ІКМ СП) розуміють інфокомунікаційне середовище, створене для забезпечення автоматизованого ефективного управління та передавання конфіденційних даних об’єктами спеціального призначення, що має вихід на телекомунікаційні мережі загального користування.

В свою чергу, конкретні програмно-апаратні рішення по управлінню такими мережами можуть бути інтегрованими та однокомпонентними. Організація інтегрованого управління сучасними ІКМ СП вимагає застосування відповідних програмно-апаратних платформ, які забезпечуватимуть необхідний рівень якості послуг зв’язку в будь-який час із мінімальними експлуатаційними витратами. Для вирішення такої задачі запропоновано створювати спеціальну мережу управління, що забезпечуватиме управління ІКМ СП шляхом організації взаємозв’язку з компонентами різних систем зв’язку на основі єдиних інтерфейсів та протоколів. Також розглянуто різні проблеми організації управління, особливості та принципи побудови ІКМ СП, надано пропозиції щодо удосконалення організації процесів управління в цілому.

### **ПРІОРИТЕТНІ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ (АВТОМАТИЗОВАНИХ) СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*О.Д. Пацетник, к.т.н., с.н.с.*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

У відповідності до нових умов ведення бойових дій та з урахуванням аналізу безпекового середовища в контексті воєнної безпеки держави пріоритетними завданнями є автоматизація управлінських процесів і цифровізація діяльності в силах оборони України. Основними питаннями, які потребують негайного рішення є: перерозподіл задач між рівнями командних ланок управління на визначених етапах бойової роботи на основі бойового досвіду; удосконалення систем (засобів) автоматизованого управління, цифрових перешкодостійких засобів зв’язку, високошвидкісних каналів управління, передачі даних та телеметрії з урахуванням стану та перспектив розвитку інформаційних і телекомунікаційних технологій; необхідність розвитку технологій (засобів) захисту інформації, що зберігається в базах і сховищах даних та циркулює в системах (комплексах) озброєння та військової техніки, електронних комунікаційних (інформаційно-телекомунікаційних) мережах від несанкціонованого доступу; впровадження високопродуктивних моделюючих комплексів, що дозволяють виробляти розробку варіантів дій, їх аналіз та оцінку, а також систем підтримки прийняття рішень з використанням елементів штучного інтелекту; розроблення спеціального програмного забезпечення інформаційних систем управління військами та зброєю, в основу побудови якого включити сервісно-орієнтовані технології, а також впровадження “хмарних” технологій при побудові системи в цілому, що дозволить підвищити адаптаційні властивості системи управління, гнучко перебудувати її контур в залежності від поточних потреб.

## **ПОГЛЯДИ НА ОСНОВИ КОНТРБАТАРЕЙНОЇ БОРотьБИ ЗА ДОСВІДОМ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

*О.М. Толмачов*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Аналіз досвіду ведення бойових дій свідчить про те, що противник все ще володіє достатньою кількістю засобів ураження та продовжує активно застосовувати їх для вогневої підтримки штурмових дій своїх підрозділів, ураження об'єктів як військового, так і цивільного призначення нашої держави.

Якісно-кількісна перевага противником досягається завдяки наявності в своєму арсеналі достатньо широкої лінійки засобів розвідки, вогневих засобів дальнього вогневого впливу, комплексів автоматизованого управління вогнем, високоточних снарядів та застосуванням ударних БПЛА.

Завдяки отриманим від країн-партнерів сучасним високотехнологічним технічним засобам розвідки, далекобійним системам озброєння, а також високоточним боеприпасам та якісному вишколу фахівців-артилеристів РВіА Сил оборони держави вдалося досягти паритету в контрбатарейній боротьбі проти російських загарбників.

Але, все ж таки, питання організації і ведення контрбатарейної боротьби залишається актуальним.

Враховуючи вимоги доктринальних документів країн-членів НАТО та погляди фахівців, можна зробити висновок про те, що контрбатарейна боротьба має більш широке поняття, ніж просто ураження засобів вогневої підтримки противника та розглядається як контрбатарейний вогонь, що ведеться з метою знищення або нейтралізації системи вогневої підтримки противника.

Таким чином, контрбатарейну боротьбу можна розглядати як окреме завдання об'єднаної вогневої підтримки – вогнева протидія засобам вогневої підтримки противника, виконання якого здійснюється протягом всієї операції (бою).

## СЕКЦІЯ 2

### **НАУКОВЕ СУПРОВОДЖЕННЯ, РОЗВИТОК, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АСУ АВІАЦІЄЮ ТА ППО ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

Керівники секції: к.т.н. підполковник Храпчинський В.О.;  
к.т.н. с.н.с. підполковник Александров О.В.  
Секретар секції: к.т.н. підполковник Черток О.А.

#### **PATHS OF INTEGRATING FOREIGN-MADE RADIO TECHNICAL RECONNAISSANCE ASSETS INTO MODERN AUTOMATED AND INFORMATION SYSTEMS OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*O. Aleksandrov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Khrapchynskiy<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; A. Romaniuk<sup>1</sup>;  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

Currently, Ukraine is working on expanding its air defense system. As part of the Ukraine Security Assistance Initiative in response to Russian armed aggression, the Armed Forces of Ukraine have received modern radio technical reconnaissance (RTR) equipment. Such equipment allows gathering data on the range, course, altitude, and speed of airborne objects, forming their trajectories, and classifying them according to type based on extensive libraries of corresponding signatures.

The effective combat use of modern foreign-made RTR assets is possible through their integration into the overall air defense system of the country. Therefore, one of the top priorities in integrating foreign-made RTR assets into the country's air defense system is researching ways to organize their information and technical interaction with the complexes of automation means (CAM) as part of the domestic aviation command and control systems (ACS) and air defense systems (ADS), as well as with other information systems of the Armed Forces of Ukraine.

The proposed stages of organizing the information and technical interaction of these RTR assets with the CAM as part of the domestic ACS and ADS have been identified.

The composition of protocols has been determined to ensure information and technical compatibility with foreign-made RTR assets and to allow their capabilities to be fully implemented in an automated mode for reconnaissance of airspace, receiving reports, and monitoring the status of RTR elements, significantly enhancing their combat effectiveness.

#### **ORDER OF REDUCING UNCERTAINTY IN CODEGRAM STRUCTURES IN THE CONTOUR OF MODERN ACS COMBAT MANAGEMENT**

*S. Simonov; O. Turkovskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Shevchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During combat operations under conditions of intense enemy air raids, the task of protecting critical infrastructure objects (CIOs) becomes evident and crucial. The continuous improvement of enemy air raids and the utilization of advanced

electronic warfare (EW) means, along with modern tactics for overcoming the Air Defense System (ADS) of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine (AF AFU), lead to instances of enemy aircraft bypassing the zone of anti-aircraft missile fire of air defense missile troops (ADMT) units. Unfortunately, the current situation has evolved in such a way that some ADMS, when solving the tasks of covering CIOs, operate in a decentralized mode. In this case, the combat effectiveness of the ADMS is reduced. To increase the effectiveness of an individual ADMS and the grouping of ADS as a whole, it is necessary to solve the problem of information and technical coupling (ITC) of the ADMS with the modern ACS (product 9C162). It should be noted that the implementation of the ITC task of a new object is associated with solving a whole complex of tasks of organizational and normative as well as technical nature. One of the key issues in solving the ITC task of the fire unit with product 9C162 is determining the structures of information messages circulating in the combat management contour between the ADMS and its command post (CP). This issue can be resolved in two ways: using specific technical and specialized literature on the relevant ADMS and applying specialized software and hardware tools for demodulation and decoding of telecode information circulating in the communication channel between a specific ADMS and its CP. The use of the first approach is limited due to errors contained in the descriptions of the structures of information messages, in addition to the destruction of a certain amount of literature in the library fund, due to the start of hostilities in the territory of Ukraine, some information about ITC has been lost. Thus, the only way to solve the ITC task with a modern ACS is to use the second approach. The main idea of the second approach lies in reading the information codegrams circulating between the regular CP and its subordinate ADMS. Due to the unification of the data transmission equipment direction at the CP, installed on the ADMS of the old park, such a possibility exists by using modem devices of product 9C162 with mandatory switching of the latter to the data exchange channel reading mode. In this mode, the modem device of product 9S162 performs demodulation of the channel signal and outputs the information to the output port in the form of a sequence of bytes. This sequence is fed to the code analyzer program (CAP), which further decodes the messages. Thus, the main task of CAP software is to determine the beginning and end of the information codegram and save it in a form suitable for further analysis.

### **DEFINITION OF TASKS SUBJECT TO AUTOMATION IN THE UNMANNED AVIATION CONTROL SYSTEM**

*M. Bielous; O. Chertok, Candidate of Technical Sciences;  
V. Snitsarenko; N. Bielous; A. Sinchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, unmanned aerial systems of various classes (UAS) are actively used to counter the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine. UAS are often employed when manned aircraft are ineffective or there is a high likelihood of their being shot down. They are used for reconnaissance, fire adjustment, relay of command and control signals, communication, simulation of aerial targets, and delivering air strikes against enemy objects. An important condition for the effective use of modern UAS is their integration into existing and prospective automated control systems (ACS) from tactical to strategic levels of management.

Existing UAS ACSs do not always meet the requirements of the current state of development and application of UAS in combat conditions. The management

systems used for UAS application tasks, individual software and hardware tools, need to be integrated into a unified multi-level UAS ACS. Such a management system should ensure the following tasks:

- ability to display video data in real-time during data collection, processing, and storage;
- making corrections to UAS unit deployment plans;
- conveying orders, commands, signals, and directives to UAS units, as well as monitoring their execution;
- timely provision of data to staff and commanders for making timely and informed decisions;
- receipt of directives from higher-level management bodies, readiness reports, and task execution reports from subordinate management bodies and UAS units;
- automated generation and dissemination of combat, directive, and informational documents and commands, data on the operational-tactical situation, task execution reports;
- UAS strike management.

It is also necessary to ensure stable communication with information interaction subscribers, exchange of formalized and informal information messages and documents. Data exchange of any format should be performed over both closed and open telecommunications channels.

The UAS management system should enhance the effectiveness of the Ukrainian Armed Forces in performing the following tasks: conducting all types of aerial reconnaissance, determining the coordinates of targets for engagement, adjusting artillery fire, delivering air strikes against enemy objects, determining their results, conducting electronic warfare, and relaying radio communications.

## **ANALYSIS OF THE USE OF MODERN MULTI-ROTOR UNMANNED AERIAL VEHICLES IN CONDITIONS OF LIMITED STRIKE CAPABILITIES**

*A. Sinchuk; M. Bielous; O. Chertok, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The realities of today attest to the fact that Ukraine has been forced to wage an unjust war for the third year in a row due to the armed aggression of the Russian Federation, which was initiated with the aim of destroying its state independence and territorial integrity. A particular feature of this war at this stage is the aggressor's desire to exploit a significant advantage in its military potential, practically in all its components, by transitioning active combat operations into a protracted phase of attrition warfare.

The situation is further complicated by a significant reduction in military, financial, and humanitarian assistance to Ukraine from partner countries, stemming from a range of both objective (lack of necessary capabilities in the military-industrial complex) and subjective (lack of a coordinated plan of action among partner countries, their domestic debates, and the complex global geopolitical situation) factors.

The described situation directly affects the development and application of multi-rotor unmanned aerial vehicles (UAVs), such as quadcopters, which have proven their effectiveness from the early months and continue to be actively improved by both sides of the conflict. This is primarily due to their open access to components, relatively simple assembly processes, which can be easily established



and scaled, as well as their low cost compared to industrial types of ammunition. Thanks to their controllability throughout the flight area, they have the ability to target objects that are generally inaccessible to traditional means of attack.

While initially efforts were focused on adapting existing types of UAVs to perform combat tasks, the current trends in the further development of UAVs include transitioning to non-standard control frequencies and creating special software to counter existing and prospective models of electronic warfare systems, developing domestic components to reduce overall costs and import dependence, as well as custom munitions and systems for their remote detonation.

The number of UAVs is gradually increasing, allowing them to be used to target increasingly smaller targets down to individual infantrymen, and they are equipped with night vision cameras, significantly reducing the possibility of covert troop movements and enabling combat missions to be carried out during nighttime hours.

In the near future, the use of multi-rotor UAVs with "machine vision" systems is expected, which will allow operators to mark targets for engagement without entering the range of action of electronic warfare complexes.

Furthermore, the creation of neural network-based "artificial intelligence" capable of ensuring the autonomous operation of individual UAVs and the collective management of a UAV swarm is anticipated, with the goal of carrying out tasks with "complex action scenarios" in conditions of intense radio interference and active operation of anti-drone systems.

### **MODEL OF RULES FOR SELF-ORGANIZATION OF A COLLECTIVE OF HOMOGENEOUS UNMANNED AERIAL VEHICLES IN SOLVING LOOSELY-FORMALIZED PROBLEMS**

*D. Sizon<sup>1</sup>; D. Zhukov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Flight Academy of the National Aviation University*

Contemporary art and philosophy of conducting combat operations, utilizing unmanned aerial vehicles (UAVs), tend to continuously evolve, thus necessitating decisive changes to be implemented in this field. Due to its real relevance and analyzing the effectiveness of UAV operators' work to improve performance indicators, it is proposed to develop a model of rules for self-organization of a collective of homogeneous UAVs in solving loosely-formalized tasks.

Given the high intensity of combat, the use of a large variety of weaponry and military equipment, constant disinformation, and the adversary's counteractions in obtaining reconnaissance data, there is a threat in assigning loosely-formalized tasks with limited and unreliable information regarding the combat mission to UAV control units.

The solution to this problem can be seen in developing a model of rules for self-organization of a collective of homogeneous UAVs in solving loosely-formalized tasks. By applying this method, the risks of task non-completion are reduced. This is achieved through the application of artificial intelligence within the collective of homogeneous UAVs, enabling optimization and tuning, whereby UAVs can perform more complex tasks in less time. A key condition for the successful use of the method is the utilization of universal, multifunctional UAVs, each capable of performing various tasks depending on the combat situation, the tasks assigned by the operator, and the data obtained during reconnaissance.

**IMPROVEMENT OF THE UNMANNED AERIAL VEHICLE  
COUNTERMEASURE SUBSYSTEM WITHIN  
THE AIR DEFENSE SYSTEM**

*Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Volodin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; E. Pershyna  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the present stage of full-scale armed aggression by the Russian Federation against Ukraine, both massive and group, as well as individual, use of various types of unmanned aerial vehicles (UAVs) by the enemy is being carried out. These include reconnaissance, reconnaissance-strike, and kamikaze drones (barrage ammunition), which operate both in the frontline zone and directly on the battlefield, as well as deep within our country's territory, striking critical infrastructure objects of the state, military, and civilian facilities. There have been numerous cases of integrated use of strike and reconnaissance UAVs and missiles, both air and ground-based, aimed at depleting the air defense system of Ukraine's UAVs and further increasing the effectiveness of strikes with cruise and ballistic missiles on various targets.

Under such conditions, the current task is the improvement of the UAV countermeasure subsystem within the state's air defense system through: ensuring integrated and synchronized use of all inter-service and inter-type components of the Armed Forces of Ukraine (firearms, electronic warfare, unconventional means of action such as anti-drone cannons, acoustic devices) to form a unified combat space at low altitudes and effectively counter UAVs; a branched system of control points (CPs), starting from UAV detection and notification CPs, UAV CPs on the battlefield, both at the operational-tactical level and ending with airborne CPs such as close-range detection and targeting based on helicopters, and so on.

**PROBLEMATIC ISSUES IN CREATING A UNIFIED DATA EXCHANGE  
PROTOCOL FOR THE MANAGEMENT OF DIFFERENT TYPES OF AA  
MISSILE SYSTEMS (SOVIET AND FOREIGN MANUFACTURE) THAT  
ARE IN SERVICE OR PLANNED FOR ADOPTION BY THE AIR FORCES  
IN THE INTERESTS OF INTEGRATION INTO MODERN ACS**

*O. Dovbnia, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Bodiak, Candidate of Technical Sciences; K. Tryfonenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ten years of Russia's war against Ukraine, including two years of full-scale invasion, demonstrate the relevance of the requirements to enhance the effectiveness of the air defense system (ADS), including through the provision of reconnaissance and combat radar information to anti-aircraft missile systems (AAMS) and increasing awareness of the status and actions of AAMS at command posts.

The wide variety of AAMS types provided by Ukraine's partners, complexes developed within the Franken SAM program, and complexes being restored by Ukrainian defense industry forces should be applied with a unified concept and plan taking into account the current situation. This is especially relevant considering the need to prevent friendly fire in future aircraft applications expected from partners. Therefore, the integration of all types of AAMS into the automated control system (ACS) for aviation and ADS is the most pressing task.

The main problems encountered along this path are:

- the availability and condition of data transmission equipment and encryption of AAMS, especially of Soviet origin and those provided by partners.
- lack of standardization, a wide variety of information-technical coupling protocols of AAMS with ACS.
- diversity in the principles of constructing AAMS, which entails different control parameters and parameters of AAMS to be monitored.

These issues underscore the complexity of integrating AAMS into the existing ACS due to the need for the development or procurement of specialized coupling devices and the implementation of the information-technical coupling protocol in complexes of automation tools (CAT) for each type of AAMS to realize the control logic of each type of AAMS in the relevant combat algorithms of CAT.

Therefore, the development of a unified data exchange protocol, which can be implemented by partners both within the Franken SAM program, which includes the creation of new models based on Soviet AAMS and foreign-made missiles, and when transferring other types of foreign-made AAMS, is necessary. This approach can also be applied when replacing standard data transmission equipment of Soviet-made AAMS currently in use during modernization or restoration.

In developing such a protocol, the standardization of control parameters and parameters of AAMS to be monitored must be ensured. It should provide maximum implementation of the combat capabilities of the weaponry. The implementation of a unified information-technical coupling protocol will reduce the integration time of new and modernized AAMS models into the ACS for aviation and ADS and reduce costs for their maintenance.

### **INCREASING THE EFFECTIVENESS OF SAM TARGET DISTRIBUTION THROUGH CALCULATION OF MODIFIED COMPREHENSIVE INDICATOR**

*O. Dovbnia, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Bodiak, Candidate of Technical Sciences; S. Seleznev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The increasing percentage of destroyed targets in air combat demands that the adversary change the tactics of employing air strike assets. Currently, in mass air raids, target trajectories become less predictable, with active utilization of course, altitude, and speed maneuvering, as well as constant reshuffling of strike groups throughout the duration of the attack. In conditions of intense aerial strikes, the decision support system for the deployment of anti-aircraft missile systems (AAMS) (specifically, the target allocation system), which uses target time-to-impact as a quality metric, does not ensure optimal target allocation.

When solving the target allocation task, which involves determining the rational distribution of air targets among AAMS, many factors are taken into account, the main ones being target speed (including radial), target altitude, flight course, and the probability of threat to the AAMS itself.

The target allocation algorithm is cyclically resolved with the pace of updating information on target motion parameters being observed. In each cycle, a calculation of the comprehensive effectiveness indicator (mathematical expectation of the number of destroyed targets) is performed, and its maximum value is found for various distribution options (formation of possible pairs of AAMS – target). The

target allocation task is solved taking into account certain constraints on the available resources (number of free target channels and AAMS ammunition).

When using the modified comprehensive indicator to solve the target allocation task, the following problematic issues must be considered:

– ensuring a balance between the stability of previous target allocation decisions and the dynamics of changing circumstances. This is particularly relevant for target maneuvering conditions (rapid changes in their motion parameters), the use of active countermeasures, which leads to an increased probability of detecting false trajectories or unstable target tracking;

– consideration of the characteristics of multi-channel complexes, which have spatial limitations regarding the sector of target tracking, when a more threatening target for the AAMS appears outside the tracking sector.

The development and implementation of the proposed target allocation system will increase the efficiency of decision-making by the commander in conditions of intense strikes of complex configuration.

### **SECURITY PRIORITIES OF UKRAINE'S FOREIGN POLICY IN THE INFORMATIONAL SPHERE TO STRENGTHEN UKRAINE'S AIR DEFENSE**

*O. Lavrov, Candidate of Technical Sciences;*

*S. Aleksandrov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, there is a problem in preparing the Ukrainian regulatory framework and corresponding technical procedures to initiate the exchange of critical information between Ukraine and the EU and between Ukraine and NATO. With the onset of Russian aggression, the issue of creating various channels for automated data transmission between Ukraine and its partners has been repeatedly raised, hindered either by the imperfections of the legal framework or by the political unwillingness of NATO member countries.

For example, in 2008, Ukraine joined a NATO program for exchanging data on air situations. Participation in the program allows for creating a unified picture of the airspace in border and crisis regions through the establishment of a secure communication channel between automated systems deployed at the Air Defense Control Centers of Ukraine and NATO Command and Control Centers in the cities of Veszprém (Hungary) and Erzurum (Turkey). Given the constant shelling of Ukrainian territory by the aggressor using cruise and ballistic missiles, it is expedient to use NATO radar information in Ukraine's air defense system. However, the technological solutions laid down in 2008 require significant modernization since the exchange relies on the outdated Link-1 protocol and the issuance zone is limited by software-hardware filters.

There are other programs that allow for the exchange of air situation data between Ukraine and European states, such as the European Regional Aviation Security Plan (EUR RASP) and programs under the International Civil Aviation Organization (ICAO). However, these programs are designed to ensure the safety of aviation flights and are less effective for tracking military air targets.

One way to initiate the exchange of air situation information could be through bilateral agreements between Ukraine and friendly neighboring countries. This system could expand Ukraine's radar coverage by connecting radars and passive sensors located in the territory of friendly neighboring countries and integrating

radars located on Ukrainian territory into the air defense systems of neighboring countries.

Another more priority way to solve the issue of data exchange on the air situation with NATO is the integration of Ukraine into the LINK-16 (LINK-22) system, which allows for receiving and making the most effective use of air defense assets provided by NATO member countries. For example, from 2022 to 2024, Ukraine has been provided with NASAMS, IRIS-T, SAMP-T, MIM-104 Patriot SAM systems under international technical assistance, with F-16 aircraft and naval vessels equipped with air defense systems in line to be received. All the mentioned assets in standard configurations are equipped with MIDS terminals, which allow for direct reception of radar information from NATO AWACS and radars. To achieve this goal, Ukraine needs to regulate legislative acts and conclude relevant agreements. The next step is the purchase of appropriate communication equipment and training of personnel who will operate the equipment.

To increase the effectiveness of air defense, even with existing assets in Ukraine, it is necessary to further develop foreign policy in the informational sphere. Ukraine must continuously develop technologies provided by its partners to prevail over the aggressor. The development of advanced military technologies is possible only in cooperation with leading defense industry enterprises of NATO member countries.

## **USING TRUNCATED FOURIER TRANSFORM ON GALOIS FIELDS FOR SCATTERING STATISTICAL STRUCTURE OF TEXT MESSAGES**

*S. Dudenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Chertok, Candidate of Technical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Various approaches to the classification of block ciphers are known in science, but most often ciphers constructed using Feistel networks (DES, DEAL, E2, LOKI97, RC6, Twofish, MARS, GOST 28147-89) and ciphers based on substitution-permutation network (SPN) (Square, Rijndael, SAFER +, Serpent) are distinguished.

Modern ciphers use linear transformations instead of bitwise permutations as scattering operations. Among the linear transformations, transformations based on MDR (Multiplicative Discrete Fourier Transform) codes have gained wide application. Such transformations are used in ciphers like Shark, Square, Rijndael, Khazad, Anubis. The main advantage of linear transformations of this class is that the sum of active S-boxes in the context of differential or linear cryptanalysis ("branching") before and after such a linear transformation will be maximally possible, i.e., equal to  $M+1$ , where  $M$  is the number of S-boxes covered by the MDR transformation.

Differential analysis of SPN cipher utilizes known plaintexts (ciphertexts) and the probability value of input difference. Thus, the basis for constructing and implementing differential attacks is the use of differential characteristics that describe the passage through encryption cycles of specific pairs of plaintexts. If it is possible to find differential characteristics with high probability, then it is possible to pose and solve cryptanalysis problems with complexity lower than brute force key search.

Using the truncated Fourier transform in Galois fields (which is a nonlinear transformation) as a scattering operation instead of linear transformations allows improving the cyclic differential characteristics of any cipher, whether based on the Feistel network or SPN structure.

## **MAJOR REQUIREMENTS FOR THE AUTOMATED COMMAND AND CONTROL SYSTEM OF AIR AND MISSILE DEFENSE FOR THE STATE**

*Yu. Kucherenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Vozny<sup>1</sup>; A. Nosyk<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

During the full-scale armed aggression by the Russian Federation against Ukraine, there is a fierce confrontation with the means of the air and missile component (AMC) of its armed forces in the airspace of Ukraine by various elements of the Ukrainian Defense Forces (UDF), including the forces and assets of the Ukrainian Air Force. This requires centralized networked management of all UDF forces and assets involved in various tasks in the air defense system (ADS). In order to enhance the effectiveness of managing these interservice and interdepartmental UDF components, it is necessary to create a network-centric (automated) command and control system for air and missile defense (AMD) of the state, which would perform the main tasks regarding countering the AMC, namely: ensuring the integrated and synchronized application of all UDF assets for countering the AMC in the airspace of the country; providing observation of the full cycle of threats regarding the use of AMC and forecasting the further development of the situation upon their detection; ensuring deep protection of the territory of Ukraine from AMC and their wide range of actions, especially from ballistic and hypersonic missiles and unmanned aerial vehicles, etc.

## **NEED TO CONSIDER CERTAIN RISKS IN THE IMPLEMENTATION OF COMPLEX PROJECTS FOR CREATING NETWORK-CENTRIC MILITARY COMMAND AND CONTROL SYSTEMS**

*Yu. Kucherenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
A. Nosyk<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Bespalko<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

In modern warfare, there is widespread use of various information assets (complexes) and network-centric command and control systems (NC3S), which provide information superiority over the enemy by forming a unified command and information space in the area of combat operations. A very pressing issue today is the implementation of complex projects to create domestic NC3S, which involve solving a large number and volume of interrelated activities and tasks that need to be completed within a certain timeframe. During the implementation of such complex projects, it is necessary to consider the impact of certain risks on the execution of these activities and tasks. Special attention should be paid to the pre-project stage of their creation, where the project model of the relevant NC3S is formed, and errors made in developing its outline will have a significant impact on the project implementation in terms of delays in the overall timeline for creation and implementation, reduction in the quality of project stage execution, and the impossibility of project realization as a whole.

These circumstances require consideration of certain risks (scientific-technical, technological, production, economic) in the implementation of complex projects for creating NC3S.

**DIRECTIONS FOR IMPROVING THE AUTOMATED COMMAND AND CONTROL SYSTEM OF THE STATE'S AIR DEFENSE FORCES AND ASSETS**

*Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Aleksandrov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Simonov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Engagement in intense opposition with the air-strike capabilities (ASC) of the Russian Federation during the full-scale armed aggression against Ukraine by various elements of the Ukrainian Defense Forces, including the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the airspace (AS) of Ukraine is of great importance. As of January 30, 2024, the enemy's losses of its ASC assets are as follows: air defense systems – 663 units, tactical aircraft – 332, helicopters – 324, unmanned aerial vehicles – 7084, cruise missiles – 1846. These facts confirm the fierce confrontation in the AS and require the defending country in the modern war against enemy ASC assets to ensure centralized-network management of all forces and means performing tasks in the air defense system (ADS), as well as their integrated and synchronized application for effective counteraction to enemy ASC assets. To address this task, it is necessary to improve the existing automated command and control system of the ADS of the country in the following main directions: modernization of existing automation systems (AS) complexes of the country's ADS; creation of a missile defense subsystem of the country as a subsystem of the existing ADS system of the country; ensuring interaction with prospective foreign systems of NATO countries (anti-aircraft missile systems and fighter aircraft) to be provided to our country, etc.

**INFORMATION DOMINANCE OVER THE ADVERSARY IS THE PRIMARY OBJECTIVE IN CONDUCTING INFORMATION WARFARE**

*Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
E. Shubin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Vozny  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Military conflicts that have taken place in the early 21st century in various parts of the world, including the full-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, have been and are being conducted with signs of information warfare (IW) because in them: there is widespread use of various information means and systems to achieve informational advantage over the enemy; there is mass deployment of various precision weapons, such as various types of cruise missiles and unmanned aerial vehicles; the role of reconnaissance-information and reconnaissance-strike systems has significantly increased; there is a strengthening of the psychological influence on the consciousness of citizens and the military-political leadership of the state. The struggle in the information sphere in conducting IW, including with command and control systems and means, has become no less intense than the struggle in the airspace or on land (at sea).

The main task in conducting IW to achieve victory over the adversary is the necessity of ensuring information dominance over it, which allows preempting its actions by using more complete, accurate, reliable, and timely information about changes in the operational situation in the area of combat operations by the command and control organs and achieving a significant reduction in the time for decision-making by commanders at various levels regarding the use of subordinate forces and assets in a unified command and information space.

### **DIRECTIONS FOR IMPROVING THE INFORMATIONAL-ANALYTICAL SUPPORT OF THE ACTIVITIES OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
Z. Zakirov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Lavrov, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the full-scale armed aggression by the Russian Federation against Ukraine, there is intense confrontation not only with the means of the air strike component of its armed forces in the airspace and troop formations on the battlefield but also with various information complexes and systems in the information space aimed at gaining informational advantage over the adversary. In this regard, the role of information-analytical support (IAS) for the activities of the leadership of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine (AF AFU) and the management bodies of all their components will only increase and become an extremely important factor in gaining air superiority and information dominance over the enemy. Therefore, improving this process is of great current importance.

The main directions for improving the IAS of the AF AFU should be considered as follows: expanding the list of informational-computational (analytical, intellectual) tasks and models, as well as their quality and timeliness of resolution, taking into account the development of the theory of information and "hybrid" warfare; using new methods by the management bodies for assessing the situation and decision-making on the preparation of operations and conduct of combat operations; development of advanced software and hardware complexes with ensuring the intellectualization of their functioning; application of advanced information technologies for processing, analysis, storage, transmission (reception) of information, etc.

### **THE ROLE OF NETWORK-CENTRIC SYSTEMS IN MILITARY OPERATIONS AGAINST ENEMY AEROSPACE THREATS**

*Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Lavrov, Candidate of Technical Sciences; O. Kolomiitsev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the full-scale armed aggression by the Russian Federation against Ukraine, there is a fierce confrontation with the enemy's aerospace attack assets. As of February 24, 2024, units of the Armed Forces of Ukraine have destroyed: air defense systems – 684 units; aircraft – 340 (including 2 A-50 aircraft); helicopters – 325; unmanned aerial vehicles (UAVs) – 7659; missiles of various types – 1905.



These facts testify to the intense confrontation in the airspace between the air defense forces of Ukraine and the aerospace attack assets of the Russian Federation for air superiority. A country defending itself in the conditions of the opponent's massive use of tactical and army aviation, precision strike weapons (various types of missiles), and UAVs must ensure minimal cycles of command and control of air defense forces and assets. Additionally, it should ensure the integrated and synchronized application of all available information, reconnaissance, and firepower assets to conduct comprehensive combat against the enemy's aerospace attack assets in the airspace of our country. This can only be achieved through the implementation of network-centric military systems (NCMS) in the management of the country's air defense forces and assets, which will provide the formation of a unified command and information space and the management of subordinate air defense forces and assets in real-time during the execution of tasks to destroy the enemy's aerospace attack assets. Therefore, it is expected that the role of using NCMS in combating the enemy's aerospace attack assets will only increase.

### **PROPOSALS FOR USING DATA WAREHOUSE FOR OPERATIONAL ANALYSIS AND FORECASTING OF ENEMY AIR ACTIONS**

*V. Samsonov<sup>1</sup>; A. Trystan<sup>2</sup>, Doctor of Military Sciences, Professor*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification*

In the conditions of the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine (the Russian-Ukrainian war), the enemy employs cruise missiles and unmanned aerial vehicles to conduct mass air strikes on critical and civilian infrastructure of Ukraine, as well as on the locations of the forces and assets of the Armed Forces of Ukraine. The use of air attack means extends across the entire depth of Ukraine's territory. To counter air attack means, there is a need for conducting operational analysis of the air situation and forecasting the enemy's actions.

To support decision-making regarding the destruction of enemy air attack means, it is proposed to create a data warehouse to which will be received and accumulated information the air situation, the results of application air attack means, the results of the use of shock weapons, etc. During each application of enemy air attack means, new information will be added to the data warehouse, creating a time information layer. Analysis of the enemy's air attack means during mass combined air attacks suggests that the accumulation of information in time information layers will be quite rapid. Algorithms are proposed for processing time information layers in the data warehouse, which can create separate information selections (data marts) with individual orientations according to defined access patterns. This allows providing necessary information for each users level to generate proposals in decision support systems.

Providing oriented information in data marts can ensure operational analysis of the enemy's air actions and partially forecast its further actions.

## **DEVELOPMENT OF A MOCK-UP OF A RADAR STATION ALIGNMENT DEVICE BASED ON GEOLOCATION FROM DIFFERENT SYSTEMS**

*P. Tsiupka, S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
O. Kolesnik, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The quality and accuracy of information about the air situation circulating in informational (automated) systems directly depend on the tactical and technical characteristics and settings of the sources collecting this information. The most accurate means of obtaining information about aerial objects currently used are radar stations (RS). However, in the conditions of the Russian-Ukrainian war, there is a need for frequent changes in the positions of RS, which constantly requires their alignment.

The specialized software "Virage-Planshet" implements a method of additional automatic alignment of RS based on data received from the ADS-B system. However, today this method cannot be applied over a larger territory of Ukraine due to the ban on civil aviation flights, including over enemy territory.

The implementation of an algorithm for automated calculation of alignment correction based on a defined reference source of information or based on the target track, which is simultaneously tracked by several RS, is only possible if the coordinates of these RS are available. However, the issue of transmitting RS coordinates between different automated workstations via a data transmission network requires additional organizational and technical solutions.

Therefore, a prototype of an authorial RS alignment device was developed based on the analysis of the phase shift of signals received from various satellite information providers. The device is capable of determining azimuth with an accuracy of up to thousandths of a degree.

## **DETERMINATION OF ORIENTATION IN SPACE USING INTEGRATED SENSOR DATA IN FIRE CONTROL TERMINALS**

*E. Shubin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
Yu. Kucherenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Shevchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In Ukraine, there is a need for effective means to counter low-speed aerial targets, such as "Shahed-131/136" kamikaze drones. Mobile fire groups (MFGs) play a crucial role in this defense system, but their effectiveness depends on accurately determining their location and orientation in space.

The most accurate method of determining location is GPS, and for spatial orientation, a dual-antenna GPS compass is used. However, in combat conditions or when encountering interference, GPS may not always be available or provide the required accuracy. In such cases, detailed electronic maps or pre-prepared positions with known coordinates can be used to determine location.

To address the challenge of orienting in space in the absence or inaccuracy of GPS, a method is proposed that combines information from various sensors, namely: magnetometer, accelerometer, and inclinometer. A Kalman filter is applied to sensor data to remove high-frequency noise. This approach allows determining the

direction to the north and the inclination angle of the platform in two planes independently of the availability of GPS signal. This ensures the orientation of MFGs towards the target, considering both azimuth and platform inclination. Considering the platform inclination angle is particularly important for automatic weapons systems with a narrow target acquisition sector.

This method is implemented in the fire control terminal 9C905-3 as part of the control point of the tactical air defense group "Krechet".

### **PRACTICAL RESULTS OF IMPROVING THE SITUATIONAL AWARENESS SYSTEM "VIRAGE-PLANNER" FOR 2022-2023**

*S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*M. Baturynskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; P. Tsiupka*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Informational advantage for timely decision-making is provided by continuous situational awareness, including air situation, of all authorized consumers within the Armed Forces of Ukraine in real-time, enabling them to perform their tasks as assigned.

The achievement of informational advantage is also accomplished through the implementation and utilization of a situational awareness system for the air situation based on special software called "Virage-Tablet". Information about the air situation is collected from various sources, including radar stations and radio-technical means (including those received from partner countries as part of military-technical assistance), acoustic sensors, visual observation posts, and others. The formation of a comprehensive information field about the air situation is carried out through the integration of information from alternative systems, such as acoustic monitoring "eRocket" and "Sound", data collection from visual observation posts "PVS-120" and civilian population "ePPO", etc. Information about the air situation is timely delivered to users of other information (automated) systems like "Kropyva", "ICoMWare", "Delta", etc. Additionally, timely notification of the civilian population about areas of increased danger is provided using authenticated applications supported by the Ministry of Digital Transformation of Ukraine and the State Emergency Service of Ukraine.

### **CONDUCTING TACTICAL SYMBOLS FOR THE BENEFIT OF THE NAVY USING THE SPECIALIZED SOFTWARE "VIRAGE"**

*M. Baturynskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*L. Polshyna; S. Burkovskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Shevchenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine, measures are being taken to transition the grouping of diverse forces (with a ship component) to the application of the specialized software (SS) "Virage" family, which requires its improvement by adding new tactical symbols, namely the grouping of diverse forces, tactical groups of ships, a ship with a marker (line, dot) to denote its position in space, as well as the ability to determine the necessary armament of the ship without displaying it on the map.

To ensure the standardization of SS "Virage" family modules in terms of situation display (surface, underwater objects, and naval bases), files of vector images of tactical symbols and their classifier have been developed. Since in SS "Virage-RD" tactical symbols of two opposing sides can be used, files of vector images of two types, "own" and "enemy" have been developed for each type of symbol.

A description of amplifiers of tactical symbols of surface objects, the procedure for their automatic formation, and placement around the conditional symbol on the map in SS "Virage" family have been proposed. Only amplifiers with content (non-empty) will be displayed on the working map. To display tactical symbols of surface objects along with amplifiers and graphical elements "direction of movement line", corresponding software code has been developed.

### **PROPOSALS FOR THE USE OF INTERACTIVE TABLES IN SITUATIONAL AWARENESS SYSTEMS FOR AIR ENVIRONMENT TO CONTROL MOBILE FIRE GROUPS**

*P. Tsiupka, S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
M. Baturynskiyi, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Displaying information in situational awareness systems is of great importance, especially for managing anti-aircraft defense forces and assets (including mobile fire groups) during the repulsion of enemy air attacks. For collective information display, it is proposed to use interactive tables (boards), which are specialized devices with built-in displays, touch screens, and installed special software "Virage-AD". This will provide the following advantages:

Real-time data integration. The display can show information about air targets in real-time, allowing for immediate response to changes in the air situation.

Troop placement map. Simultaneous display of all troops on the map helps coordinate their actions and use them more effectively, ensuring the correct positioning of forces to counter air threats.

Tactical planning. The touch screen allows for adaptation to changes in the tactical situation by quickly changing the positioning of units and defining tasks.

Data analysis. The embedded software can display historical data of enemy target flights, speeding up prediction and proper troop placement.

Communication and coordination. The table can serve as a center for discussing plans and coordinating the actions of different units, ensuring synchronization of actions and effective interaction.

### **CRYPTOGRAPHIC INFORMATION PROTECTION METHOD FOR MODERN AND PROSPECTIVE SPECIAL-PURPOSE AUTOMATED AND INFORMATION SYSTEMS**

*O. Perepelytsia<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; P. Aleksandrova<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics*

With the onset of armed aggression by the Russian Federation (RF), the command posts of all units of the Radio Technical Troops (RTT) of the Air Forces (AF) of the Armed Forces of Ukraine are equipped with modern automated

and information systems for digital processing of radar information (RI). All available radar reconnaissance assets are connected to them, which in turn has allowed for the full-scale implementation of automated radar information processing within the framework of a unified information space of automated control systems (ACS) of special purpose.

The protection of information about the air situation circulating in the specified RI processing systems is ensured by the implementation of complexes of relevant organizational and technical solutions. To implement additional procedures for protecting confidential information circulating in systems of this class, a method of cryptographic protection is proposed.

For the protection of the corresponding data transmitted from information sources to the specified RI processing systems, the proposed method justifies the use of the symmetric encryption algorithm AES (Advanced Encryption Standard) with a key length of 256 bits, with the possibility of encryption for individual directions using different keys. Also, a scheme of centralized provision of keys and their rotation for registered network subscribers is proposed. Thus, the proposed mechanism allows for encrypted communication for the network under conditions of possible external influence on the availability of network elements and their compromise.

The use of the proposed method allows to enhance the protection of information during transmission, including through open communication channels. The proposed method can be included in the composition of special mathematical and software of modern complexes of automation means of ACS of special purpose to protect information in the data exchange circuit with sources of radar information.

#### **ADVANTAGES OF USING THE LINK 16 DATA LINK SYSTEM PROTOCOL IN MODERN ACS**

*O. Chertok<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*D. Svystunov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*V. Mudryk<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>National Academy of the National Guard of Ukraine*

Due to the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, one of the priority tasks assigned to the Armed Forces (AF) of Ukraine by the President of Ukraine is the digitization of activities and the implementation of modern information systems in the defense sector. The effective combat application of modern weapons provided by partner countries is possible through their integration into the overall air defense system of the state. The integration of these means is carried out through the implementation of NATO standards into the complexes of automation tools (CAT) of the automated air traffic management system (AATMS) and the Air Force Air Defense (AD) of the Armed Forces of Ukraine, including those ensuring the functioning of the Link 16 data transmission system (DTS).

The advantages of using the Link 16 DTS in the CAT AATMS and AD include:

- wide coverage: creating a communication network covering a significant territory, allowing for information exchange between military platforms over long distances;
- flexible identification and authentication system: allowing control of network access and ensuring data security;

– resilience to interference: automatic detection and correction of errors in the packet ensure the reliability and integrity of data transmission;

– geoposition determination: high accuracy in determining location allows for effective navigation and management of objects.

The use of the Link 16 protocol in conjunction with the AATMS and AD of the Armed Forces of Ukraine with anti-aircraft missile systems and fighter aircraft allows for improved management quality and operational decision-making in the combat application of weapons.

### **THE RELEVANCE OF IMPLEMENTING THE TACTICAL INFORMATION DISSEMINATION SUBSYSTEM IN THE AIR FORCE AND AIR DEFENSE COMMAND AND CONTROL SYSTEMS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*V. Kapranov, Candidate of Technical Sciences;*

*E. Vorobyov, Candidate of Technical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, the majority of the existing aircraft fleet of the Air Force is equipped with outdated communication systems that do not provide secure interference-resistant communication and lack a channel for transmitting tactical information. This reduces flight safety (friendly fire, enemy fire), prevents stable covert real-time aircraft management, and reduces the effectiveness of aviation, especially in repelling air attacks and striking enemy targets.

To organize the transmission of tactical information to the existing aircraft fleet at the disposal of the Air Force, there is a modern Command Radio Line Control (CRL) "Topaz", which is a component of the Automated Control Systems (ACS) 9C162 complexes.

When organizing the management of Western-made aircraft, which are managed using the Link16 data transmission system, there arises the issue of obtaining equipment (ground and on-board) from Western partners for the Link16 data transmission system. In the near future, it is necessary to address a complex of measures to adapt the ACS 9C162 to manage Western-made aircraft.

The adaptation of the ACS 9C162 to manage Western-made aircraft will significantly enhance the capabilities of the Air Force and Air Defense Command and Control Systems of the Armed Forces of Ukraine in organizing combat aircraft management and provide:

– compatibility of the national Air Force and Air Defense Command and Control Systems of the Armed Forces of Ukraine with Western-made aircraft for combat management;

– independence of the national Air Force and Air Defense Command and Control Systems of the Armed Forces of Ukraine in servicing, configuring, applying complexes, and training personnel for organizing combat aircraft management of Western-made aircraft;

– implementation of NATO standards and technologies in the Air Force and Air Defense Command and Control Systems of the Armed Forces of Ukraine regarding aircraft combat management.

## **ОЦІНКА СТАНУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*І.О. Жуков; М.І. Світенко, к.т.н.; А.О. Семіроз; О.В. Шабанова, к.е.н.  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Одним із видів забезпечення випробувань нових та модернізованих виробів озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) є метрологічне забезпечення, яке спрямоване на забезпечення і досягнення єдності вимірювань та достовірності опрацювання параметрів зразків ОВТ.

Вимоги щодо метрологічного забезпечення випробувань на сучасному етапі істотно підвищилися у зв'язку із значним зростанням показників точності сучасних озброєння, військової та спеціальної техніки; постійним збільшенням обсягу й складності вимірювань; підвищенням вимог до оперативності та своєчасності вимірювань, швидкодії засобів вимірювань і контролю; необхідності застосування складних засобів виміральної техніки з високими метрологічними характеристиками.

В таких умовах виникає завдання встановлення досягнутого рівня метрологічного забезпечення різних видів випробувань з метою прийняття рішень щодо керування заходами з підтримки процесу випробувань. Визначення загального рівня здійснюється через оцінювання сукупності параметрів, які характеризують окремі властивості метрологічного забезпечення. Оцінювання стану метрологічного забезпечення випробувань вимагає відповідного розвитку методичного апарату, встановлення єдиних методів та критеріїв оцінювання.

В доповіді наведено основні підходи до визначення окремих характеристик якості метрологічного забезпечення та запропоновано критерії встановлення загальної оцінки, які залежать від мети, завдань, обсягів конкретних випробувань та мають визначатися при розробці програми та методик випробувань.

## **ПІДГОТОВКА САПЕРІВ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ МІН ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ**

*Р.Л. Колос, к.і.н., доц.*

*Національна академія сухопутних військ ім. П. Сагайдачного*

При виконанні завдань інженерної підтримки забезпечення мобільності своїх військ (сил) з метою підтримання швидкості руху підрозділів у зоні проведення бойових дій необхідно проводити знищення виявлених мін. Традиційні способи вимагають зупинки підрозділу для застосування групи розгородження, що може бути причиною їх ураження. Тому застосовують безпілотні літальні апарати (БПЛА), що обладнані системи скидання для транспортування та точного скидання на міни легких зарядів розмінування.

Підготовка саперів для знищення мін за допомогою дронів включає загальний курс оператора БПЛА та спеціальне навчання під час опанування військово-спеціальних дисциплін. Загальний курс містить вивчення аеродинаміки, повітряної навігації та відпрацювання спеціальних польотів на низьких висотах в умовах відсутності прямої видимості тощо. На заняттях за саперним фахом при виконанні завдань з подолання загороджень одним з

напрямків виконання робіт є пошук та знищення малорозмірних об'єктів типу протитанкових мін з залученням БПЛА. Застосовують процедуру пошуку, яка включає прольоти на низькій висоті до 10 м та високій відстані понад 150 м, рух по горизонтальному колу або вертикально розташованому еліпсу, вісімкою. Тренування скидання включає метання вагового імітатора 30 мм пострілу до гранатомета з прилаштованим пластиковим стабілізатором способом одиночного та подвійного кидання, закидання у шурф під кутом 45 градусів.

Отже, підготовка саперів для знищення мін за допомогою дронів дає можливість підготувати фахівців, які зможуть більш якісно проводити розвідку та розмінування місцевості від мін.

### **ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Д.Р. Ікаєв, д.філос.; М.І. Четет; А.В. Челбіна-Ікаєва; В.М. Коршиок  
Національний університет оборони України*

Враховуючи останні військові конфлікти в світі, питання застосування безпілотних авіаційних комплексів набувають особливої актуальності. Результати аналізу широкого спектру завдань (розвідувальних, розвідувально-ударних, ударних), що вирішуються із застосуванням безпілотної авіації, викликали необхідність у ефективному (раціональному) розподілі їх по районам та об'єктам розвідки, що призведе до використання пошукових та ударних ресурсів за визначеними завданнями і районами (об'єктами) у відповідності з обстановкою, що склалася та з урахуванням її можливих змін (щодо чутливості цілей до часу).

Оскільки задачі розподілу пошукових та ударних засобів різноманітні за ресурсами (однотипні чи не однотипні), за розподілом ресурсів (разовим або багатоступінним), тоді після визначення математичної задачі, необхідно обрати і можливий метод її розв'язання.

Теоретично можливе визначення ефективності будь-якого варіанту розподілу БпЛА за районами (об'єктами) розвідки і відповідно, можливості вибору одного з декількох варіантів з порівняно більш високим показником ефективності. Однак при цьому кількість можливих варіантів рішення виявляються настільки великою, що ніхто не спроможний визначити наскільки відрізняється обраний “найкращий” варіант застосування від раціонального, оскільки кінцевий – невідомий.

Пропонується розв'язання аналогічних задач за допомогою “методу двох функцій”, який дозволяє врахувати “втрати” ефективності дій БпЛА в окремих районах розвідки, а сумарні втрати, що виникають, складаються з “втрат” в окремих районах.

Розглядається також використання методу “максимального елемента”, який передбачає призначення найбільш ефективного БпЛА для виконання розвідувальних, розвідувально-ударних, ударних завдань до найбільш пріоритетного району, але за таких умов, не може бути визнано доцільним, оскільки при цьому не враховується “унікальність” кожного конкретного БпЛА.



## **ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЛІДЕРСЬКИХ ЯКОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

*А.П. П'янтківський*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Проблема лідерства у Збройних Силах України завжди мала високу актуальність. Нині науковці, які займалися її вивченням, вказують, що за своїм статусом офіцер є формальним лідером свого підрозділу, але цього найчастіше виявляється недостатньо для ефективного керівництва підлеглими у складній обстановці, яка висуває додаткові вимоги до професійних особистісних якостей офіцера.

Узагальнивши різні підходи до визначення поняття “лідер”, пропонується розуміти його як члена групи, що виконує основну роль в організації спільної діяльності та регулюванні взаємостосунків, за яким група визнає право приймати рішення в значущих ситуаціях, яким добровільно підкоряються всі члени групи. Схожі функції і права є і в керівника організації.

Пропонуються основні відмінності між керівництвом і лідерством, які можна поділити на три групи:

1. Функціональні. Організаційне керівництво є закономірним атрибутом функціонування офіційної структури. Лідерство характеризує переважно психологічні взаємини у групі, що виникають по вертикалі

2. Умови виникнення і припинення. Керівник зазвичай або призначається офіційно, або обирається. Лідерство виникає природним чином в процесі взаємодії людей.

3. Джерела влади. Керівник наділяється відповідними офіційними правами, лідер не має формалізованих офіційних прав, його влада заснована на особистому авторитеті.

Повинна приділяється підвищена увага лідерським якостям майбутніх офіцерів, розглядаються специфічні особливості та вимоги військової діяльності, які зумовлюють необхідність наявності у офіцерів лідерських якостей.

## **ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ**

*М.П. Столяренко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Вибір показників якості функціонування автоматизованої системи управління ракетних військ і артилерії (далі АСУ РВіА) є ключовим етапом в процесі розроблення та експлуатації військової техніки. Вони повинні відображати ефективність та надійність системи в умовах бойових дій.

Основними показниками можуть бути: час реакції системи; точність наведення артилерії; надійність передачі даних; витривалість до відмов та захист від кібератак.

Час реакції системи характеризується швидкістю відгуку системи на зміни в бойовій обстановці і включає час, необхідний для отримання, оброблення та аналізу інформації.

Точність наведення визначає, наскільки точно система здатна визначити координати цілей та направляти вогонь з урахуванням різних факторів, таких як відстань, швидкість вітру, метеоумови тощо.

Надійність передачі даних – це здатність системи адаптуватися до змін у мережі зв'язку. Характеризується цілісністю даних, швидкістю передачі даних, наявністю резервного керування та автономністю.

Витривалість до відмов – це здатність системи функціонувати в умовах високого навантаження та непередбачених ситуацій за рахунок резервних компонентів, автоматичного перезавантаження та відновлення роботи модулів тощо.

Захист від кібератак характеризується ступенем закриття каналів зв'язку та передачі даних, імітостійкістю та розвідзахисністю. Включає в себе застосування шифрування, аутентифікації та інших кіберзахисних заходів.

Ці показники взаємопов'язані та визначають загальний рівень функціональності та надійності АСУ РВіА.

Такий підхід до визначення показників якості функціонування АСУ сприяє підвищенню ефективності та готовності військових підрозділів до ведення бойових дій.

### СЕКЦІЯ 3

#### **ПІДГОТОВКА, БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТИН (ПІДРОЗДІЛІВ) АВІАЦІЇ, БОЙОВЕ МАНЕВРУВАННЯ ТА ЛЬОТНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Керівники секції: бригадний генерал Голубцов С.М.;  
д.т.н. проф. пр. ЗС України Калкаманов С.А.  
Секретар секції: к.т.н. пр. ЗС України Ушань В.М.

#### **FEATURES OF SIMULATOR TRAINING OF FUTURE TACTICAL AVIATION PILOTS FOR COMBAT FLIGHTS**

*S. Holubtsov<sup>1</sup>; R. Nevzorov<sup>2</sup>, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Simulator training determines the operational component of future tactical aviation pilots' readiness for combat flights.

Ensuring the quality of training is determined not only by training, i.e. the formation of knowledge, skills and abilities, but also by psychological training, development of professionally important psychological skills.

Thus, simulator training for combat flights should ensure the solution of the following didactic tasks: formation of spatial representations of tactical techniques and combat maneuvers, mental skills to determine and occupy tactically advantageous positions in airspace relative to the enemy (ground and air targets) at different stages of combat flight; visualization of ideas about possible variants of ground and air tactical situation; acquisition of skills to apply methods of searching and detecting typical air and ground targets.

#### **ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF CONCLUSION FROM PULL-UP TO DIRECTION OF HALF-BARREL EXECUTION**

*S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Kozak; R. Kirilyuk; D. Bilan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Research on ensuring the withdrawal of subsonic aircraft from subcritical flight modes as a result of the loss of controllability in the longitudinal channel (pulling into a dive) in the event of unintentionally exceeding the maximum speed limit has not lost its relevance for training flights, especially when the system of automatic release of brake flaps fails approaching the critical Mach number.

The report presents the results of research into the possibility of pulling out of a pull-up into a dive by performing a half-barrel. When performing a half-barrel, the diving moment that arose as a result of the redistribution of the pressure pattern on the upper surface of the wing and the backward movement of the aerodynamic focus will be significantly reduced due to the kinematic connection of the aerodynamic angles. At a roll angle close to 90<sup>0</sup>, due to the reduction of the angle of attack, the aerodynamic focus will shift closer to the front edge, which will lead to the disappearance of the factors that caused drag in the dive. After restoring

controllability in the longitudinal channel, it is necessary to bring the aircraft to positive pitch angles to reduce speed.

The considered method can be effective for getting out of dangerous flight modes associated with the loss of controllability in the longitudinal channel (pulling into a dive) when performing maneuvers associated with a set of high speeds.

### **RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF ACCELERATED TRAINING AIRCRAFT**

*S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Kozak; A. Gava; O. Rodionov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report presents the results of research into the possibilities of reducing the run-up length of an educational and training aircraft with a jet propulsion system by simulation modeling on a flight simulator. The length of the run-up primarily depends on the take-off speed, the value of which is determined by the bearing properties of the aircraft. During take-off and landing, the load-bearing properties of the aircraft are increased due to the release of the take-off and landing mechanization of the wing. The release of wing mechanization, in addition to increasing the load-bearing properties, also leads to a significant increase in frontal drag, which negatively affects the run-up length. To reduce this negative impact of wing mechanization, a study was conducted on the effect of delaying the release of wing mechanization on increasing acceleration during run-up, which in turn will lead to a decrease in run-up length. The issue of the occurrence of a short-term significant increase in lift when the flaps are released and the occurrence of an impulse of the positive vertical component of the aerodynamic force, changes in the aerodynamic focus and center of pressure on the wing, and the resulting unbalanced longitudinal moment were also investigated.

Research results show that delaying the release of the flaps in the take-off position to a speed 40 km/h less than the take-off speed will allow to reduce the run-up length by approximately 25%. When releasing the flaps to the maximum angle, the run-up length can be reduced to 40%, while the release speed is reduced by 60 km/h.

### **ADAPTIVE TWO-PHASE UAV SWARM CONTROL DURING COMBAT AND SPECIAL MISSIONS USING PROGRAMMABLE PERCOLATION APPROACHES**

*V. Tarshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
O. Kompaniets, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial vehicle (UAV) swarm control is a complex task that requires taking into account many factors, such as movement dynamics, swarm topology, information exchange between UAVs, interaction with the environment, situation changing on the battlefield, obstacles and enemy counteraction, limited resources, uncertainty and incomplete data. The situation on the battlefield, specifics of combat and special missions necessitate the selection of UAV swarm control modes, main of which are centralized or decentralized modes.

UAV swarm control is considered at the planning and execution phases of combat or special missions. During the planning phase, centralized control is used at the operational and tactical levels, which determine the mission objective and allow to form a base network with an unspecified concentration of UAVs in the swarm. During the execution phase, decentralized control can be applied at the intellectual and executive levels, which allows to quickly regroup the UAV swarm and, if necessary, change the mission scenario in case of uncertainty or interference, loss of communication, or single UAV failure.

Adaptive two-phase UAV swarm control on the battlefield is carried out using programmable percolation models. The control approach based on programmable percolation differs from the conventional one in that it allows controlling the state of the UAV swarm with the help of an external information and control field. The adaptability of UAV swarm control during combat and special missions lies in the ability to select and apply the necessary control modes, namely centralized, decentralized, or complex, corresponding to the percolation, non-percolation, and transient (critical) state of the swarm, depending on situation on the battlefield. The states that depend on size and topology of the UAV swarm, as well as on the distribution of connection activity probabilities between them on the battlefield, are modeled.

## **THE ROLE OF AVIATION BRANCHES IN ASYMMETRIC CONFLICTS**

*S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; P. Hrytsenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the problems in modern military conflicts is the organization of aviation confrontation with numerically and qualitatively superior air enemy forces. Starting with NATO's operation in Yugoslavia in 1999, the role of fighter aviation (FA) in asymmetric conflicts has gradually decreased. Thus, the losses of Yugoslav FA occurred in air battles, in which Yugoslav pilots were not even aware that they were attacked by enemy aviation using long-range (at that time) AIM-120C missiles. During the Russian-Ukrainian war (RUW), the FA of the Air Forces (AF) of the Armed Forces (AF) of Ukraine, which are armed with Soviet-made Su-27 and MiG-29 aircraft, is not fully capable of performing combat tasks near the line of combat engagement due to the presence of the enemy's aircraft with more advanced radar stations and R-37 class "air-to-air" long-range missiles, as well as S-400 anti-aircraft missile systems capable of attacking air targets at a distance of up to 370 km. Conducting air battles of FA over enemy territory is hindered by the high saturation of its troop grouping's operational formation with air defense fire means, which provide echeloned all-altitude defense. Along with this, the strike aviation of the AF performs a significant range of tasks during the RUW.

This became possible thanks to equipping it with long-range strike means supplied by partner countries. Considering that the combat potential of the aerospace forces of the RF Armed Forces significantly exceeds the potential of the AF of the Ukrainian Armed Forces, it is not possible to talk about gaining air supremacy, under which the enemy's air forces will not be able to effectively interfere with our actions. However, the task of gaining air superiority, as a degree of dominance in the airspace that will allow the Ukrainian Armed Forces to conduct operations and act at a certain time and in a certain place without significant interference from the opposite side, is entirely achievable. One of the main roles in accomplishing this task will be assigned to strike aviation. The aim of the study is to substantiate the qualitative and quantitative composition of the prospective park of strike aviation of the AF of the Ukrainian Armed Forces.

**INFORMATION SUPPORT FOR THE DUTY OFFICER OF THE  
COMMAND POST OF THE TACTICAL AVIATION BRIGADE IN CASE  
OF SPECIAL CASES IN FLIGHT AND SEARCH AND RESCUE  
OPERATIONS**

*V. Lystopad<sup>1</sup>; M. Kolmykov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of Russia's full-scale military aggression against Ukraine, the result of countering the offensive operations of the Russian Federation's armed forces after two years of war was the widespread use of strike drones and cruise missiles by the Ukrainian Defense Forces.

In such circumstances, an important issue is to study the process of making a military decision to lay out the routes of strike drones and cruise missiles according to NATO standards in order to use this experience in planning fire support.

Effective planning of unmanned aerial vehicle and cruise missile routes in accordance with NATO standards is based on the concept of mission command. Mission command focuses on the objective of the operation, not on every detail that ensures the achievement of the overall goal. The work of subordinate commanders at all echelons, who take reasonable initiative within the commander's plan, leads to successful results. The headquarters initiates the work of subordinate commanders and staffs and supports them when it issues combat orders. Higher-level commanders give their subordinates maximum freedom to plan the routes of unmanned aerial vehicles and cruise missiles and actions during the execution of missions, leaving them to decide "how" to accomplish the task.

**PROPOSALS FOR CHANGES TO DOCTRINAL DOCUMENTS,  
WHICH RELATE TO AVIATION OF THE AIR FORCE**

*A. Yerilkin<sup>2</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*A. Kudryavtsev<sup>2</sup>; L. Kucheruk<sup>1</sup>; S. Kryvchach<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the analysis of the "Vision of the Development of the Armed Forces of Ukraine for the Next 10 Years and Beyond" and the "Vision of the Air Force 2035", which are the main doctrinal documents related to the aviation of the Air Force, it is concluded that they, in general, correspond to the content of the Strategic Defense Bulletin of Ukraine, approved by the Decree of the President of Ukraine dated September 17, 2021 No. 473/2021. Since these documents were developed before the war with the Russian Federation, in order to take into account the experience of hostilities, it is proposed to make the following changes to them.

The "Vision of the Development of the Armed Forces of Ukraine", regarding the tasks of the Air Force, should be supplemented with the words "as well as the fulfillment of aerial reconnaissance tasks and air strikes on the enemy's military facilities in its operational-tactical and operational depth".

In the "Vision for the Development of the Armed Forces of Ukraine" regarding the number of aircraft, it should be indicated that it should be determined only if it is

necessary to ensure the most reliable protection of the airspace of Ukraine, cover of especially important objects and troops.

The "Vision of the Air Force 2035" should be supplemented with the item "Unmanned Aviation", which, taking into account the rapidly growing importance of UAS in the conduct of hostilities, indicates the place in the country's defense system and the ways of development of UAS at the operational-tactical (operational) level (STANAG 4670 – UAS Class III).

It is also expedient to determine the forms and methods of joint combat use of manned and unmanned aircraft of the Air Force.

### **SOLVING THE ISSUES OF FUNCTIONING OF INFOCOMMUNICATION SYSTEMS**

*V. Ushan, Candidate of Technical Sciences;*

*D. Sinenko, Candidate of Pedagogic Sciences; Associate Professor; A. Pedko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Improving the quality of video information services with the help of information and communication systems is an important factor in ensuring the informatization of society. On the one hand, the demand for video information products is growing. On the other hand, the electronic communication system needs to develop steadily. At the same time, in times of crisis and martial law, events occur that, among other things, have consequences for the loss of efficiency of the energy and information and communication infrastructure. As a result, there is an imbalance between the growing information load on infocommunications and their capacity. This imbalance can last for a considerable time. Accordingly, it has a destructive impact on the functioning of critical infrastructure systems and a range of key life-support areas.

In the course of operation of information and communication systems, the issues of information overload of the network are solved by applying an integrated approach. One of the key factors here is the use of technologies for managing and coordinating the intensity of information traffic. The analysis of recent studies has shown that the most effective results are achieved for coding methods that take into account the patterns of video segments in the spectral space. At the same time, they have disadvantages. They relate to the dependence of their effectiveness on the level of information loss. This is a consequence of eliminating the amount of psycho-visual redundancy that exceeds the permissible amount. In turn, the establishment of the permissible amount of psychovisual redundancy for video segments depends on a number of parameters and is a complex and insufficiently controlled process.

### **DEVELOPMENT OF UNMANNED AIRCRAFT IN THE SYSTEM OF TASKS OF THE DEFENSE FORCES OF UKRAINE**

*V. Afanasiev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Tkachuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Puzhai-Chereda; O. Korobetskyi*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of modern infocommunication technologies, software and hardware solutions has led to the implementation of technological progress in the field of robotic systems, including unmanned aircraft systems (UAS).

Since the beginning of the full-scale invasion, the Russian Federation has been comprehensively using the existing arsenal of air attack weapons: air, land and sea-

based cruise missiles, "Shahed" unmanned aerial vehicles (UAVs) to the entire depth of the territory of Ukraine. In the conditions of intense hostilities for two years, one of the main tasks of the Defense Forces of Ukraine is round-the-clock duty in the air defense system. The issues of the development of means of combating and destroying air targets, especially UAVs of the "Shahed" type, remain relevant.

The UAV counter-UAV system includes a set of forces and means that operate in their areas of responsibility based on information from situational awareness systems. The enemy is constantly improving the technical component of UAVs and the tactics of their use, which necessitates the improvement of organizational and technical measures on the use of components of the Defense Forces of Ukraine. The introduction of innovative solutions in UAS on combating air targets is studied. An important advantage of this approach is the reduction of risk for aviation pilots of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine who perform combat missions in the air defense system. An integrated approach to the development of UAS, aviation weapons ensures the development of aviation capabilities to perform tasks in the system of the Defense Forces of Ukraine.

**VIEWS ON THE PRINCIPLES OF ORGANIZATION  
AND IMPLEMENTATION INTERACTION BETWEEN UNITS  
AND SUBUNITS OPERATIONAL GROUPING OF TROOPS  
IN THE JOINT USE OF MANNED AND UNMANNED  
AIRCRAFT IN OPERATIONS (COMBAT ACTIONS)**

*V. Petrov, Candidate of Military Sciences; V. Perelot;  
A. Kudriavtsev; O. Marchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main factors that affect the process of organizing and implementing interaction include: the need to interact with fundamentally new elements of the operational structure of troops, which differ significantly in the tasks to be solved by the depth of impact and scope of application; the emergence of new weapons and weapons systems, methods of their use, and the integrated use of intelligence, electronic warfare, destruction and command and control of troops (weapons); massive use of unmanned aerial systems by both sides over the battlefield and in the tactical defense zone of troops; emergence of new areas of application – outer space and cyberspace.

It is shown that fire and information interaction are of particular importance in the conduct of operations (combat actions). The main purpose of fire interaction is to rationally distribute fire effects on enemy targets by heterogeneous forces and means of an operational grouping of troops (OGT) and to exclude their mutual destruction. Information interaction is intended to increase the degree of realization of the combat capabilities of the created CIU.

The author proposes a variant of functioning of the system of bodies and control points of the EWM with the use of manned and unmanned aircraft in the organization and implementation of interaction. The expediency of creating a unified automated control system and a single information space that can increase the efficiency of operations (combat operations) is substantiated.



## **VIEWS ON IMPROVING THE INTERACTION OF AVIATION FORMATIONS, UNITS AND SUBUNITS**

*V. Petrov, Candidate of Military Sciences;*

*S. Smyk, Candidate of Technical Sciences;*

*A. Kudriavtsev; O. Marchenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of aviation equipment and tactics of its use requires justification of the need to develop and mutually agree on guiding documents (in particular, the Combat Statutes) for all types of aviation and classes of unmanned aircraft systems. This is due to the requirements for organizing and implementing the interaction of manned and unmanned aviation (UAV) units, units and subunits with each other and with units, units and subunits of other branches of the Armed Forces of Ukraine. Interaction should be organized by the senior commander (chief) or the person performing the main task. In the course of coordinating interaction issues, the commander of a formation, unit (subunit) of aviation must specify: the task assigned to the interacting formation (unit), the forces allocated for its execution; time, place (objects) and procedure for joint actions; routes and flight altitudes; time and procedure for suppressing air defense systems and their control points; the procedure for communication, transfer of control and exchange of mutual information, as well as the mutual use of airfields, material and airfield support facilities at these airfields. When manned and UAVs are used together, it is necessary to: determine the parameters of the joint combat order; distribute functions at different stages of the combat mission with their coordination in place and time; ensure overcoming the enemy air defense system; create a complex (false) air situation; ensure guidance of guided aircraft.

The author substantiates the directions for amending the doctrinal documents in view of the accumulated experience of combat operations in repulsing russia's full-scale military aggression.

## **METHODOLOGICAL APPROACH TO THE FORMATION OF A RATIONAL COMPOSITION OF UNITS EQUIPPED WITH UNMANNED SYSTEMS**

*S. Smyk, Candidate of Technical Sciences;*

*V. Nerubatskyi, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*A. Kudriavtsev; O. Marchenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to increase the capabilities of the Armed Forces of Ukraine to use unmanned and robotic air, sea and ground systems, and to ensure readiness to use such systems, Presidential Decree No. 21/2024 of February 6 determined measures to work on the issue of creating the Unmanned Systems Forces as a separate type of force within the structure of the Armed Forces of Ukraine.

One of the many tasks that need to be solved when creating a particular kind of force is to determine the rational composition of units equipped with unmanned systems. It is necessary to choose the most acceptable (rational) variant of the unit's composition from a set of possible alternatives. The methodological basis for solving such problems is system analysis. At the first stage, the formation of alternative variants of the composition is carried out by generating variants.

Subsequently, an expert evaluation is conducted using the preference method, which is based on ranking alternative options for the composition of units equipped with unmanned systems by the expected effectiveness of their use in accordance with the determined weight of the alternatives. Leading experts in the field of development and application of unmanned systems are involved in the examination. The consistency of experts' opinions is checked by calculating the concordance coefficient, which allows to find out whether there are any sharp differences in the experts' judgments. This methodological approach is universal and can be used to solve a wide range of tasks related to choice (decision-making).

### **USE OF RELATIVE NAVIGATION SYSTEMS TO ENSURE COOPERATIVE ACTIONS OF MANNED AND UNMANNED AIRCRAFT**

*V. Afanasiev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Sapelnikov; R. Smik; M. Kotlyar  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The concept of using unmanned aerial vehicles (UAVs) in joint operations with manned aircrafts is known as Loyal Wingman, which involves the use of UAVs to perform the most dangerous missions in order to reduce the risk to the manned aircraft.

Under these conditions, the crew (operator) must be provided with information not only about their own location in space, but also about the relative position of the aircraft in the group.

One of the ways to solve this problem is the further improvement of the relative navigation system, which is a set of on-board radio-electronic means and aircraft equipment elements that provide measurement of the relative position of the aircraft, standard flight parameters, processing, display and indication of data and commands.

In accordance with this, to solve tasks in the case of joint actions of UAVs with manned aircraft, an integrated navigation system can be applied, which ensures the integration of data from systems for determining the location of aircraft of different principles of action and purpose (inertial, barometric, Doppler measurements of coordinates and movement parameters, optical systems) and satellite radio navigation systems.

The conducted analysis of the accuracy of determining the navigation parameters allows us to draw a conclusion about the expediency of using the specified system. The specified system allows to ensure acceptable accuracy, regardless of the distance between aircraft, determination of navigation parameters in the horizontal and vertical plane and calculation of elements to maintain a given position in a group between manned aircraft and UAVs.

### **UKRAINIAN AIR FORCE PILOT FLIGHT SIMULATOR TRAINING: TRENDS OF IMPROVEMENT**

*M. Kasatkin, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern warfare airpower, coupled with information power, has arguably become the dominant force element. Pilot preparation for flight is always complicated, as it confronts the complexities and friction of war and attempt to predict an unknown future.

Flight simulator training is a major part of training for pilots and flight crews. Modern training devices ensure that pilots can undergo practical and efficient training – the necessary foundation for flight operations to be successful and safe in completing combat mission.

With the appearance of new types of foreign weapons and tactics of use, it is possible to train safely only on a flight simulator. Full-motion flight simulators should be equipped with a motion system that turns every flight maneuver into authentic movement. High-tech visual and sound systems must create an experience that replicates reality down to the tiniest detail under various weather conditions, at different places according to reconnaissance data. The training process must always support by instructors and aviation specialists. Experienced instructors in simulator operations should provide flight training solutions.

According to the combat task, simulators can be used to present pilots with such unusual and unexpected scenarios in a repeatable and controllable manner without presenting risk to the crew, the aircraft, other combat units or to the environment.

In present days flight simulator, as a cost-effective way to build skills and confidence and even define reflexes, allows pilots and instructors to training everything in a secure, simulated environment.

## **A METHOD OF FORMING THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF INTELLIGENT MONITORING SYSTEMS**

*I. Kliushnikov<sup>1,2</sup>, Candidate of Technical Science, Senior Researcher;  
R. Viedienieva<sup>2</sup>; O. Miroshnichenko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*National Aerospace University H.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute";*

<sup>2</sup>*Ivan Kozhedub National Air Force University*

The integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) into various fields allows us to create flexible services to perform various tasks in autonomously. The use of UAVs as part of critical infrastructure object (CIO) monitoring systems allows solving various tasks to ensure their safety. The use of intelligent systems does not always meet the necessary requirements for monitoring systems. Therefore, it is necessary to develop an approach to improve the synthesis of intelligent CIO monitoring systems.

The task involves developing a method for determining the structure and composition of multi-agent monitoring systems based on UAVs (MA-UAV-MS) to address various tasks, taking into account the requirements and conditions of the environment. To achieve this, a conceptual model of a holonic MA-UAV-MS and a knowledge base in the form of an ontology are being developed to derive the necessary knowledge during the synthesis of the MA-MS structure and composition.

The structure of the MA-UAV-MS for CIO monitoring, including conducting monitoring as part of the CIO physical protection system, is synthesized based on the developed conceptual model of holonic MA-UAV-MS, method for synthesis the structure and composition of the CIO MA-UAV-MS, variant of the ontological knowledge base, and model of operation of the CIO MA-UAV-MS with periodic coverage of the restricted access zone.

Further improvement of the developed method is planned through the implementation of a complex of models to determine the required number of UAVs in the MA-UAV-CIO-MS to achieve the specified performance reliability indicators in task execution.

## **FORMING OF OPTIMAL FLIGHT ROUTES FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES DURING MONITORING MISSIONS**

*I. Kliushnikov<sup>1,2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; A. Serediuk<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>National Aerospace University N.E Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute";  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub National Air Force University*

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) is rapidly expanding across various sectors, including agriculture, environmental monitoring, and disaster response. The autonomy of operation, route length, weather conditions, and mission duration requirements are key factors that significantly influence the conduct of monitoring missions using UAVs. The effectiveness of missions depends on the optimal utilization of available resources, which necessitates the forming of optimal flight routes for the UAV fleet, taking into account the identified factors.

The developed software allows for the partitioning of the mission target area and the forming of optimal flight routes for UAVs to cover the target points on the terrain, as well as the creation of flight plans.

The software is built on a client-server architecture using ASP.NET WebAPI for the server-side and Angular for the client-side, and it implements the following functions:

- providing an interface for user interaction with the map and timetables;
- adding and removing markers on the map;
- determining the optimal routes for UAVs;
- creating flight schedules for UAVs and automated exchange and charging stations.

In addition, the developed software makes it possible to generate data in the form of tables or Gantt charts, which gives users more ways to perceive information.

## **STUDY OF THE METHODOLOGY OF WORK OF THE FORWARD AIR GUNNER (JTAC) IN PROVIDING DIRECT AIR SUPPORT TO GROUND FORCES**

*S. Martynenko; D. Lytvynchuk; V. Ralko; V. Chebanenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the experience of the Russian-Ukrainian war shows that Close Air Support (CAS) is one of the most important elements of joint fire support, requiring detailed planning, coordination and training of forward air gunners (FAGs) to ensure its safe and effective execution.

CAS requires an integrated, flexible command and control system structure to determine the grounds for requesting support, improve combat identification procedures, etc. Accordingly, the command and control system requires reliable and functional communication between crews, airborne gunners (Joint Terminal Attack Controller (JTAC) / Forward Air Controller (Airborne) FAC (A)), ground forces and fire support command and control.

The experience of conducting direct air support with the participation of JTAC / FAC (A) shows that its organization and methods of interaction with ground forces have a multicomponent component. Successful execution of the task depends on careful preparation, taking into account many factors, including the specifics of the use of aircraft, differences in the use of infrared and laser indicators by JTAC/FAC (A), and avoiding fire damage to their troops.

The study of individual elements of the JTAC/FAC (A) methodology, when providing direct air support, will allow in the future to formulate practical recommendations for the integration of the national SAR training program in accordance with the terms of the memorandum of agreement for standardized training of NATO JTACs.

## **AVIATION COMMAND AND CONTROL VEHICLES ADVANCED AVIATION GUNNERS**

*V. Boiko; O. Donnyk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the combat control group officers and Joint Terminal Attack Controller (JTAC) after the full-scale invasion of the Russian Federation in 2022 proved the need for new means of transportation for the combat control group officers and forward air gunners. The existing R-975 APCs based on BTR-60PB are morally and physically outdated, do not meet modern warfare requirements, have shown their inability to serve as mobile control vehicles and their number is less than necessary.

Based on the conditions of use, the following requirements are imposed on the ACSM: high reliability, constant technical serviceability, low maintenance and repair time, high off-road ability, speed and controllability, high degree of protection of personnel and special equipment from bullets and shrapnel, reliable mine protection, and protection against the effects of mass destruction.

In the armies of NATO countries, specialized vehicles for JTAC are built on the basis of a wheeled HMMWV. In 2019, the Russian Federation entered service with a new air gunner combat vehicle based on the Tiger armored vehicle.

After the invasion of Ukraine by the Russian Federation in 2014, a draft of operational and tactical requirements for a combat vehicle for advanced air gunners was developed and platform options were studied. As a result, a platform option based on the Kozak armored combat vehicle was chosen, but unfortunately, no vehicles were produced.

Therefore, in the absence of specialized ACVs, commercial off-road vehicles were used for forward air gunners after the full-scale invasion. They have sufficient speed and maneuverability, but lack protection against small arms and shrapnel and mine protection.

## **ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES TO SUPPORT COMBAT OPERATIONS**

*O. Shulha; M. Maksymov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of the armed confrontation between Ukraine and the Russian Federation, there is a large-scale use of various weapons systems that are used on land, in the air and at sea. The Ukrainian defense forces prefer asynchronous methods of warfare.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are used for their successful implementation. To date, there is a situation where the effective use of unmanned systems is impossible without introducing and understanding their clear hierarchy in accordance with certain classification features. Various capabilities of UAVs allow

solving complex tasks of aerial reconnaissance, comprehensive coverage of the situation on the battlefield, fire adjustment, search and destruction of enemy manpower and equipment groups, targeting, artillery fire adjustment, etc.

The main areas of activity for the use of UAVs for the needs of the Armed Forces of Ukraine are substantiation of tactical and technical requirements for them, creation of unmanned aerial vehicles and systems on the basis of existing and promising samples of domestic and foreign equipment, and development of relevant program documents for their effective combat use. Carefully prepared in terms of information and intelligence, logistics, organizational and staffing support, the use of UAVs will allow: 1) successfully solve certain combat tasks in an automatic (autonomous) mode in sea and land conditions; 2) effectively conduct combat operations.

### **STUDY OF THE MILITARY DECISION-MAKING PROCESS FOR LAYING OUT THE ROUTES OF STRIKING UNMANNED AERIAL VEHICLES AND CRUISE MISSILES, TAKING INTO ACCOUNT COMBAT EXPERIENCE**

*R. Viedienieva*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of a modern military conflict, especially in view of the Russian-Ukrainian war, planning the flight routes of cruise missiles and attack unmanned aerial vehicles (UAVs) is crucial. The effectiveness of these weapons depends on their accuracy, route complexity, and ability to avoid enemy air defense. The experience of warfare shows that one of the key aspects is to take into account geographical and meteorological conditions, as well as the deployment of enemy air defense systems.

Significant attention should be paid to the analysis of existing and potential intelligence assets to ensure that data on targets and threats is up-to-date. Integration of various sources of information, including space intelligence, can significantly improve the efficiency of operations planning.

It is also important to use artificial intelligence algorithms to optimize flight routes to adapt to dynamic changes in the combat situation. This includes determining the best routes, minimizing the risk of interception for UAVs and cruise missiles, and increasing the likelihood of successful target engagement.

Based on the analysis of combat operations, several strategies can be identified, including planning routes with maximum use of natural landscapes for camouflage, choosing the time and conditions for an attack, which makes it difficult for enemy air defense to detect and destroy missiles and UAVs.

### **JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITY OF ACCELERATED TAKE-OFF OF AN-26 LIGHT TRANSPORT AIRCRAFT**

*Y. Chaun; M. Osovytskyi;*

*O. Vovk, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; Z. Anisimov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The issue of improving the take-off and landing characteristics of aircraft is always relevant, and during a state of war, it often becomes crucial.

An important practical take-off and landing characteristic is the run-up length. Measures to reduce it allow the use of runways/fields of limited size, or take-off from prepared airfields damaged by the enemy.

The paper presents the results of a study on the possibility of an accelerated take-off of the An-26 light transport aircraft (LTA) under standard conditions due to the release of the flaps in the take-off position during the run-up process. With the standard technique, the An-26 has a take-off length of 850 m, while the flaps are in the take-off position already before the take-off, which on the one hand increases the lifting force and reduces the force of friction, and on the other hand significantly increases the frontal drag. It should be noted that in the process of detachment, a normal speed overload of more than 1 is created.

To reduce the run-up length, it is suggested to release the flaps during the run-up process, which will create an increase in lifting force in a short period of time (vertical impulse) and allow a greater increase in normal speed overload.

Thus, the application of the delayed release of the flaps on the An-26 LTA will allow to reduce the run-up length by 10...15 %. It should be noted that for the practical implementation of the method, it is necessary to conduct research on the strength of the structure and changes in the stability and controllability characteristics.

### **USE OF AIRCRAFT BOMBS WITH A PLANNING AND CORRECTION MODULE (PCM)**

*O. Hromyko, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor;  
P. Onypchenko, Candidate of Pedagogic Science, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The basis for victory in modern warfare is the precise destruction of strategically important targets, such as command centers, military depots, or air defense facilities, by aircraft.

The advantage of IPC bombs is that the payload in the bomb reaches about 70% of the launch weight, while in a similar missile it is only 15-20%. Equipping aircraft bombs with IPCs is much cheaper than manufacturing CABs and CARs.

Equipping free-fall aircraft bombs with IPKs significantly expands the area of destruction of these weapons, provides them with new combat capabilities that actually move them into the category of a full-fledged precision weapon used outside the enemy's air defense zone, but with greater efficiency at a much lower price.

The FAB-500 aerial bomb with the IPC is capable of destroying powerful fortifications that are powerless against, for example, 152 mm artillery. A set of stabilizers and a satellite navigation system make it possible not only to use the FAB-250/500 with high accuracy (up to several meters), but also to build an attack profile so that the bomb hits the target at a certain angle and from a certain direction.

The main carrier of airborne bombs with IPC in the Russian Aerospace Forces is the Su-34 multirole fighter-bomber. When attacking ground targets, the Su-34 carries out a dive-bombing attack from low and extremely low altitudes, which makes it possible to avoid being hit by air defense systems. For example, instead of 3-5 km, bombs equipped with the module can be used from altitudes of 100-200 meters without losing either range or accuracy of target destruction.

Thus, the development and deployment of domestic MPCs will improve the accuracy and functionality of free-fall bombs and, depending on the completeness of the equipment, provide a high-precision weapon that can be used from low altitudes outside the range of enemy air defense systems.

## **PROBLEMATIC ISSUES OF DISTANCE LEARNING IN THE TRAINING OF FLIGHT SPECIALISTS**

*D. Sinenko, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor;  
O. Vovk, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
V. Ushan, Candidate of Technical Sciences; O. Kucheriavyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of full-scale Russian military aggression against Ukraine, which led to the temporary relocation of the Flight Faculty and its functioning in isolation from university-wide departments and departments of other faculties, the issue of distance learning for cadets of flight specializations is becoming relevant.

Distance learning is the result of the development of information technologies and is a form of education using these technologies that provide interactive interaction between teachers and cadets at different stages of education.

At the same time, high-quality training of flight specialists is impossible without practical training in military specialty disciplines on aircraft and complex aviation simulators.

Based on the current circumstances, it would be advisable to propose a blended (distance and face-to-face) learning system for training cadets.

Blended learning is hybrid learning, the integration of offline and online learning. The blended form of acquiring knowledge, skills and abilities does not separate itself from traditional didactic methods, techniques and principles of education, but improves them.

The use of a blended learning system in the educational process under martial law will allow training cadets of flight specialties without compromising the quality of education.

## **EVALUATION OF THE CONSISTENCY DEGREE OF THE MAIN ROTOR BASIC GEOMETRIC AND KINEMATIC PARAMETERS WITH THE CHARACTERISTICS OF THE HELICOPTER POWER PLANT**

*V. Berdochnyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Berdochnyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the areas of existing helicopters modernization, which have a certain reserve in terms of service life and glider resource, is remotorization. So, at one time, the Mi-2 and Mi-8T helicopters were successfully upgraded, which led to the appearance of the Mi-2MSB-1 and Mi-8MSB-V helicopters. The main goal of this modernization was the replacement of morally outdated engines installed on these helicopters with new ones, or more powerful ones, or those with better specific characteristics of economy and mass advantage.

The main helicopter flight and technical characteristics are depend not only on the capacity of the power plant, but also, to a large extent, on the characteristics of the helicopter's carrier system – its geometry and kinematic parameters.

With unchanged parameters of the helicopter's carrier system, it is impossible to achieve significant improvements in its flight characteristics and to fully realize the remotorization potential.

The report presents approaches and examples of assessing the possible consequences of remotorization of existing helicopters in terms of expanding their forward flight operating speeds and altitudes range.



**INFUSION OF THE LONGITUDINAL AND TRANSVERSE  
OVERLAPPING COEFFICIENTS IN FOUR-ROTORS SYSTEM  
ON ITS AERODYNAMIC CHARACTERISTICS  
IN FORWARD FLIGHT**

*V. Berdochnyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Berdochnyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Usually rotors systems of quadcopter do not use overlapping of propellers. This constructive implementation of the four-rotor system does not require synchronization of the rotors spin with each other and corresponds to the accepted way of controlling quadcopters by changing the spin of individual rotors in the system, which is very suitably provided by the driving of each rotor with its own electric motor.

Realization of the substantial advantages of the four-rotors system on helicopters with a significantly greater take-off mass than those in use today will definitely raise questions about the choice of the engines type of the power plant, their location on the aircraft; keep steady of the propellers speed in the system and decide on the method of controlling the propellers by collective, and possibly cyclic pitch of the blades. In this case, it is quite possible to build a carrier system where the kinematic synchronization of the rotors spin will be implemented, which means the possibility of ensuring a certain overlapping degree of the rotors with each other both in the longitudinal and transverse directions.

The report presents the results of numerical modeling of some modes of inclined flow around four-rotors carry systems with different values of the coefficients of longitudinal and transverse overlap of the rotors.

**ANALYSIS OF THE CAUSES OF AIRCRAFT GETTING INTO  
A AIRPLANE UPSET WITH SUBSEQUENT ACCESS TO CRITICAL  
FLIGHT MODES**

*Y. Chaun; M. Osovytskyi; V. Bezpalyy; D. Mykhailichenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to statistical data, about 30% of aviation accidents are due to the fate of planes falling into a airplane upset (AU) with subsequent rollover and corkscrewing.

The main reasons why aircraft fall into these flight modes are: the influence of the surrounding environment (icing, turbulence, wake, wind shear); aircraft failure (failure of engines, control systems, aerobatic equipment); crew errors (violation of the requirements of flight operation management, loss of spatial orientation).

The reasons for the aircraft not taking off from the runway, stalling and corkscrew are: the crew's lack of understanding of the characteristics of changing the characteristics of the aircraft and the power plant at large angles of attack; inability to quickly recognize the spatial position of the aircraft by means of instruments when combining large angles of roll and pitch; inability to recognize the beginning of dumping; incorrect actions of the pilot when entering the AU, stalling and corkscrew and the inability to take the aircraft out of these modes.

In the report, the main methods of deduction and the analyzed errors of the crew are given. Selected and substantiated schemes of actions of the crew. The loss of altitude by the aircraft when withdrawing from the AU, from a stall and a corkscrew is calculated. Approximations of the flight parameters to operational limitations are determined.

It is proposed to deepen the skills of pilots in exiting the AU and stalling and corkscrew using flight simulators and light aircraft.

### **LANDING USING TRIMMERS IN CASE OF FAILURES IN THE LONGITUDINAL CONTROL CHANNEL**

*V. Kozak; S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
O. Firsovskiy; N. Antonyuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the stressful and responsible stages of the flight is landing. This stage requires the use of a wide range of aircraft control capabilities in the longitudinal channel. In aviation, there are cases of a successful landing of an aircraft when the control system fails in longitudinal motion using only the rudder trimmers.

The report presents the results of the analysis of the possibility of landing using pitch rudder trimmers in cases of failure of the pitch control system.

The use of rudder trimmers to control the aircraft in the longitudinal channel has features depending on the nature of the failure. When the elevator is jammed in a certain position, the pitch control of the aircraft using the trimmers has the opposite reaction from the expected one, while the trimmer acts as a small elevator and its efficiency is low. If the pitch rudder control wiring is broken, the trimmer allows you to control the angle of the pitch rudder, and has a normal reaction to the deviation. In this case, pitch control with a trimmer is more effective than in the previous case.

It should be noted that the effectiveness of longitudinal control due to trimmers was low due to their small area. Therefore, such control has too little efficiency at low flight speeds, and landing using only the trimmer is possible only with a significant increase in speed. Also, pitch control only with the trimmer will not allow to balance the aircraft in the event of destabilizing factors, such as: vertical wind gust, large side component of the wind.

### **ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF PERFORMING ENERGY CONVERSIONS AT LOW SPEEDS**

*V. Kozak; S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Beskubskiy; A-M. Oleinikov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The ability to perform maneuvers with minimal turning radii plays an important role in conducting maneuverable air combat. When performing energetic turns at low speeds, it is impossible to perform a maximum turn due to reaching the limit of permissible normal overload.

The report presents the results of research on the possibility of reducing the turning radius at low speeds due to the reduction of thrust.

When performing vigorous turns at low speeds, the minimum turning radius is limited to the value of the permissible normal overload. This limitation leads to the

impossibility of further performing an energetic turn in the mode of maximum thrust due to the appearance of an excess of thrust that cannot be compensated, and which will lead to an increase in speed and, accordingly, the radius of the turn. The ways of reducing the turning radius at low speeds and the peculiarities of piloting when performing vigorous turns at low speeds with the provision of a minimum turning radius are analyzed. Considered conditions for increasing aerobic capabilities when performing vigorous turns at low speeds. In order to achieve the minimum turning radius in the process of performing an energetic turn, when the normal overload limit is reached, it is suggested to reduce the engine thrust. The results of mathematical modeling confirm the proposed method of increasing the aircraft's maneuverability during a turn.

### **CHARACTERISTICS OF A LIGHT AIRPLANE LANDING IN A SIDE WIND**

*M. Osovytskyi; Y. Chaun; V. Kozak; D. Mykhailichenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When performing training flights on a light airplane (LA), a very important role is played by the cadets' understanding of the use of the take-off and landing configuration in various meteorological conditions and its effect on the aerodynamic characteristics of the aircraft as a whole. Therefore, one of the areas of research is the analysis of the possibilities of landing on the LA using the available mechanization of the wing in some intermediate position. The analysis of the experience of training flights shows that the available knowledge of the cadets and practice of the elements of the approach to landing allow to sufficiently ensure the safety of flights when landing with a side wind.

In order to work out in practice this kind of landing on the LA, it is necessary to conduct a study of the dynamics of the LA movement at an intermediate position of the flaps for various operating conditions, in particular, crosswind. Next, it is necessary to carry out modeling and simulator training and to develop a method of landing LA with a side wind in an intermediate position of the flaps (excluding the take-off and landing position of the flaps).

Special attention should be paid to the change in the balancing of the aircraft, the change in effort on the control bodies and the change in the view from the pilot's cabin at intermediate (non-standard) positions of the flaps, also take into account the increased speed on the descent glide path and during landing and the prevention of related deviations on landing

Consider it expedient to develop and theoretically justify a method of eliminating the effect of crosswind in the process of transition from flight with a course correction to a method of combating crosswind by balancing on roll and sliding immediately before leveling off.

### **PROSPECTIVE DIRECTIONS OF UAV DEVELOPMENT BASED ON QUADROPTERS**

*V. Bezpalyy; Y. Chaun; M. Mokrytskyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's world, the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), in particular those based on the quadcopter scheme, has become more relevant. High-tech quadcopters have become a necessary tool in various fields, such as geodesy,

agricultural sector, environmental monitoring, security and many others. The active use of these unmanned systems is determined by their ability to perform tasks without the participation of a pilot, which helps save time and resources.

Despite the wide possibilities provided by quadcopters, there are a number of problems that limit their full efficiency and high accuracy in various operating conditions. These problems include limited flight time, limited navigational accuracy in poor weather conditions, and problems related to the weight and size of quadcopters.

The study of these problems is very relevant, since solving their aspects will contribute to the further development and optimization of the use of quadcopters as unmanned aerial platforms.

The growing popularity of unmanned aerial vehicles has become an important phenomenon in today's technological world. The introduction and improvement of these technologies is taking place in a wide range of industries, which opens up new opportunities and transforms traditional approaches to solving problems. The active use of UAVs is evidenced not only in the field of military equipment, but also in civilian industries, which makes them extremely important for further technological development.

## **DETERMINATION OF THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE AIR PROPELLER OF THE UAV POWER PLANT**

*V. Bezpalyy<sup>1</sup>; O. Pushylin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State enterprise Zaporizhzhya Machine-Building Design Bureau "Progress"  
named after Academician O.G. Ivchenko*

Peculiarities of the design of the air propeller of the UAV power plant (PP) actualize the need to improve the known methods of design calculation. An improved methodology for determining the aerodynamic characteristics of a fixed- and variable-pitch air propeller of an UAV (PP) based on the vortex theory is presented.

The mathematical model of the working process of a variable-pitch air propeller based on a profile model with the correct consideration of the influence of the Mach and Reynolds number on the aerodynamic characteristics of the air propeller has been improved. This advantage of the developed profile model allows the design and verification of the subsonic air propeller of the UAV (PP) when operating on the ground and in flight. Methods of design and verification calculations of air propeller blades of the UAV power plant are presented.

The verification of the improved methodology was carried out by comparing calculated data with known experimental data, the reliability of the improved methodology for determining the main characteristics of the air propeller of the UAV (PP) is justified by the correct use of numerical and experimental methods of aerodynamics, the consistency of theoretical provisions with experimental data.

In the further work, the verification of the improved methodology for determining the main characteristics of the air propeller of the aircraft-type UAV (PP), the extension of the design calculation to the rotors of the helicopter- and multicopter-type UAVs will be carried out.

## **COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF MODERN UAVS OF DIFFERENT TYPES**

*V. Bezpalyy; D. Anisov; I. Kravchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the modern world of progress and technology, unmanned aerial vehicles occupy an important place, gradually covering various spheres of activity and people's lives. They are in great demand and widely used both in the everyday life of society and in specific narrow-profile areas (military, humanitarian, civil protection, etc.).

Every day, their development and improvement is moving forward with great strides. This applies both to the wide functionality of UAVs of various types, and to the characteristics (aeronautical, aerodynamic, etc.) that improve the conditions of use and help to use a wide range of various functions of modern unmanned systems with lower costs of various resources and with greater efficiency.

A comparison of various unmanned aerial vehicles and their characteristics is considered. For this, certain samples of both civilian models of various designs and UAVs used for military and special purposes were taken into account, adding separately certain samples of compatible use.

The future of UAVs will be characterized by a combination of high flight characteristics with advanced data processing capabilities and autonomy, which makes them indispensable in many areas of activity. The development and optimization of UAVs will continue to play a key role in various industries, contributing to progress and innovation.

## **INFORMATION SUPPORT FOR THE DUTY OFFICER OF THE TACTICAL AVIATION BRIGADE COMMAND POST IN CASE OF SPECIAL CASES IN FLIGHT AND SEARCH AND RESCUE OPERATIONS**

*A. Dubnyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
I. Mazhara, Ph.D.; Y. Lytvynenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A significant increase in the intensity of flights to perform combat missions requires combat control officers to take clear and unambiguous actions in the event of special cases in flight. One of the most pressing problems is the forced landing of an aircraft outside the airfield.

This process includes the following key components:

- availability of a prepared flight map;
- selection of a landing site (platform);
- landing control;
- conducting search and rescue operations to find and rescue the crew.

The main component of the problem is the choice of a landing site, which can be solved by a preliminary assessment of the terrain in the area of the combat mission, the type of aircraft, the type of available weapons (load), and the terrain.

The implementation of this task is currently possible with the use of computer technology, as well as the prompt issuance of information to combat control personnel in the optimal variants of this task (problem solving).

## **SPECIFICATIONS OF THE USE OF STATE AVIATION AT THE MODERN STAGE OF AIRSPACE USE**

*A. Dubnyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
B. Telyatnik; T. Yaremko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, aviation plays a significant role in strengthening the state's defense capability. A sufficient number of state aviation flights are carried out daily to perform combat missions. This requires special attention from air traffic control authorities to optimize the problem of rational airspace allocation.

Taking into account the activities of the ATC, the main task is solved – the airspace defined as the Single Airspace is distributed with maximum consideration of the interests of users of the security and defense sector.

The priorities include:

- analysis of the efficiency of airspace use and control;
- analysis of violations of the order and rules of airspace use;
- flexible use of airspace.

The rational organization of interaction between state aviation will ensure safety in the use of airspace.

## **PREPARATION OF RUNWAY LOCATIONS BEFORE FLIGHTS AT LOW AND EXTREMELY LOW ALTITUDES**

*O. Kolodyazhnyi, Candidate of Technical Sciences; S. Fedyuk; K. Prodeus  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In accordance with the requirements of the Rules of Navigation Support for State Aviation of Ukraine, training flights at low and extremely low altitudes are performed along established routes for which runway locations are drawn up. The lanes contain the following information: terrain with natural and artificial obstacles within a band of  $\pm 25$  km from the corridor axis, vertical sections of terrain along the route axis at intervals of 5 km within a band of  $\pm 25$  km, flight profiles along specified trajectories, characteristic visual (radar) landmarks and their detection distances, etc. This information is obtained both from flight charts and using programs from the Internet environment. For example, Google Maps and Google Earth. However, these programs provide complete information only about the vertical cross-section of the terrain along the axis of a given flight route, which is not enough to fully assess the flight profile, taking into account both artificial and natural obstacles. Therefore, this information must be supplemented with maps of artificial obstacles, flight maps, and satellite images.

To fly along a trajectory that bends around the terrain, the actual flight altitude is set and maintained. Altitude control in such flights is performed using radio altimeters. The actual flight altitude when using a low-altitude circuit depends on the technical capabilities of this equipment, the maneuvering capabilities of the aircraft, the nature of the terrain in the flight area and the level of pilot training.

In order to prevent a collision with the ground (water) surface, the crew of an aircraft must carefully prepare for the flight.

## **APPROACHES TO IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF TRAINING COMBAT COMMAND OFFICERS USING TRAINING COMPLEXES**

*I. Mazhara, Ph.D.; A. Dubnyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Z. Golub; D. Fot  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Automation of the process of managing aircraft crews significantly expands the capabilities of the combat control officer (CCO) to solve guidance tasks. The decrease in the reliability of the work of the combat control officer is associated with the possibility of making mistakes in the management of aviation operations. These errors significantly reduce the quality and efficiency of its work. Therefore, the task of forming the necessary professional level of the CCO, improving the methodological and technical means of its training comes to the fore.

The most effective means of professional training of a CCO is simulators. They provide an artificial reproduction of the conditions and factors that occur in the course of the CCO's work in real conditions. However, the system of professional training of the CCO does not take into account individual peculiarities of its activities. The system does not provide for the possibility of assessing the impact of individual characteristics of the CCO on the quality of its activities. This makes it impossible to identify mistakes in their work and to identify those that can be corrected in the course of theoretical and simulation training.

Therefore, it is necessary to improve the traditional system of professional training of the CCO, to prevent mistakes and incidents by using intelligent technologies on simulators. Solving this problem will increase the efficiency of the CCO and the accuracy of its work in the process of managing fighter aircraft combat operations.

## **USE OF MATLAB ENVIRONMENT WITH SIMULINK EXTENSION FOR REALIZATION OF MATHEMATICAL MODEL OF AIRCRAFT MOTION UNDER THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL AIR MASSES SHIFT**

*O. Kolodyazhnyi; Candidate of Technical Sciences; S. Fedyuk; V. Momon  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The study of the influence of air mass shear on the dynamics of aircraft motion is a continuation of the research on the influence of wind shear on the dynamics of aircraft motion.

The analysis of this effect of wind shear on flight safety gives every reason to believe that this dangerous phenomenon for aviation can be used in military affairs. Moreover, much more powerful shifts of air masses can be caused artificially, for example, by powerful explosions in the air and other human-controlled phenomena.

To study this process, a comprehensive model of "pilot – aircraft – environment – artificial air mass shift" was developed, which is a set of interacting models of these subsystems with appropriate connections. The complex model was implemented in the Matlab environment in the Simulink extension. It is an environment for dynamic modeling of complex technical systems and the main tool for model-oriented design. Simulink is widely used in automatic control and digital signal processing for multi-domain modeling and model-based design. The solution of the differential equations of motion of the aircraft is carried out using the adaptive quadrature method based on the Runge-Kutta method. The maximum integration

step is  $h=10^{-2}$  s; the minimum integration step is  $10^{-22}$  s; the initial integration step is  $10^{-4}$  s, with the established absolute calculation error  $\Delta=0.001$  and relative error  $\delta=0.001$ .

## **STUDYING THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON FLIGHT SAFETY DURING SIMULATOR TRAINING WITH CADETS SPECIALISING IN COMBAT FLIGHT CONTROL**

*I. Mazhara, Ph.D.; O. Sitkov; O. Gornak; Y. Kozachenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The air traffic control system of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is a complex human-machine system. It ensures that the requirements for safety, regularity and efficiency of air traffic management are met. Meeting these requirements under varying flight intensity and density, adverse weather conditions, possible control equipment failures and the influence of the human factor is a complex task that has been addressed by scientists and aviation experts throughout the history of aviation. Statistical data on aviation accidents over the past decades indicate that the human factor plays a dominant role in the total number of aviation accidents, accounting for about 80%. Therefore, assessing, analyzing, forecasting and enhancing the role of the human factor in flight safety remains a relevant research area.

The state of flight safety always closely depends on the quality of theoretical and practical training of flight management team members. It is the calm, proactive and effective actions of these officials that help the crew to get out of a difficult and tense situation in the air. However, with the rapid development of modern technologies, it is necessary to improve the practical activities of flight management team members.

When conducting simulator training, classes with cadets specializing in Air Combat Flight Control can only be effective if the basic principle of the "simple to complex" training methodology is followed.

## **ACOUSTIC SYSTEM FOR DETECTING ENEMY AIRCRAFT**

*O. Sitkov; I. Mazhara, Ph.D.; R. Shmeretskiy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the great war, Russians have fired more than 4,700 cruise missiles at Ukrainian territory. Enemy weapons hit not only Ukraine's critical infrastructure, but also residential buildings, schools and kindergartens.

To make the Ukrainian sky free of enemy missiles, the Ukrainian Air Force is strengthening its air defense capabilities and creating complexes consisting of several modern systems.

The more detection systems a defense complex contains, the harder it is to destroy them. One such system is the Zvook AI-project. This is a hardware and software system capable of acoustically detecting cruise missiles, helicopters, drones and fighters at low and medium altitudes. The hardware system detects missiles using neural networks that record the Doppler effect and other sound patterns. When an object approaches you, its sound seems higher and louder than it actually is. This is because sound waves are compressed and change their frequency as they approach. The faster the object (jet, missile, drone) is moving, the stronger the



effect. Further, the location of the missile can be determined using triangulation, when three sensors located nearby receive the sound. By calculating the time difference between them, you can determine the location of the enemy weapon.

The advantage of Zvook is that it is a passive system, it does not emit anything. It is possible to detect the location of the station, but every war has an economic component: the means of destruction must be at least a little cheaper than the target. Therefore, it is irrational to fight the Zvook system itself.

## **RUSSIAN TERRORISTS' GUIDED BOMBS: WHAT THEY ARE AND HOW TO DEAL WITH THEM**

*O. Sitkov; B. Telyatnik; N. Melnik  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Having failed in their attempts to paralyse Ukraine with missile terror, and experiencing an acute shortage of aircraft and cruise missiles, Russian terrorists began attacking Ukrainian cities and positions of the Ukrainian Armed Forces with guided aircraft bombs.

Guided (corrected) aerial bombs are free-fall aerial bombs equipped with control and guidance systems, which makes them a cheap analogue of guided missiles. Fighter-bombers, attack aircraft, and even combat helicopters can be used as carriers of CABs.

It must be admitted that while Ukraine's air defense system is currently one of the best in the world at countering missiles, it has problems countering guided bombs. Russian aircraft do not need to enter the range of the Ukrainian Armed Forces' air defense systems to launch CABs at frontline regions, and the aerial bomb itself is too small a target to be effectively hit by foreign-made air defense systems.

In addition, Ukraine does not have these air defense systems in sufficient numbers; bringing scarce systems close to the front line would guarantee their destruction.

Thus, the only effective means of combating the CAB is to destroy the carriers of these bombs. And for this, Ukraine needs modern aircraft. In particular, American F-16 fighters equipped with air-to-air missiles that can effectively intercept and shoot down Russian aircraft before they launch the CAB.

This means that unless Ukraine has modern Western aircraft in its arsenal, the Russians will continue to bomb Ukrainian cities with CABs, and it will be very difficult to counter them.

## **ISSUES OF CONFLICT RESOLUTION IN AIR TRAFFIC CONTROL**

*O. Solomaha; B. Telyatnik; I. Mazhara, Ph.D.; F. Kryzhanovskiy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Despite the fact that one of the tasks of air traffic control is to prevent incidents in the air, most dangerous approaches are caused by FCG. One of the most important reasons for these encounters is that the ATC dispatcher makes critical decisions about predicting and identifying conflicts between aircraft based on incomplete information. This is further complicated by the fact that the decision is made under time pressure. In this case, mistakes are quite possible. In the practice of air traffic control, according to the standards and recommendations of the International Civil Aviation Organization, the procedure for issuing dispatch permits

is used, which also involves various calculations to determine the conflict-free trajectory of aircraft in the control area. In this regard, when studying air traffic control technological operations, it is advisable to comprehensively study issues related to the resolution of potentially conflict situations. Thus, it is necessary to define: types of potentially conflicting situations; the conflict nature of the situation and the method of resolving potentially conflicting situations, as well as to consider the problems of preventing aircraft collisions in the air from the point of view of automation of collision prevention processes in air traffic control systems of state aviation.

### **ABOUT THE PSYCHOLOGICAL EFFECTS OF TIME DEFICIT ON DECISION-MAKING BY THE PERSONS OF THE FCG**

*O. Solomaha; B. Telyatnik; I. Mazhara, Ph.D.; V. Gonchar  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the unresolved problems is the need for an in-depth study of the impact of time pressure on decision-making by the persons of the FCG in flight control. There is a need to analyze the psychological impact of the "time factor" on the decision-making process in the flight control of state aviation aircraft. A "time factor" is a conditional definition for a set of factors that have an indirect impact on the decision-making process and outcome and are associated with changes that occur over time. With an average load of operational airspace ("aerodrome flights"), FCG have to make several decisions per minute. In order to reduce the time required to make a decision (to issue a command or inform aircraft crews), they mostly do not use system models and algorithms, but rely on intuitive judgements. This refers to the regularities of the time axis on which the decision-making process unfolds, the connection of the current result with past results and future possibilities of the subject making the choice. Decisions differ depending on the point on the individual time axis at which the choice is made and how far apart the alternatives are in time. It is necessary to have an understanding of the patterns, common mistakes and possible biases associated with the time factor.

### **INFLUENCE OF NAVIGATOR TRAINING QUALITY ON FLIGHT SAFETY**

*O. Sheygas, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Torchylov; V. Musevych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of aircraft operation shows that every flight should be preceded by thorough comprehensive training – and the better it is, the more likely it is to be performed safely.

Here are the key points that flight crews need to pay attention to in terms of navigational training:

- preparation of the flight chart;
- verification of data with a control copy of the air navigation information (ANI) collection;
- preparation of a flight plan (FP);
- study of airfield layouts, approach and departure routes;

– analysis of the meteorological situation along the flight route and at the landing airfield (alternate airfields);

When flying at low altitudes, check the safe altitudes you have calculated with the calculations of the navigator on duty, if any, for your flight direction. When determining safe altitudes in approach areas, use the ready-made values available in the publications.

With the increase in the duration of flight activity, as each pilot gains personal experience, he/she develops his/her own style of flight preparation, despite the large number of documents regulating such preparation, which are like a trunk with branches made up of personal experience.

## **RESEARCH OF WAYS OF COMPLEX APPLICATION OF AIRCRAFT GROUPS**

*O. Torchylov; O. Sheygas, Candidate of Technical Sciences; D. Dubinsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the current armed conflict shows the active involvement of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the performance of various tasks. The availability of UAVs of different classes ensures the distribution of tasks between them depending on their tactical and technical characteristics.

During the conduct of hostilities, there are specific tasks that must be performed in the interests of troops, such as conducting complex reconnaissance, conducting radio reconnaissance, combat use, etc.

The effectiveness of such tasks depends on flight conditions and the nature of the enemy's actions. The study of scientific developments shows that one of the options for increasing the effectiveness of UAVs is to perform tasks in groups.

The problematic issues of the integrated use of UAVs are analyzed. The peculiarities of joint flight as part of a UAV group are considered. The analysis shows that to ensure a joint flight, not only information about mutual coordinates, but also data on the angular position is required. It is proposed to solve this issue through the integrated processing of data from a system of satellite radio navigation signal receivers or an inertial navigation system on UAVs. The mutual exchange of information allows for the correction of coordinates in the navigation complex and, in the future, the possibility of providing autonomous maneuvering flight as part of a group, which allows for an expanded list of tasks that can be solved.

## **IMPROVING FLIGHT SAFETY, REDUCING AVIATION ACCIDENTS CAUSED BY THE FAULT OF CREW MEMBERS AND LANDING DIRECTOR AT THE LANDING SITE**

*O. Torchylov; O. Sheygas, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
M. Boyko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the primary tasks of using transport aviation for its intended purpose has been and will remain the problem of improving flight safety. Airborne safety requires constant hard work of all officials and is aimed primarily at the perfect fulfillment of the requirements of the guiding documents that determine the procedure for organizing and performing parachute landing flights.

The majority of parachute landing flights are performed in difficult meteorological conditions, in groups with minimal distances between aircraft, and to sites located in a limited area.

Based on the above, the issue of analyzing and evaluating the parameters for determining safe distance intervals between aircraft in the chosen combat order, strictly maintaining a place in it that will prevent collisions between paratroopers and military equipment in the descent area, is relevant. Based on this, it is advisable to:

- to substantiate methodological recommendations to the officials of the navigation service to prevent collisions between paratroopers and military equipment.

- analyze the initial data to assess the safe distances between groups of aircraft landing personnel and military equipment and calculate the time distances between aircraft (squadron leaders, pairs) during the simultaneous landing of military equipment and personnel.

- provide suggestions to the navigators on how to prevent a collision between paratroopers and military equipment during the descent.

### **INFORMATION MODEL FOR CALCULATING THE CHARACTERISTICS FOR UNGUIDED AIRCRAFT MISSILES OF THE HYDRA-70 TYPE USED FROM HELICOPTERS FOR PRECISION ENGAGEMENT OF GROUND TARGETS**

*A. Krasnorutskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Resercher;*

*V. Yeroshenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Shmakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Nemyushchyi*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The study of the use of helicopters in the performance of tasks to defeat ground targets with unguided missiles of the HYDRA-70 type convincingly shows that the flight crew training can be performed both directly on helicopters and with the use of simulators. The methodology for performing the maneuver with different pitch angles when firing unguided missiles is to accurately maintain flight parameters, namely speed, altitude and heading before entering the pitch axis mode. The pilot also needs to maintain the pace of entry into the loop, i.e., monitor the change in pitch angle at a constant and optimal calculated angular velocity. The final step is to clearly fix the set pitch angle at the time of the launch of the unguided missile. However, the danger of this maneuver is that the helicopter, as it climbs during the maneuver, will inevitably fall into the detection and kill zone of enemy air defense systems. In order to ensure the minimum time spent by the helicopter in the danger zone, it is necessary to perform calculations to coordinate the actions of the pilot with the helicopter controls.

The main components of the information model of the methodology for attacking a target from the pitch axis are considered. The methodology for calculating the range of the maneuver start is presented. Apart from that, information is provided on the methodology for selecting a characteristic landmark in the direction of the target based on possible GPS data. Also, the trends in the development of methods and means of analysis, forecasting, optimization and correction of pilot actions in support systems of decision-making for training pilots on flight simulators are considered.

## **BPL COMBAT ORDER AND ITS CHARACTERIZATION**

*S. Fedyuk; O. Kolodyazhnyi, Candidate of Technical Sciences;  
V. Kashko; V. Kovalchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of modern highly maneuverable combat operations, the use of UAVs in cooperation with other aircraft in place and time will play an extremely important role. Several aircraft and several UAVs can be engaged simultaneously to perform a combat mission. For a group of aircraft to perform a combat mission together, it will be necessary to form a combat formation.

Formation of the aircraft formation is one of the most important stages of the flight, the proper organization and execution of which determines the success of the mission in the group. The correct choice of the formation method and its precise organization saves time, formation, and, in some conditions, fuel, and increases the concealment and safety of the flight.

Combat formation is the relative positioning of aircraft units in the air for the joint performance of a combat mission.

The combat order must comply with the intent of future combat operations and ensure: the fullest use of combat capabilities of units, subunits, and crews; safety of aircraft from collisions in the air with each other and ground obstacles, as well as from damage from their own destruction means; successful overcoming of enemy air defense; the best conditions for searching and reaching targets, as well as for targeting and monitoring the airspace; freedom of maneuver and piloting; convenience and continuity of control.

The combat order is characterized by forms, types and groups of tactical purpose.

## **INFLUENCE OF HELICOPTER STRUCTURAL PARAMETERS AND OPERATIONAL FACTORS ON AUTOROTATION CHARACTERISTICS OF THE MAIN ROTOR IN AUTOROTATION REGIME**

*S. Pchelnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Kalkamanov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Shmakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of overall losses in our aviation during wartime has demonstrated a significant decrease in the combat loss coefficient, partly attributed to the rational perception of risks by flight crews during mission execution. Therefore, the aim of our research was to enhance the understanding of known patterns regarding the influence of structural parameters and operational factors on helicopter flight characteristics during the event of military damage or powerplant failure, specifically piloting in autorotation regime of the main rotor (ARMR).

The relevance of these studies lies in providing flight crews with a more objective assessment of risks during flight within enemy anti-aircraft military damage zones and enabling them to select appropriate flight modes under such conditions.

This work explores the relationship between the structural features of helicopters in service with the Armed Forces of Ukraine and their operational parameters on one

hand, and the significance of the minimum possible vertical speed during flight in ARMR on the other.

A generalized connection between the structural features of main rotors and operational parameters with the minimum possible vertical speed during flight in ARMR is proposed. This expression provides a quantitative assessment of ARMR characteristics without considering inductive resistance and blade gyroscopic motion.

The research findings encompass a broader spectrum of factors and can be utilized by flight crews for an objective assessment of risks during flight within enemy engagement zones and for refining mathematical models of helicopter flight in ARMR.

## **FEATURES OF THE F-16 NAVIGATION EQUIPMENT**

*D. Pshenychnykov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. Pedko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Inertial Navigation System (INS) is the aircraft's primary coordinate, speed, roll, pitch, and heading gauge and the only source of navigational information for the weapons system computer. Therefore, in case of failure of INS, all navigational information, with the exception of the short-range radio navigation system (TACAN), will be lost. The basis of INS is a gyro unit and a computer. The gyro unit consists of three ring laser gyroscopes and three accelerometers installed in the aircraft-related coordinate system.

The initial alignment of INS can be carried out by two methods: gyrocompassing (single for 8 minutes, double for 12 minutes); accelerated alignment with course memorization within 90 seconds.

The system can work in the attitude heading reference system (AHRS) mode, providing information about the angular position of the aircraft, as well as in the INS mode, when the current coordinates of the aircraft are calculated as a result of the double integration of the accelerometer signals.

A feature of INS is the increase in speed and position errors over time with the Shuler period (84.4 min).

In normal avionics operation, errors are corrected from GPS information using the Kalman filter algorithm. For this, the system uses the information model of the INS with GPS data to determine the estimates of the INS errors. In this way, the system can keep accuracy even if GPS information is lost. The error of the system's autonomous navigation is less than 90 m, and the platform drift and heading error are also estimated.

## **APPLICATION OF MEDICAL MODULES ON MI-8MTV HELICOPTERS FOR THE TRANSPORTATION OF WOUNDED SERVICEMEN**

*V. Grytsyshyn, Candidate of Philosophical Sciences; O. Melnikov; O. Polikanov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A study of the use of helicopters in the transportation of wounded soldiers from the battlefield to medical facilities shows that helicopters are an integral part of the medical evacuation system. It is obviously impossible to engage helicopters in this type of work directly from the front line, given the active opposition of enemy air

defense. However, helicopters are actively involved in medical evacuation from safer locations. Currently, military personnel are transported by helicopters on ambulance stretchers, at best, accompanied by a medical worker with a small set of medicines.

The functional capabilities of a helicopter with installed medical modules that allow it to quickly turn into a full-fledged medical center are considered. They may include specialized equipment for complex medical procedures such as surgery, stabilization, and intensive care. Each module should be able to accommodate two victims lying on a stretcher.

The use of helicopter medical modules helps to reduce mortality and disability among wounded soldiers by providing them with fast and effective medical care. In general, helicopter medical modules should play an integral role in the medical evacuation of wounded soldiers, providing quick access to medical care and increasing their chances of survival and full recovery.

A flight calculation with medical modules installed on the helicopter is provided.

The structure of the medical evacuation system in the Armed Forces of Ukraine as a whole and the role of helicopters in it are considered.

## **ASPECTS OF INTRODUCING IMMERSIVE TECHNOLOGIES INTO THE FLIGHT CREW TRAINING SYSTEM**

*D. Mykhailychenko; I. Oliynyk; A. Sushko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Continuous improvement of the professional training of cadet pilots, even in the conditions of temporary deployment, is a requirement of the present. One of the effective ways to improve this training is to introduce special software using 3D modeling on various platforms (PCs, workstations, tablets, etc.), procedural and flight simulators with virtual (augmented) reality glasses into the educational process.

It is the use of the advantages of immersive technologies that allows, with limited material resources in small training areas, to almost completely "immerse" in the learning process and provide a visual and high-quality study of the design, flight operation and combat use of aircraft.

The main advantages of immersive learning tools include: compactness, mobility, relatively short time to deploy to a new location, the ability to integrate with each other and with other digital learning tools.

According to the results of a comparative analysis of the content of the theoretical training conducted at the flight faculty of Kharkiv National Air Force University, it is proposed during the conference to consider directions for the implementation of immersive learning tools in order to increase the effectiveness of flight training of cadets pilots.

## **THE USE OF BARRAGE BALLOONS TO COMBAT ENEMY UAVS**

*E. Eliseev; O. Stepanko; D. Miroshnychenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Barrage balloons are special aerostats used to damage aircraft in a collision with cables, shells, nets or explosive charges suspended from cables. They began to be used during World War I. During World War II, balloons were widely used to

protect cities, industrial areas, naval bases, and other objects from air attack. The presence of barrage balloons in the air defense system forced enemy aircraft to fly at high altitudes and made it difficult to target bombing.

In modern warfare, it is also proposed to use similar devices to combat enemy unmanned aerial vehicles (UAVs). As a rule, there are many cables running from the balloon to the ground, forming a net. To be effective as air defense equipment, balloons should be hung in pairs with a tensioned net between the cables with a distance of 30-50 meters. To deploy a barrage balloon defense line, it is possible to use mobile groups on off-road vehicles that can, based on intelligence data, go to the area of possible enemy UAVs and quickly deploy and use barrage balloons. To accomplish this task, the mobile teams must be equipped with cylinders of ultralight gas, such as helium, in addition to the balloons themselves. A winch for raising and lowering the balloons and a system for attaching them to the ground are also needed. To increase the efficiency of the use of barrage balloons, it is proposed to place them in a checkerboard pattern, and to calculate the spacing of the cables and netting taking into account the flight altitudes of enemy UAVs.

## **STATE, PROBLEMS AND WAYS TO IMPLEMENT RISK MANAGEMENT IN AVIATION ACTIVITIES IN UKRAINE**

*Y. Mykuliak; I. Oliynyk; C. Penay  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, the state aviation of Ukraine mainly uses static data on aviation accidents, incidents, and aircraft failures for a certain period to assess the level of flight safety, which is a reactive approach. At the same time, in NATO countries, the standards and rules governing flight safety, in addition to the reactive method, widely use a proactive method of assessing the level of flight safety based on risk management approaches.

Despite the hostilities, the need to have a system of performance indicators for ensuring flight safety that would take into account the ratio of results and process to assess the ability to manage risk factors in flight operations is relevant.

In addition to improving the safety of state aviation, Ukraine's Euro-Atlantic course should be taken into account. To improve the level of implementation of international flight safety standards, in particular, NATO standards (STANAG), it is proposed to adapt the provisions of risk management theory and introduce modern methods of risk assessment in the state aviation of Ukraine. Studying and analyzing NATO standards can serve as a starting point for the development and implementation of a new methodology for safety assurance, which aims to minimize risks and improve the safety management process of state aviation.

## **COORDINATION OF HUMAN AND MACHINE CAPABILITIES IN AIR TRAFFIC CONTROL**

*B. Telyatnik; O. Solomaha; A. Vorobey  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The motivations of the persons of the flight control group (FCG) are influenced by the personality of the object of control. The motivations of the operator, who is part of the HUMAN-MACHINE system, are objectively focused on the operator, since the operator is the only active chain in this system. The motivations of the



individuals in the FCG have a pronounced focus on the pilot. Along with objectives and motives, flight control group are characterized by specific methods and techniques.

The central place in FCG is occupied by the flight chief, who accumulates all information about the air and ground situation. His or her skills and ability to perceive, analyze and summarize information play an important role.

The flight chief receives information on aircraft movements through various channels: direct observation, radio messages from aircraft, reports from the FCG, radar surveillance, flight plan, etc.

Flights are characterized by a high intensity of activity of the flight chief (FC) in collecting and transmitting information. A very large amount of information is exchanged via technical means of communication.

The pilot is a very active chain in the "FCG-pilot-AV" system: he makes his own decisions after receiving information from the FCG, and this decision does not always coincide with the content of the command information. The form, timeliness and comprehensibility of command information, the pilot's attitude to the members of the FCG, the pilot's psychological characteristics, etc. are of great importance.

## **PECULIARITIES OF MORAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF HELICOPTER CREWS IN PREPARATION FOR A COMBAT FLIGHT**

*A. Markov; O. Tymoshenko; R. Onyshchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To understand what are the main factors that contribute to the emergence of conflict situations in aviation units in preparation for combat missions, it is necessary to understand the characteristics of helicopter crews. An essential feature of a helicopter crew is a social goal or task, the realization of which is the focus of all the efforts of its members. The military helicopter crew differs from other types of aviation personnel in the way the main goal (combat flight) is achieved, that is by using weapons against the enemy and fire attacks from the enemy. Specific features of the military helicopter crew are that the relations between military personnel are strictly divided into clearly defined ones: official and unofficial. Official relations, i.e. service, are regulated by instructions, statutes and laws. On the other hand, unofficial or emotional relations arise on the basis of sympathy, relationships, common interests and inclinations, i.e. not by order. The core concept of a military helicopter crew lies within the idea of interpersonal relations between military personnel.

Helicopter crews can be viewed as carriers of social psychology, although the individual psychology of each crew member is unique. It is connected with personality. This is where social relations develop, involving the struggle of opposites: the clash of the new and the old, the natural and the accidental, the personal and the social. This means that a certain contradiction takes place. As a result of the analysis, we can find cases of aggravation of contradictions that escalate into conflict. The article presents research material that reveals the essence and content of the causes of conflict situations between crew members, their development and impact on the psychological environment in an aviation unit. Apart from this, the article substantiates the protocols of actions for crew commanders and military leaders to prevent conflict situations in aviation units.

## **ISSUES OF RELIABILITY AND QUALITY OF RADIOELECTRONIC EQUIPMENT**

*E. Eliseev; O. Stepanko; A. Yushchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Reliability and quality of radio electronic equipment (REE) and its components mainly depend on production and technological factors and production culture at the enterprise. The quality and reliability of electronic equipment are affected by the following possible problems: imperfection of technological processes and technological cycle, failures during assembly and installation work, lack of quality adjustment and adjustment, lack of order in the workplace, contamination of equipment and devices, unskilled workers and engineering and technical staff, as well as unestablished incoming and outgoing quality control.

One of the main components of improving the reliability of manufactured electronic equipment is the use of modern design methods with an integrated approach and modern information technologies. Within the framework of various government programs, studies by leading industrial enterprises have confirmed the urgency of solving the problem of low-quality products due to a number of reasons: development of electronic equipment and its complexity; significant increase in the number of products, which leads to a decrease in their quality; functions performed by the equipment are becoming more complex; complete or partial shutdown of the operator; products are operated in rather difficult conditions. Obviously, with the development of the technological process, as well as with the tightening of competitiveness requirements, the most important task is to take an integrated approach to improving the characteristics of the set of properties of the equipment, which, in accordance with its purpose, must satisfy the needs of users.

## **CLIMATIC MODEL OF THE AREA OF COMBAT OPERATIONS (FLIGHTS) AS A SOURCE OF AVIATION OPERATIONAL EFFICIENCY IMPROVEMENT**

*S. Fedyuk; O. Kolodyazhnyi, Candidate of Technical Sciences; R. Dzhuraev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Military space assets are of critical importance for increasing the operational effectiveness of the aviation of the Armed Forces of Ukraine, as means of reconnaissance and communication in the areas of combat operations. Space assets are not protected from climate change. Climate change is increasingly affecting the ability to operate in space, thereby limiting the potential value of space assets for the needs of the Armed Forces of Ukraine in terms of operational effectiveness.

Climate change associated with space weather poses a significant threat to critical infrastructure both on Earth and in space. For example, in early 2022, a geomagnetic storm caused 40 Starlink Internet satellites of SpaceX to fail. Such phenomena increase the vulnerability of space technologies and create problems in terms of the effectiveness of the armed forces because they can lead to disruption of radio communications, affect the operation of power grids and global navigation satellite systems, and in the case of large geomagnetic storms, lead to a complete shutdown of satellites. For example, it is believed that the interference with communications during the 2002 military operation Anaconda in Afghanistan was caused by a serious space weather phenomenon called a plasma bubble.

It is advisable to forecast changes in the elements of the climate system on the basis of an appropriate climate model. A climate model can be defined as an algorithmic description of the global climate system based on physical, biological and chemical principles or laws. The modeling results obtained are averaged values: over the area of spatial regions (spatial resolution) and over a certain period of time (time step).

### **ANALYSIS OF INTERCONNECTION OF NAVIGATION AND AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEMS**

*O. Sheygas, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Torchylov; A. Mangela  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The technical subsystem is built taking into account the rational combination of navigation and air traffic control means. This is due to the close connection of these means in providing controllers with information on the progress of flights, which leads to the need to take it into account when determining the echeloning standards, building the structure of air routes and organizing the ATC sectors.

The controller and the crew have an approved flight plan and strive to ensure its accurate execution. However, under the influence of external factors, as well as inaccuracies in maintaining the specified flight paths, the actual movement is determined by a certain dependence. With the help of radio control equipment, signals about the actual location of the aircraft are sent to the end devices installed at the controller's workplace.

The dispatcher receives the information, compares it with the flight plan, and makes the appropriate decision. The decision is converted and sent to the aircraft in the form of a command or information message.

Based on the information, the controller regulates the movement of each aircraft in the general flow, based on the criteria of safety, regularity and efficiency of flights.

Thus, using an integrated approach to ensuring flight safety, it is possible to build a more rational structure of air routes, reducing the distance between the axes of parallel sections of the routes. In addition, the latest navigation aids help reduce the workload of the controller by reducing the number of cases associated with deviations from the established track width.

### **THE USE OF BARRAGE MUNITIONS IN MILITARY CONFLICTS**

*O. Stepanko; E. Eliseev; O. Nemov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The potentially high accuracy of the use of aviation barrage munitions provides the possibility of defeating a large group of important enemy objects and targets, control points, communication centers, mobile missile systems, radar stations, enemy anti-aircraft missile systems, ammunition and fuel and lubricant depots, as well as lightly armored military equipment, aircraft on the ground and in the air with non-nuclear weapons.

In modern military conflicts, airborne barrage munitions can conduct individual and group strikes on targets with known coordinates, acting on command from

ground (air, ship) control points, or conducting independent "hunting" in designated areas. Weapon systems such as airborne barrage munitions can perform the following tasks:

- air support of troops (forces) performing combat missions to destroy ground (surface), mainly small and mobile objects, at tactical and near operational depths;
- to engage the enemy with fire by the troops (forces) of the joint aviation groups and air defense, to engage enemy aviation and anti-aircraft targets, communications and equipment, to carry out sea and air attacks mainly in operational depth.

When hitting ground (surface) objects and targets using onboard expert systems, such munitions should have the following modes of operation:

- construction and maintenance of aviation barrage munitions combat formations,
- overcoming enemy air defense,
- targeted attacks and group action mode.

## **EFFECT OF WIND SHEAR AND METHODS OF ITS DETECTION DURING TAKEOFF AND APPROACH TO LANDING**

*V. Buzenovskiy; K. Buzenovska*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The distribution of wind in the surface layer of the atmosphere (up to an altitude of 100 m) has a significant impact on the take-off and landing of aircraft. Especially jeopardize is a sudden change in the wind regime during the plane's all trajectory of movement, which can be completely unexpected for the crew. The plane crosses the lowest layer of the atmosphere in such a short time that the limited reserve of height, speed, and responsiveness of the engines do not allow the pilot to counter the impact of a sudden change in the wind in a timely manner. A change in take-off and landing characteristics under the influence of a sharp weakening or strengthening of the wind became in a number of cases one of the main causes of flight accidents.

In civil aviation, significant progress has been made in recent years in the development of both ground-based and airborne equipment for wind shear detection and warning. In particular, great progress has been made in the development of Doppler radars and Doppler signal processing technology, leading to highly efficient ground-based systems specifically designed for wind shear detection/warning. Similar advances have also enabled the creation of forward view systems for wind shear detection/warning of wind shear that meet operational requirements for airborne equipment.

But military aviation and operated airfields, unfortunately, do not have that systems. Wind shear is especially dangerous for those airfields located near mountain ranges.

Strong wind shears are especially jeopardize when they occur in conditions of reduced visibility, low cloud cover, during precipitation and in the dark. Different than icing and thunderstorms, which can be detected visually or with the help of on-board technical means, wind shear is an invisible and often sudden phenomenon.

## **ANALYSIS OF AIRCRAFT COMBAT CAPABILITIES IN THE PERFORMANCE OF COMBAT MISSIONS**

*O. Stepanko; E. Eliseev; D. Bezverkha  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main components of the air force capable of successfully performing combat missions at operational and tactical depth is tactical aviation aircraft. Tactical aviation aircraft have a wide range of combat capabilities that allow them to perform a variety of tasks.

The first aspect is the speed and range of tactical aircraft. An important characteristic of these aircraft is their ability to reach high speeds and have a sufficient range to areas of operational and tactical depth.

The second aspect is the power of tactical aviation weapons. The ability of these aircraft to carry a high combat payload allows them to perform a wide range of combat missions in operational and tactical depth.

The third aspect is the maneuverability of tactical aviation. A quick change in the angle of attack reduces the likelihood of hitting the enemy, as well as applying maneuver tactics to achieve maximum effect when attacking targets in operational and tactical depth.

The fourth aspect is the ability to conduct electronic warfare. Electronic warfare systems are capable of countering enemy air defense systems and detecting them in a timely manner, which allows tactical aviation aircraft to successfully perform combat missions in the operational and tactical depth zone.

The fifth aspect is the navigation and control system of tactical aviation. The availability of a modern navigation and control system allows to effectively perform combat missions in operational and tactical depth, as well as to respond quickly to changes in the combat situation and counteract the enemy.

## **PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE INTERACTION BETWEEN FLIGHT CREW AND FLIGHT CONTROL GROUP (FCG) PERSONS**

*B. Telyatnik; O. Sitkov; V. Honchar  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The FCG performs regulatory actions primarily when pilots are unable to ensure scheduled and safe flight operations on the basis of self-management. The need for the FCG to intervene may not be directly dependent on the pilot himself. This happens, for example, if the pilot lacks information to make a decision or needs to change a task.

Flight activity is accompanied by exposure of the flight crew to specific, sometimes unfavorable, flight factors that may cause a state of tension in the pilot.

Situations that arise in flight vary in terms of their complexity and danger. Those that can develop into aviation accidents are called special cases. Emergencies cause pilots high tension, complicate intellectual activity, resulting in a significant increase in the time required to assess the situation and make a decision. At the same time, it is noted that in an emergency situation, the pilot's mental activity is focused on developing an action plan.

As a rule, the FCG take on the most difficult part of an emergency – they make decisions, develop an algorithm for the pilot's actions, if necessary, and pass it on to

the aircraft. The way out of a special case is carried out by joint actions of the flight chief (FC) and the pilot, which are characterized by high intensity and complexity. The question arises as to the psychological readiness of pilots and FCG personnel to interact in special cases.

### **GLOBAL AND DOMESTIC TRENDS THAT AFFECT THE CHANGE IN THE TACTICS OF AVIATION WARFARE IN ARMED CONFLICTS**

*V. Beskubskiy; A-M. Oleynikov; I. Oliynyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Among the main factors that have a significant impact on improving the methods and nature of combat aviation is the change of generations of aircraft, airborne weapons, weapons control systems, and air defense systems.

An analysis of generational changes in combat aircraft of the world's leading countries has shown that this is a rather lengthy and very costly process, which is almost unrealistic in the context of the Russian-Ukrainian war. At the same time, the development and use of the latest aviation weapons, communication systems and automation of aviation combat control (received from friendly countries over the past two years) on domestic aircraft of the 3rd and 4th generations has significantly increased the combat effectiveness of Ukraine's combat aviation against the Russian occupiers.

Ukrainian pilots have come close to their NATO counterparts in the transition from massive raids to targeted strikes (adapted, "scalpel actions") against specific targets; from close to long-range air combat; from symmetrical to asymmetrical combat using superiority in technology, information and initiative; from isolated to integrated combat in cooperation with other components of the joint group of our troops. All of the above will contribute to the qualitative transition of Ukrainian military pilots to Western aircraft, harmonization of the advantages of the latest weapons, decision support and combat management systems, as well as the effective realization of their combat potential.

### **GENERAL ANALYSIS OF TRAINING COMPLEXES AND SYSTEMS FOR TRAINING FLIGHT PERSONNEL OF THE ARMED FORCES OF THE LEADING COUNTRIES OF THE WORLD**

*V. Bulatsyk; O. Likhoy; I. Oliynyk; E. Tananin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the use of training complexes in the world's leading aviation countries shows that the leading countries invest significant financial resources in the development of simulators of various types and classes to ensure that military pilots acquire the skills to effectively use the combat potential of aircraft in various conditions. This approach is based on the following advantages of training complexes and systems: safety; cost-effectiveness; training effectiveness; interoperability and joint training with allied countries, including in a hybrid environment (simultaneously with real aircraft).

Recently, the integration of virtual reality (VR) and artificial intelligence (AI) into learning systems has become increasingly common. This integration of modern technologies provides a higher quality and more "immersive" learning experience,

allowing for personalized learning modes (training missions) adapted to the individual needs and capabilities of the learners.

The report also emphasizes the high cost of developing and maintaining state-of-the-art training systems, as well as the constant need for regular updates, especially of software. All of the above, as well as the temporary location, makes it difficult to equip and maintain the flight faculty with modern training facilities.

### **JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF INTRODUCING CREW RESOURCE MANAGEMENT INTO THE SYSTEM OF TRAINING CADETS IN THE FIELD OF TRANSPORT AVIATION**

*O. Kucheriavyi; I. Oliynyk; C. Rakhimova; O. Rodiuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The AN-26Sh plane crash that occurred on September 25, 2020, near Chuhuiv airfield was caused by many factors (including failure of one of the engine systems, time of day, etc.). In addition to the technical and external factors, there were those related to the human factor, namely: a stressful situation that affected the behavior of each crew member, as well as an insufficient level of coordination and teamwork in the crew. This tragic incident emphasized the need to introduce a course in the flight training process on "Crew Resource Management" (CRM).

CRM is a methodology of teamwork that requires systematic practice and training on the relationship between crew members in the same cockpit, including leadership and decision-making. The main "functions" of CRM include:

- proper consideration of risks;
- distribution and assignment of tasks and priorities;
- improving communication when working in a team (crew);
- preventing mistakes in a difficult or dangerous situation;
- and systematization and improvement of the decision-making process.

It is emphasized that the implementation of the CRM methodology is primarily aimed at improving the training of cadets in the field of transport aviation, and requires a detailed study (analysis) and development of proposals for further improving the quality and efficiency of flight training of cadet pilots.

### **COMPARISON OF ORGANIZATION PROCESSES AND EXECUTION OF COMBAT FLIGHTS ACCORDING TO NATO STANDARDS**

*A. Hava; I. Oliynyk; D. Shapovalov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of foreign sources has shown that, despite some differences, the process of organizing and conducting combat flights in accordance with NATO standards in different NATO member states is almost universally the same. Practical confirmation of this assumption is the multinational international exercise "Clear Sky 2018", where Ukrainian military pilots were directly involved in briefings on preparing for tactical missions in preparation for missions.

The formal difference from the national system of flight and tactical training is the difference in names: according to NATO standards, the organization and execution of combat flights is based on missions, while according to Ukrainian regulations, it is based on exercises. At the same time, a significant difference is in

the forms and methods of training and flight operations, as well as goal setting: the mission has a higher purpose and responsible role compared to the exercise.

The comparison of these processes resulted in the following conclusions:

– standards allow to ensure unity of approaches to the processes of organizing and performing flights of aviation personnel from different countries, ensuring interaction, safety and efficiency of performing certain tasks;

– the purpose of the standards is to harmonize actions and simplify communication between structural elements during the preparation and conduct of combat operations.

### **VIEWS ON THE TRAINING OF CADETS PILOTS FOR WESTERN AIRCRAFT**

*O. Vovk<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; I. Oliynyk<sup>1</sup>;  
A. Hava<sup>1</sup>; R. Rud<sup>2</sup>; A. Shirokiy<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Istituto Tecnico Aeronautico Gallarate;*

*<sup>3</sup>UAV Engineering*

According to information obtained from The New York Times, twelve Ukrainian pilots are expected to be ready to fly the F-16 by this summer after training in Denmark, the United Kingdom and the United States, and the Air Force may receive its first six F-16s in July. Thus, 2024 may be the starting date for the adoption and mastery of Western combat aircraft models. The question immediately arises as to what to do with the university-based training system for future military pilots: should it be left as it is, or should it be improved with a view to the future prospect of a complete transition to Western aircraft.

Taking into account the experience of the Republic of Poland, it is worth developing and implementing a roadmap for creating a training system for Western aircraft models, including by modernizing the existing fleet of training aircraft and obtaining new models with Western avionics and weapons control systems. This can ensure that cadets master EFIS avionics, acquire skills in using multifunctional displays and flying in international airspace already during the initial and basic flight training, which in the future can reduce the time for transition to modern Western-style aircraft and achieve full interoperability with NATO aviation units and the possibility of participating in international exercises and missions.

### **IMPROVING TACTICAL TRAINING OF CADET PILOTS USING MODERN TECHNOLOGIES**

*A. Hava<sup>1</sup>; V. Ishchuk<sup>1</sup>; I. Oliynyk<sup>1</sup>; R. Rud<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Istituto Tecnico Aeronautico Gallarate*

Today, there is a tendency to enroll cadets who already have previous experience in individual and group training to master modern flight and navigation complexes and systems, methods and ways of navigation according to ICAO practices, as well as combat use of aircraft in service with the Air Force and Western-made aircraft using flight simulators.

At the same time, the general attitude to the use of flight simulators in flight training is still ambiguous. On the one hand, there is an opinion that the use of flight



simulators at the initial stage can lead to the development of harmful skills that may further interfere with the acquisition of piloting skills in real aircraft.

Another opinion is that the competent use of the advantages of modern technology can significantly reduce the cost of flight training. In addition, a new approach to tactical training of cadets can allow laying the foundations of situational awareness, tactical thinking and the basis of the image of combat use using new methods and technologies at the initial stage of formation of an air fighter. At the same time, given the prospects of transition to Western models of combat aircraft systems, there is a possibility of virtual flights (missions) with foreign flight schools (pilots), which will facilitate practical familiarization with foreign approaches to the tactics of combat operations by aviation from the cadet stage.

### **INTRODUCTION OF MODERN METHODS IN THE CADET TRAINING SYSTEM**

*I. Oliynyk<sup>1</sup>; A. Sushko<sup>1</sup>; V. Oliynyk<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University*

First, the pandemic, and then the large-scale Russian-Ukrainian war led to significant changes in the field of education in Ukraine. Among the main problems recognized by the State Education Quality Service of Ukraine is the transition to online (distance) education, with: the impossibility of ensuring constant access to offline classes and meeting the class schedule; insufficient adaptability of forms and methods of work of teachers and educational and material base to distance learning. Also, the educational process is hindered the most by air alarms. This leads to educational losses and gaps in the knowledge of those who study.

Educational losses in Ukrainian educational institutions are often compensated by providing materials for self-study. However, due to the decline in the level of academic discipline associated with online learning, students have significantly lost their skills and abilities to learn, especially independently.

Thus, in recent years, a negative trend has been observed – a permanent decline in the general level of knowledge of those entering the university and their ability to learn. In order to improve the ability of cadets to learn, including independent learning, the method and improved four-step technique of the world-famous physicist Richard Feynman using the "closest friend" of each cadet – a smartphone – is proposed for discussion and implementation.

### **WAYS TO ADAPT THE RULES AND PROCEDURES FOR ORGANIZING AND PERFORMING FLIGHTS TO NATO STANDARDS**

*V. Makarenko; I. Oliynyk; I. Cherepenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Military experts of the Alliance consider that intensive training of Ukrainian military personnel according to NATO standards played a significant role in the effective actions of the Ukrainian armed forces. This training, which intensified in the period preceding the large-scale armed invasion over several years, facilitated the preparation of tens of thousands of Ukrainian military personnel from ground and maritime components.

Regarding the aerial component, in comparison to the ground and maritime components, the transition to NATO standards is proceeding considerably slower, raising questions about the regulations, procedures, and standards under which the first pilots undergoing training on F-16 aircraft will operate upon their return to Ukraine.

It is proposed to discuss the following roadmap:

- implementation of NATO standards into flight training programs.
- implementation of best practices for organizing and conducting flights based on the experiences of partner countries.
- active integration of experience from the Russian-Ukrainian war.
- enhancement of professional training courses for cadet pilots.

The transition from Soviet models to NATO training standards and doctrines will contribute to a robust, modern, and highly effective defense of the state and will lead Ukraine to achieve full operational compatibility with NATO.

The future of Ukraine lies within NATO.

## **PECULIARITIES OF COMBAT USE OF UNGUIDED MISSILES OF THE ZUNI AND HYDRA TYPES FROM MI-24 AND MI-8 HELICOPTERS**

*V. Pomazuyev*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The intensity of the use of army aviation during the air support of ground troops in the Russian-Ukrainian war requires a large consumption of aviation weapons, namely unguided missile weapons, which have proven their effectiveness on the battlefield. This has led to a rather rapid consumption of stocks of domestically produced unguided aerial missiles (UAMs) (S-8, S-13). Therefore, helicopters are flying UAS provided by partner countries (such as Zuni and Hydra).

According to the operating instructions for Mi-24 and Mi-8 helicopters, the combat use of these types of missiles is not provided for.

The combat use (launches) of SLBMs from the cabriole mode involves precise maintenance of flight parameters (speed, altitude, flight course) before launch, the rate of launch (changes in pitch angle at a constant and optimal angular velocity) and clear fixation of the set pitch angle at the time of firing. Therefore, this method of attacking a target requires almost no adjustments to the helicopter's sighting systems.

However, the firing of SAMs from horizontal flight due to the difference in the tactical, technical and ballistic characteristics of the SAMs provided (from the technical characteristics of S-8, S-13) leads to the accumulation of errors in the sighting systems of domestic helicopters, and as a result, to a decrease in the effectiveness of fire damage to ground targets, or a miss.

Therefore, this requires additional tests and calculations of corrections to the sighting systems of Mi-24 and Mi-8 helicopters in the combat use of Zuni and Hydra.

## **THE MAIN LINES OF WORK AND THE CLASSIFICATION OF THE ELECTRONIC WARFARE EQUIPMENT**

*O. Kovalenko; V. Kashko; Y. Ostapenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the experience of combat operations in the Russian-Ukrainian war demonstrates the importance and necessity of using electronic warfare to increase the effectiveness of protecting one's forces from enemy weapons.

Electronic warfare (EW) is a set of measures that interferes with enemy electronic means and complicates the operation of enemy communication systems. The main tasks of electronic warfare are to detect enemy surveillance equipment, disorient it and protect your electronic systems from enemy influence.

Among the areas of work of electronic warfare equipment are the following: reconnaissance, countermeasures, protection, and technical control.

Reconnaissance is the collection of information about the enemy's location and actions through intercepted communication channel signals.

Counteraction or suppression is the disruption of the operation, reduction of the effectiveness of enemy electronic systems and means through radio interference, false targets or traps. There are radio, radio-technical, optoelectronic and hydroacoustic suppression.

Protection – actions to protect personnel, facilities and equipment from the effects of hostile electronic warfare.

Technical control – radio, radio engineering, photographic, visual and optical control, as well as control of the effectiveness of information leakage protection during transmission and processing.

Electronic warfare systems vary in size and form, from devices that fit in a pocket to radar arrays and transmitter-receivers that are transported by land or air.

By range, electronic warfare can be divided into tactical (up to 50 km), operational and tactical (up to 500 km) and strategic (over 500 km).

#### **SOME ISSUES IN THE APPLICATION OF TELEMETRY SYSTEMS ON UNMANNED AIRCRAFT**

*A. Rustamov<sup>1</sup>; A. Gasanov<sup>1</sup>; M. Azizullayev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan);*

*<sup>2</sup>National Aerospace Agency (Baku, Azerbaijan)*

Telemetry is the technology used to receive, record and transmit various data collected by UAVs during flight, collecting basic information such as its flight status, position, speed, altitude and battery level. It can also provide information such as interior and exterior conditions, engine temperature, engine speed, and GPS location. This information is essential to monitor in real-time how the UAV is operating and under what conditions, to optimize flight parameters, ensure safety and intervene when necessary. Telemetry systems provide operators with detailed information to ensure safe UAV flight, as well as collect data for analysis or further review. It processes data received from various sensors and can transmit them to a control station, an operator or a ground station. The UAV operator can receive information about its condition during flight and intervene if necessary. It is essential to ensure safe and efficient operation. The data provided by the telemetry systems have a great impact on the UAV's flight quality, safety and ability to successfully perform its tasks. Telemetry systems may include: flight control systems; positioning GPS/GNSS systems; sensors that monitor altitude and other flight parameters; cameras and sensors to monitor battery level, power consumption and power status. RFD-900X, 3DR radio and RFD-868x telemetry modules are currently used. In order to investigate the effective application of these telemetry tools, using the methodology given in [1-4], the RFD 900X for a distance of 10 km, the RFD 868x for a distance of 40 km, it is appropriate to use telemetry system [5-6].

References:

1. Gasanov, A.Q. Solving problems of mathematical modeling of military systems. Textbook. – Baku: Military Publishing House, – 2018, – 120 p.
2. Piriye, H.K., Hashimov, E.G., Bayramov, A.A. Modelling of battle operations. Monograph. Baku: Military publishing house, 2016. 250 p.
3. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Gasanov, A.Q. Mathematical modeling of military systems. Textbook. – Baku: Military publishing house, – 2018. – 266 p.
4. Makarenko, S.I. Analysis of means and methods of countering unmanned aerial vehicles. Functional damage by microwave and laser radiation // – St. Petersburg: Control, Communication and Security Systems, – 2020. No. 3, – p. 122-157.
5. Genç, Y. M. Erciyes, E. İnsansız Hava Araçları. Tehditleri ve Güvenlik Yönetimi. // Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, – 2020. No. 2(2), – s. 36-42.
6. Filin, E.D., Kirichek, R.V. Methods for detecting small unmanned aerial vehicles based on electromagnetic spectrum analysis. // Information technologies and telecommunications, – 2018. vol.6. No. 2, – p. 87-93.

### **SOME ISSUES IN PLANNING AIR DEFENSE SYSTEMS AGAINST LOW ALTITUDE AIRCRAFT**

*A. Gasanov; A. Guliev  
National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Detection and destruction of low-flying supersonic targets is one of the most difficult tasks for air defense. Low-flying targets such as cruise missiles and drones have high maneuverability and low radar and infrared visibility, making them difficult to detect and vulnerable to attack. One of the main aspects of destroying these targets is the selection of effective missile systems. Modern anti-aircraft missile systems are equipped with high-precision missiles with integrated guidance and control systems, capable of effectively hitting low-flying targets in active maneuvering conditions [1-3].

In order to prevent air attack threats, the air defense of Azerbaijan uses "Favorit" S-300 PMU-2, "Ildrim-8" and "Ildrim-8ER", etc. armed with anti-aircraft missile complexes, which are equipped with active missile warheads and modern destruction algorithms, designed to destroy airplanes, helicopters, unmanned aerial vehicles, cruise and ballistic missiles, and to constantly protect the airspace of our country from the enemy's Air Attack Vehicles.

Common features of the processes of detection and destruction of drones, as well as air defense, existing technological system deficiencies in Radio Electronic Combat complexes, which lead to a decrease in combat effectiveness against drones. The experience of both the 44-day Patriotic War and other conflicts with the use of UAVs showed that at the initial stage of operations, after breaking the enemy's air defense system, which is constantly operating over the battlefield, receiving intelligence information in real time and "air-to-ground" UAVs that can immediately attack targets with missiles of the type can seriously affect the fate of combat operations as a more effective means of delivering accurate strikes [4].

Taking into account the wide nomenclature of UAVs, which differ significantly in terms of flight speed and mass size parameters, it can be argued that they are a very difficult target for existing and prospective air defense systems.

The integration of anti-aircraft missile systems into a single air defense system and the coordination of actions between various types of weapons and

reconnaissance means allow to create a powerful air security system and effectively fight against low-flying supersonic targets in various combat scenarios.

Detection and destruction of low-flying supersonic targets with an anti-aircraft missile complex is a complex but solvable task thanks to the integration of advanced technologies, sensor systems and weapons. Modern anti-aircraft missile complexes are highly effective and provide reliable defense against air attack threats, including low-flying supersonic targets, and their role in modern military security is very important.

Air attack vehicles operating at low altitude are cargo and reconnaissance aircraft, fighter aircraft, helicopter, cruise missile, unmanned aerial vehicle, armed unmanned aerial vehicle, air defense systems against drones (S-125 2TM, BUK-MB, Ildırım-8, S-300 PMU2, TOR, PATRIOT, PANSIR S-1, NASAMS-III, ZQ-23-2, IQLA-S, Strela-10, SA-AK(M)) were considered. To solve the problem, let's assume that the air defenses are the first party (the player) and the low-altitude air attacks are the second party (the player). If we use the game theory [5], taking into account the tactical and technical features of air defense systems against air attack vehicles operating at low altitude, it is appropriate to use the Ildırım-8 anti-aircraft missile system against drone attack vehicles during the combat operation and to continue the battle [6,7].

References:

1. Hasanov A. H., Hashimov E. G. Analysis of the effectiveness of communication and automated management systems //Modern directions of development of information and communication technologies and management tools, Abstracts of reports of the 12th Int. Scientific and Technical Conf. – 2022. – T. 1. – p. 1-4.
2. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – T. 13. – №. 2.
3. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – T. 3. – №. 4. – C. 21-31.
4. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:“National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3. – C. 7.
5. Piriyeve H. K. et al.. Modelling of the battle operations // H.K.Piriyeve, E.G.Hashimov, A.A.Bayramov // Monografiya, Herbi Nashriat”, Baku. – 2017.
6. Hashimov E.Q., Talibov A.M., Gasanov A.G. Mathematical modeling of military systems. Textbook. -Baku: Military publishing house, – 2018. -266 p.
7. Gasanov A.G. Solving problems of mathematical modeling of military systems. Textbook. – Baku: Military Publishing House, – 2018, – 120 p.

## **SOME POSSIBILITIES FOR USING A FLOCK OF UAVS**

*A. Hasanov; B. Huseynov*

*National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Today, in the world, multi-purpose drones with missions such as "lossless combat", "valuable target attack" and "drone swarm attack" are keeping on developing their techniques [1-2]. In this regard, detection of enemy targets and their resources, their automatic recognition and tracking, as well as autonomous decision-making for destruction involving high-precision weapons or armed UAVs are considered promising directions for UAVs [3-5].

The key concept in swarm UAV technology, which countries have begun to work intensively on today. Similar behaviors of various creatures in nature, including their appearance and harmonious movement, were effective in the emergence of the idea of swarm UAVs [6]. A swarm of UAVs operating within the scope of a mission can be defined as a system of systems [7]. A system includes independent systems combined to meet mission requirements. While these systems may have their own unique features, it is also possible they have similarities. Likewise a new system is required for a particular task. They are brought together as a system of systems to create capability.

Bringing together multiple UAVs under the umbrella of a system of systems creates a new capability to accomplish an intended mission. Therefore, in missions carried out with a swarm UAV, no single vehicle is responsible for the task. Rather, the entire system is responsible for the successful execution of the task. For example, when a UAV is designed to perform a reconnaissance mission with high-resolution cameras are integrated with a UAV capable of transmitting data at a higher speed. A new capability is created that allows images to be transmitted more quickly to the ground station. In this example, designing a single system combining both features (high-resolution camera and high data transfer rate) could be time-consuming and costly.

References:

1. Hashimov E.G., Huseynov B.S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku: "National Security and military knowledges.– 2021. – №. 3. – p. 14-24. <https://mod.gov.az/images/pdf/7440712d93276d13d09990c7a1e203ea.pdf>

2. Huseynov, B.S., Hashimov, E.G. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War // Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. Vol. 3. – Baku – Kharkiv – Bielsko-Biala: November 16-17, – 2023, – p. 10-11. doi: <https://doi.org/10.32620/PI.23.t3>

3. Bayramov A., Hashimov E. Seismic location station for detection of unobserved moving military machineries //Journal of Management and Information Science. – 2016. – T. 4. – №. 2. – C. 61-66.

4. Bayramov A. A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology //Geography and nature sources. –2016.–C. 124-126.

5. Bayramov A. A., Hashimov E. G. Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain //Defence Science Journal. – 2018. – T. 68. – №. 4. – C. 343.

6. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

### **SOME ASPECTS OF DETECTION OF UAVS WITH ELECTRO-OPTICAL SYSTEM**

*R. Maharramov<sup>1</sup>; E. Hashimov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan);*

*<sup>2</sup>Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan)*

The experience of local wars and military conflicts around the world shows that in order to minimize the loss of manpower in wars and to make operations more effective, operations conducted without the participation of manpower will be more preferred in future wars. Thus, the wide use of reconnaissance UAVs and blow UAVs in conducting combat operations has shown their effectiveness [1-4].

One of the main problems for air defense systems is the development of UAVs. Timely detection of small-sized, relatively silent and low-altitude UAVs by Air Defense Systems becomes difficult. Special colors and protective layers are used in the development of UAVs, which make them difficult to detect by visual observation posts or radiolocation stations [5-6].

In order to combat UAVs more effectively, it is important to detect them quickly at a long distance also as well as in the dead canyon.

The field of vision of radiolocation stations is determined by the design of the RLS antenna and its operating characteristics (wavelength, transmission power and other parameters) [7-8].

In order to effectively detect UAVs in a dead zone, when creating a radiolocation area, it is necessary to pay attention to the battle position of radiolocation stations and the number and placement of visual observation posts equipped with an electro-optical system in the area.

In the paper is investigated the problem of detecting of the enemy's unmanned aerial vehicles flying in a dead ravine in the direction probable flight by means of an electro-optical system placed on a visual observation post.

References:

1. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku: "National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3. – p. 14-24.

2. Hashimov E. G. et al. Development of the multicopter unmanned aerial vehicle // National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31.

3. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.

4. Huseynov, B.S., Hashimov, E.G. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War // Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. Vol. 3. – Baku – Kharkiv – Bielsko-Biala: november 16 – 17, – 2023, – p.10-11. doi: <https://doi.org/10.32620/PI.23.t3>.

5. Hashimov E., Khudeynatov E. METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE AIR DEFENSE SYSTEM // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – 2024. – Т. 1. – №. 75. – С. 21-27.

## **SOME ASPECTS OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF UAVS IN AN ELECTRONIC WARFARE ENVIRONMENT**

*A. Rustamov<sup>1</sup>; A. Gasanov<sup>1</sup>; M. Azizullayev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Military Scientific Research Institute (Baku, Azerbaijan);*

*<sup>2</sup>National Aerospace Agency (Baku, Azerbaijan)*

The experience of war and armed conflict of recent years shows that the use of innovative methods in modern combat operations can increase the accuracy of weapons and the ability to select targets, giving greater priority to information conflict, the application of intelligence and armed UAVs integrated with computer modeling, new management and coordination systems. To significantly reduce manpower losses, as well as create an advantage over the enemy both in terms of strength and morale-psychology [1].

In this regard, detection of enemy targets and their resources, their automatic recognition and tracking, as well as autonomous decision-making for destruction

with high-precision weapons or armed UAVs are considered promising directions for UAVs [2-4]. Also, since the continuous shooting of small-sized and inexpensive UAVs with expensive defence from attack of air missiles does not benefit any country, the development of radio electronic combat systems against them has reached a significant level [5]. radio electronic combat systems create major obstacles in the flight and movement of UAVs along the route. These obstacles are UAV 's may lead to loss or capture of its control by the enemy [6].

Radio electronic combat ( Electronic Warfare – EW) in order to prevent the use of radio frequencies by enemy forces and to ensure their effective use by friendly forces eavesdropping is activities such as detection and prevention of the enemy's actions and reducing their effectiveness [7]. Below are the various modules and systems used in the effective control of UAV in radio electronic combat conditions.

1. These are important control systems used to manually control UAVs. The operator controls the flight parameters and movements of the UAV through this controller This control system includes Telemetry, Reciever, LI- po battery, Electric motor, Android tab, 8-channel PWM board, Power module, GPS module, External SWITCH, ESC and PIXHAWK MINI components.

2. Autopilot Systems: Autopilot systems are used for the automatic flight capabilities of UAVs. These systems can follow pre- programmed routes, perform special tasks and control the UAV during flight [7].

3. To the ground Control Program (GCS): From Earth management program of UAV data monitoring, management making and exchange for use is being This program to the operators PUA's \_location, condition, battery level, video information from cameras and other important data shows [8-10].

4. GPS and Sensors: GPS and other various sensors of the UAV position certain to do, the speed and height to watch and surroundings environment variables revealed make for use is being this information is from PUA safe to fly opportunity gives [11-13].

5. Control and Contact Links: UAVs with the operator connection keep for often management and communication from connections use they do These links telemetry modules tool with is being conducted. To this modular UAVs commands acceptance to do and with the operator information exchange to take opportunity gives [7].

Above shown of modules combination radio electronic combat of UAVs in combat conditions effective management to be done provided does and forward placed various assignments successfully instead of to give opportunity gives.

References:

1. Barkhudarov, R., Hashimov, E.G, Talibov, A.M. Artificial intelligence and autonomous weapon systems // – Baku: National security and military sciences, – 2021. No. 2 (7), – pp. 7-14.

2. Bayramov, A. A. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // A.A.Bayramov, E.G.Hashimov, R.R.Amanov/ – Baku:Geography and nature sources. – 2016, № 1. – p. 124-126.

3. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. – 2015. – T. 1. – №. 1. – C. 128-132.

4. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – C. 185-188.



5. Makarenko, S. I. Robotics complex military appointment - modern state of affairs and perspectives розвитку: [ Electronic resource ] / Systems control, communication and security. – 2016. No. 2., – v. 74-124. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/04-Makarenko.pdf>.

6. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – Т. 13. – №. 2. – p. 107-112.

7. Hashimov, E., Maharramov, R. Analysis of combating methods against unmanned aerial vehicles // – Baku: Military knowledge magazine, – 2023, No. 1. – pp. 31-41.

8. Hashimov, E.G, Khudeynatov, E. K. Evaluation of the effectiveness of the application of UAV systems in modern wars // – Baku: Military knowledge, – 2022. No. 1 (January-March), – pp. 11-17.

9. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:“National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3. – С. 7.

10. Hasanov A.H., Hashimov E.G. Analysis of the effectiveness of communication and automated management systems //Modern directions of development of information and communication technologies and management tools, Abstracts of reports of the 12th Int. Scientific and Technical Conf. – 2022. – Т. 1. – p. 1-4.

11. Hashimov, E., Muradov, S. Application of stable navigation system in reconnaissance unmanned aerial vehicles // – Baku: National security and military sciences, – 2022, No. 3 (8). – pp. 36-43.

12. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //АНМС after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.

13. Piriyeв G. K., Hashimov E. G., Bayramov A. A. Modelling of the battle operations //Monografiya, Herbi Nashriat”, Baku. – 2017.

## **ВИКОРИСТАННЯ ОБ’ЄКТНО-ДІЯЛЬНІСНОЇ МОДЕЛІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*М.В. Комаров*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Аналіз нормативно-правових актів, що регламентують метрологічне забезпечення (далі – МЛЗ) випробувань озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) виявив наявність складності та особливості застосування стандартів НАТО в Збройних силах України.

Одним із шляхів спрощення перехідного періоду інтеграції стандартів НАТО є використання бази нормативної документації, побудованої на основі об’єктно-діяльнісної моделі (далі – ОДМ) МЛЗ випробувань ОВТ.

ОДМ МЛЗ випробувань ОВТ – це системне представлення сукупності об’єкту діяльності, суб’єкту діяльності, нормативних документів різного рівня, мети та процесів діяльності з МЛЗ випробувань ОВТ. Об’єктом діяльності є дослідний зразок ОВТ. Суб’єктом діяльності є підрозділи з МЛЗ випробувань ОВТ.

Пропонується ОДМ МлЗ випробувань ОБТ у вигляді структурної схеми, всі елементи якої пов'язані між собою структурними зв'язками. Кожний елемент ОДМ є інтерактивним. За рахунок використання гіперпосилань можна переходити від елементів першого рівня до елементів наступного рівня деталізації. Ступень деталізації елементів можна поглиблювати до необхідного рівня.

Використання ОДМ МлЗ випробувань ОБТ дозволить:

- накопичувати та передавати надбаний досвід молодим фахівцям;
- скорочувати непродуктивне витрачання робочого часу (час на пошук необхідних нормативних документів);
- узагальнювати та формалізувати типові процедури;
- усувати недоліки та ризики, що до порушення порядку проведення МлЗ;
- спонукати особовий склад, що задіяний у МлЗ випробувань ОБТ до самовдосконалення.

### **COMPREHENSIVE ADEQUACY ASSESSMENT OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS TRAINING DEVICES**

*A. Neveskyi; M. Hudkov, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The perspective of supplying modern fighter jets such as F-16 Fighting Falcon, Saab JAS Gripen and A-10 Thunderbolt II attack aircraft forces to put forward higher requirements for the level of training of flight control group (FTC) personnel, since the success and quality of performance largely depends on their professional actions combat tasks and ensuring the established level of flight safety. At the same time, in the modern conditions of repelling armed aggression, Ukraine found itself in a difficult economic situation, which makes it urgent to develop measures aimed at increasing the effectiveness of the training of the Armed Forces of Ukraine, in particular, members of FTC.

As the analysis of the global experience of aviation personnel training showed, the most widespread approach to solving the specified task is the use of technical training tools (simulator). The modern development of aviation simulator construction allowed the International Civil Aviation Organization (ICAO) to approve the "Manual on the criteria for the qualification assessment of flight simulators – Airplanes" Doc. 9625 (English. Manual of Criteria for The Qualification of Flight Simulation Training Devices – Airplanes). The European Aviation Safety Association (EASA) to issue the "Joint Aviation Requirement – Flight Simulator Training Device JAR-FSTD", to the Federal Aviation Administration (FAA) to adopt the Personnel and Flight Training Equipment Requirements Federal Aviation Regulations (FAR) Title 14 CFR Part 142). The existence of the appropriate regulatory framework allowed for flight crew members to take into account the acquired flight on aviation simulators of the appropriate class (up to 70% of the total flight) when determining (confirming) the level of flight training. This situation had a significant positive impact on the economic component of flight training and its effectiveness.

There is no such regulatory framework for aviation personnel who manage aircraft flights. The reason for this situation was the objective existence of certain difficulties in assessing the adequacy of training systems (TSs) used in the process

of training members of the FTC and carrying out on their basis the classification of such TSs

The report proposes an approach to calculating the adequacy of the TS of FTC, which is based on the results of measuring the magnitude of external stimuli, which are modeled for the appropriate impact on the sensory systems of a person undergoing training. The application of the proposed approach, along with taking into account the degree of correlation between stimuli and their "weight" when making decisions on air traffic control, makes it possible to assess the comprehensive adequacy of the TS of the FTC. The developed technique, which is based on the proposed approach to assessing complex adequacy, is as devoid of heuristic elements as possible. Therefore, the results of the assessment of complex adequacy obtained by its application can be used to conduct an objective classification of the relevant TSs used in the process of training persons of FTC. The existence of the specified classification creates a basis for making informed decisions about taking into account the results of the training of FTC personnel at the airfield on practical control of aircraft flights. Such consideration will have a positive impact on the economic component of conducting training of FTC personnel at the airfield and will ensure an increase in flight safety indicators to a reduction in the number of practical flights aimed at maintaining, restoring or increasing the level of flight management capability of FTC personnel.

## **УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОМ АВІАЦІЙНИХ ГТД НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПОШКОДЖЕНОСТІ РОБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБІН**

*С.В. Лайське*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Проблема управління ресурсом авіаційних ГТД не втрачає актуальності, а її важливість ще раз підкреслюється в постанові КМ України “Про затвердження Особливостей розроблення модернізованих літальних апаратів Збройних сил України та їх закупівлі із залученням іноземних суб’єктів господарювання в умовах особливого періоду”, яке регулює порядок розроблення, освоєння та випуску нових видів продукції оборонного призначення із залученням іноземних суб’єктів господарювання. При цьому передбачається передача ЛА із залишками ресурсних показників. У цьому аспекті корисним є впровадження автоматизованого моніторингу ресурсолімітуючих елементів, а саме робочих лопаток (РЛ) турбін авіаційних ГТД. Розробка системи автоматизованого моніторингу спирається на доцільне забезпечення: математичне (математичні моделі оцінки пошкодженості); організаційне (методи та алгоритми збору, передачі, реєстрації та обробки параметричної інформації), документаційне (порядок документування результатів); апаратне, програмне, технологічне та інше. Основними вхідними даними такої системи є зареєстровані протягом польоту значення фізичних величин функціональних параметрів ГТД. Процес моніторингу включає автоматизовані процеси первинної обробки вхідної польотної інформації, вторинної обробки за алгоритмами кількісного і логічного аналізу для усунення грубих помилок і збоїв реєстрації, визначення додаткових нерезреєстрованих параметрів.

Розрахунок пошкодженості РЛ на кожному режимі роботи двигуна та визначення її сумарного значення за контрольований період слугує підґрунтям для проведення аналізу технічного стану РЛ, визначення залишкового ресурсу, розробки рекомендацій та прийняття рішення щодо подальшої експлуатації авіаційних ГДТ.

## **РОЗШИРЕННЯ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕРТОЛЬОТІВ ЗА РАХУНОК НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*Є.Ю. Рашевський; Н.М. Пантєлєєва, д.е.н., к.т.н., проф.; Р.Р. Коханівський  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

В умовах повномасштабної війни розширення бойових можливостей вертольотів є вкрай важливим для їх цілодобового бойового застосування. Це досягається, поряд з іншим, через застосування окулярів нічного бачення (ОНБ) з адаптованим світлотехнічним обладнанням. Функціональність ОНБ забезпечує поєднання технології оптико-електронного покращення зображення або цифрового покращення зображення, та технології нічного бачення (тепловізор).

Використання ОНБ для польотів вночі потребувало проведення упродовж 2011-2020 рр. випробувань, за результатами яких були встановлені тимчасові експлуатаційні обмеження для вертольотів типу Ми-8. Враховуючи необхідність і гостру потребу їх зняття, у вересні-жовтні 2023 р. виконано програму спеціальних випробувань вертольотів типу Ми-8 при польотах вночі в режимі кабрування в ОНБ із застосуванням некерованого ракетного озброєння. Було доведено можливість здійснення польотів на гранично малій висоті над рівнинною поверхнею на висотах не менше: 10 м (5 м – короткочасно) – вдень (проти 15 м); 30 м – вночі (проти 50 м); крен при маневруванні не більше  $30^0$  (проти  $20^0$ ). Оцінка забезпечення рівня безпеки польотів дозволила зробити висновок про її залежність від рівня природньої освітленості місцевості, метеоумов і характеру місцевості, технічних, внутрішніх і тактичних факторів. Зняття обмежень здійснено шляхом внесення відповідних змін до документації з льотної експлуатації вертольотів типу Ми-8. Передбачається проведення спеціальних випробувань із застосуванням усієї номенклатури авіаційних засобів ураження, виявлення особливостей польотів вертольотів типу Ми-24 вночі в ОНБ за видами тактичних задач.

## **РОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*І.І. Шовкошитний<sup>1</sup>, к.військ.н., с.н.с.; О.А. Василенко<sup>2</sup>,*

*Ю.М. Коломієць<sup>1</sup>, Ph.D.; Я.В. Ярошенко<sup>1</sup>, Ph.D.*

*<sup>1</sup>Національний університет оборони України*

*<sup>2</sup>Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Нині підрозділами Збройних Сил України для виконання бойових завдань використовуються переважно поодинокі БпЛА, які уражають поодинокі наземні цілі (танки, бронетранспортери, мінометні обслуги тощо). Така тактика застосування БпЛА дає можливість досить ефективно уражати цілі. Разом із тим, досвід армій провідних країн світу показує, що ефективність

застосування на полі бою ударних БпЛА істотно підвищується, якщо застосовувати групи БпЛА по різних типах цілей (одиначних, групових) одночасно.

При цьому одним із перспективних напрямів є застосування ударних БпЛА зі штучним інтелектом на основі алгоритмів самоорганізації. Рій ударних БпЛА може ефективно уражати цілі, а протидіяти йому досить складно. Для забезпечення спільних узгоджених дій рою ударних БпЛА використовуються такі основні алгоритми самоорганізації: самовиявлення рою; самоіменування рою; самоузгодження рою; самовпорядкування рою в просторі; алгоритм самосинхронізації рою в часі; самоорганізації рою за параметром тощо.

Тому, з метою застосування групи БпЛА, яка здатна до самоорганізації розглянуто шляхи вирішення проблемних питань ройового застосування груп (роїв) ударних БпЛА. Визначено основні напрямки підвищення ефективності ройового застосування ударних БпЛА.

Таким чином, вирішення питань застосування групи БпЛА, яка здатна до самоорганізації, є перспективним та дасть змогу підвищити ефективність застосування БпЛА порівняно із застосуванням поодиноких апаратів.

#### **СЕКЦІЯ 4**

### **СТВОРЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВІДСІЧІ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ**

Керівники секції: генерал-майор Скоренький П.Е.;  
д.т.н. проф. полковник Ковтонюк І.Б.  
Секретар секції: підполковник Семенюк Р.В.

#### **FEATURES OF ENGINEERING AND AVIATION APPLICATION AIRCRAFT PRODUCTION OF PARTNER COUNTRIES**

*P. Skorenkiy<sup>1</sup>; O. Bratus<sup>1</sup>; I. Kovtoniuk<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor  
<sup>1</sup>Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the conceptual level, the peculiarities of engineering and aviation support for the use of aircraft manufactured by partner countries are considered. The requirements for the preliminary training of the personnel of the aviation engineering services of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, which will be involved during the engineering and aviation support for the use of foreign-made aircraft, have been formulated. Deadlines for preparation for the proposed stages of preparation and reporting on the results of each stage have been established. The sequence of training and the quantitative and qualitative composition of the necessary personnel of engineering and aviation services to ensure the operation of aircraft manufactured by partner countries has been formed.

Measures have been determined to ensure the combat capability of aviation brigades, taking into account the available number of operational airfields, the amount of work on the restoration and maintenance of aviation equipment.

Operational documentation has been established and the main tasks of the engineering and technical staff regarding the technical operation of aircraft manufactured by partner countries have been defined.

The requirements for the organizational and staffing structure and the ratio between officers, sergeants and privates of the engineering and aviation services of aviation brigades that will operate aircraft manufactured by partner countries have been formulated.

The units that will be based at the operational airfield have been determined.

#### **RECOMMENDATIONS ON THE IMPROVEMEN OF MILITARY AIRCRAFT MAINTENANCE PROCESS IN AIRCRAFT MAINTENANCE AND SERVICE CENTERS – CONSIDERING COMBAT EXPERIENCE**

*V. Yashchenok<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Bratys<sup>2</sup>; V. Savchenko<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

Nowadays, our country is compelled to face extremely difficult combat tasks, which must be solved immediately and precisely. The price for every mistake is incredibly high; the existence of Ukraine as a sovereign state is at stake.

One of the main means of defence used by the Armed Forces of Ukraine is military aircraft (MA). The use of helicopter aviation in particular has a significant

impact on the conduct of hostilities. Helicopters do not require time-consuming preparation before combat operations, they do not depend on air-base landing areas and can be used from all sorts of unequipped sites. Their transportability facilitates a swift move of units and allows their operation at a distance, increasing the intensity of hostilities. Quick transfer of troops to certain combat areas creates an opportunity to strike an unexpected attack on the enemy, while the aircraft's powerful weaponry supports the units with its great firepower.

Timely restoration of damaged MAs is vital for such combat operations – to ensure their continuousness and maximal effectiveness. With the beginning of hostilities, the demand and nature of aircraft repair have increased dramatically, thus requiring a developed "repair station" network consisting of both military units and aircraft maintenance and service centers (AMSCs).

This work proposes recommendations for increasing the efficiency of major helicopter maintenance by improving the processes of AMSC's quality management systems (QMA). An integrated model for AMSC's QMA is developed according to the fundamental QMA functions, the requirements of the ISO 9001:2015 standard, and the aviation rules in Part-145B. Practical implementation of the designed model will ensure the increase of speed, efficiency, and quality of MA maintenance process while repelling the armed aggression of the Russian Federation.

#### **REASONING OF THE FACTOR SPACE OF DETERMINATIVE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE COMPLEX OF AVIATION WEAPON OF MILITARY DESTINATION HELICOPTERS**

*O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*A. Dmitriev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*M. Sheremet; V. Silaev*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The resource exhaustion of combat aviation (CA) helicopter fleet and quick trend of changing the forms, methods and admissions of armed struggle emphasize actuality of direction of research on the creation of a methodology for synthesis of a tactical-technical-economic perspective model of a weaponry. An important element of such methodic is the assessment of generalized quality indicators (GQI) of promising CA helicopter, the results of which will allow adequate decisions to be made regarding the selection of the type and required quantity for the purchase of relevant samples of weaponry. For combat helicopters, the quality of complex of aviation weapon (CAW) plays a key role in performance of fire damage tasks, so properties of this system are the most important in assessing the ability of such types of weaponry to perform their assigned tasks.

For building a methodology for assessment the properties of CAW, it is necessary to have appropriate models that describe the GQI of CAW dependence on a set of defining tactical-technical characteristics (TTC) of the complex, so-called qualimetric models (QM). In order to quantitatively assess impact TTC subsystems CAW of military helicopters on GQI of the entire CAW, a property tree was constructed with indication of the TTC of specified subsystems and their components at lower levels of hierarchy. By analyzing constructed tree of properties, the choice of factor space for building QM properties of combat helicopter CAW is reasoned. The next step in research on construction of the QM is determination of relevant coefficients at factors of models by methods of processing statistical

material about retrospective development of CAW of CA helicopters and the verification of QM.

**APPROACH TO THE SELECTION OF TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE COMPLEX OF AVIATION WEAPON FOR CONSTRUCTING OF A QUALIMETRIC MODEL FOR ASSESSING THE PROPERTIES OF A PERSPECTIVE COMBAT HELICOPTER OF THE COMBAT AVIATION**

*O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Dmitriev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; M. Sheremet  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The condition of combat aviation(CA) fleet of Land Forces of the Armed Forces of Ukraine is characterized by physical and moral obsolescence of main types of helicopters currently in using. At the stages of working out proposals for choosing ways to develop the CA helicopter fleet and making a decision on modernization or purchase of combat helicopters, there is an urgent need to develop "express methodics" for assessing influence of rearmament version on the ability of CA units to perform their assigned tasks in forecasted conditions, which will take into account maximum number of groups of properties and values of the main TTC of relevant samples of weapons.

As known, among constituent properties of combat helicopters, one of the most important functions is performed by the complex of aviation weapons(CAW) during their execution of strike missions. It is possible to present CAW of a combat helicopter in form of a hierarchical structure, which includes a set of functionally related technical means, devices and systems, aviation means of engage, aviation weapons installations, weapons control systems. It is proposed to justify TTC CAW of a combat helicopter with subsequent creation of qualimetric models of combat properties of helicopter for performance of strike missions by conducting an in-depth analysis of influence of these characteristics on final result of performance of combat mission based on analysis of already existing information about combat capabilities of the most modern samples of weapons of this type. This should be done with a view to results of recent experience of real combat use of CA, taking into account specific conditions.

**CONCERNING THE EXISTING METHODOLOGY OF THE SYNTHESIS OF THE PERSPECTIVE WEAPON SYSTEM AND MILITARY TECHNIQUE OF THE COMBAT AVIATION**

*O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Dmitriev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Sheremet; D. Pastushchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The acuteness of scientific task of ensuring necessary level of combat capability of helicopter fleet of the combat aviation(CA), which is under the influence of losses, as well as moral and physical aging on the one side, and absence now in Ukraine of holistic scientific and methodological apparatus of tactical, technical and economic justification(TTEJ) of concepts and main directions of the development of the according park – on the other side, condition the initiation and conduction of



works devoted to solution of difficult scientific and technical problem of improving the methodology of synthesis of a perspective system of weapons and military equipment of CA, rational according to the criterion "efficiency-cost-time".

The analysis of state of the existing scientific and methodological apparatus of TTEJ of the perspective guise of CA helicopter fleet allowed to identify a contradiction, namely its inconsistency with determination of ways to meet the defense forces of Ukraine in needments in of perspective combat and transport-combat helicopters.

The scientific and methodological apparatus of TTEJ of perspective guise of helicopter fleet of CA should develop in the direction of deepening systematic consideration of manifestation of military-theoretical, military-technical and military-economic aspects of equipping troops by perspective helicopter combat aviation technique and weapons.

Based on the results of analysis, one of solving way is the development of new and improvement of existing methods and models for solving the tasks of TTEJ of perspective guise of helicopter fleet for needs of CA Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine.

### **PROSPECTS OF CREATING TRANSPORT CATEGORY AIRCRAFT WITH HYBRID POWER PLANT**

*E. Ukrainets, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*E. Spirkin, Candidate of Technical Sciences;*

*I. Yurkovskiy; E. Davydyuk; D. Dub*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern aviation is characterized by the tendency to create more economical and safer aircraft systems, balanced with the energy of the aircraft, which is associated with their strong complication, in particular the complication of the control algorithms of energy-dependent aircraft systems.

An analysis of ways to modernize military transport aircraft showed that in modern conditions, ways of developing АН-26 aircraft in the direction of using a hybrid power plant are becoming relevant. The modernization of АН-26 aircraft with hybrid cruise power units (HCPU), consisting of a gas turbine and a power electric motor that drives the propeller, is under consideration. This improves their characteristics and allows them to be operated under environmental restrictions. The results of the study show a significant improvement in the flight characteristics of the aircraft, as well as their compliance with modern and projected environmental standards.

The obtained scientific results predict the prospects of such a direction both for the perfection of the existing fleet of aircraft and for the design of new aircraft, including those based on domestic engines. The concept of the HCPU provides for the use of a modernized TB3-117BMA-СБМ1 engine, an electric motor of appropriate power, batteries, as well as a cooling and switching system.

Based on the obtained assessment, it can be concluded that the use of HMSU on the АН-26 aircraft increases the flight range. When performing a typical tactical task of transporting 4,560 kg of cargo, the range increases by 400 km, when performing a flight with 2 tons of cargo – by 1,000 km, and the flight duration – by more than 2 hours. In the case of a race flight, the range increases by more than 1,100 km.

## **AERODYNAMIC LAYOUT OF A SHOCK UAV WITH A SHORTENED TAKEOFF**

*E. Ukrainets, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
E. Spirkin, Candidate of Technical Sciences;  
V. Bezdelnyi; O. Shevchenko; V. Sopivnyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The aerodynamic design of an attack UAV with a shortened take-off and the payload placed in the skids is presented, which, unlike the known ones, is based on the design of an arched-ring wing with a pulling propeller in the central nacelle. The aerodynamic layout of the arched-annular wing with a propeller is an update of the layout of the arched wing with a propeller. The reduction of overall dimensions of the UAV is achieved by the high properties of the lower part of the wing in interaction with the propeller.

The fundamental difference between the classic ring wing and the presented layout is that the aircraft propellers located in the ring channels in the zone of maximum curvature of the profile are designed to ensure high quality in vertical modes. In the presented arrangement, the propeller is located near the trailing edge and serves to reduce the pressure gradient on the rear half-slope of the lower arched part of the wing, thereby preventing the development of separation phenomena in it with an increase in the angle of attack, increasing the load-bearing properties. The lower surface of the wing provides the maximum possible approach of the wing to the surface of the screen to improve aerodynamic quality with the help of a positive screen effect, and also protects the propeller of the power plant from foreign objects in take-off and landing modes.

## **METHODOLOGY FOR SYNTHESISING THE RATIONAL STRUCTURE OF THE AVIATION ENGINEERING SERVICE OF AVIATION UNITS**

*O. Leontiev, Doctor of Technical Sciences, Professor; Y. Tryhub  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the current conditions of warfare and in view of the growing technological complexity of aircraft, a key aspect of ensuring a high level of combat readiness of aviation units is the optimisation of the organisational and staffing structures of aviation engineering services. The effectiveness of such services directly affects the ability of aviation to perform its tasks, which makes it important to develop universal and flexible methods for synthesising a rational variant of building the structure of aviation engineering services of aviation units.

The methodology is based on the use of a formalised dependence of the time of preparation of a group of aircraft for re-flight on the quantitative and qualitative composition of the aviation engineering service of an aviation squadron. This dependence is determined based on the results of parametric studies conducted in advance with the processing of these results by known approximation methods.

According to the defined criterion, a mathematical optimisation problem is formed, the solution of which allows determining a rational variant of building the organisational and staffing structures of the aviation engineering service.

This approach makes it possible to quickly synthesise the rational structure of the aviation engineering service of an aviation unit, taking into account the expected changes in the ways of using aviation and the conditions for performing assigned combat missions.

**IN ADDITION TO USING VORTEX LATTICE METHOD  
FOR DETERMINING THE AERODYNAMIC  
CHARACTERISTICS OF AIRCRAFT**

*I. Kovtoniuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
S. Drozdov; E. Kolesnik; O. Sivik  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Despite the rapid development of computational hydrodynamics, numerical methods for determining the approximate aerodynamic characteristics of aircraft do not lose their relevance. One of these methods is the method of discrete features and its variant is vortex lattice method. The method of discrete vortices makes it possible to obtain the aerodynamic characteristics of aircraft and their elements quickly, with low resource consumption and with sufficient accuracy.

A review of the works on the use of vortex lattice method for the study of the aerodynamic characteristics of aircraft was carried out. As part of the application of this method, research is conducted on: the impact of the screen surface on the aerodynamic characteristics of aircraft, the aerodynamic characteristics of aircraft with deflected controls and wing mechanization, the vortex wake behind aircraft, and others. The vortex lattice method can also be used as part of complex methods for determining the aerodynamic characteristics of aircraft. The possibilities of the vortex lattice method in the case of multi-parameter, multi-variant testing of the aerodynamic layout of aircraft are shown.

The Russian-Ukrainian war caused the need to determine the aerodynamic characteristics of aircraft with airframe combat damage and analyze their impact on flight safety, which determines the task for further research.

**ANALYSIS OF THE JOINT OPERATION OF UAVS PROPELLER GROUP  
WITH AN ELECTRIC MOTOR IN TRANSIENT MODES**

*M. Kapashyn; S. Kalkanov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of repulsing the full-scale aggression of the Russian Federation, the Armed Forces of Ukraine actively use unmanned aerial vehicles (UAVs). The tactical and technical characteristics of UAVs are influenced by the efficiency of their power plant in non-stationary transient flight modes that occur during maneuvering, balancing under the influence of atmospheric turbulence and other operational factors. In transient flight conditions, automatic control systems based on mathematical models for matching the dynamic characteristics of the propeller with the engine performance are required. In these modes, the efficiency of the UAV's power plant deteriorates, which is primarily due to the engine acceptance time, the short-term output of the electric motor to the maximum operating limits, and the likelihood of critical propeller operation modes. Therefore, in order to improve the tactical and technical characteristics of a combat UAV in non-stationary transient flight modes, it is necessary to conduct research on optimizing the joint operation of its propeller and electric motor and, based on the results of this research, to develop practical recommendations for the synthesis of an automatic control system.

The report presents the results of the analysis of the joint operation of the UAV propeller-motor group with an electric motor in transient modes. The existing

methods of selection and design of the UAV power plant are analyzed, taking into account the joint operation of the propeller and electric drive in non-stationary flight modes. The main ways to optimize the operation of the propeller-motor group in transient modes on the basis of layout solutions are considered.

**A STRATEGY FOR UPDATING THE FLEET OF COMBAT TRAINING AIRCRAFT BASED ON A COMPREHENSIVE APPROACH TO ASSESSING THEIR TACTICAL, TECHNICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS**

*D. Berdochnyk, Ph.D.; A. Berdochnyk; O. Konstantinov; M. Kovalenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the current security environment, the renewal of the combat training aircraft fleet is becoming a crucial aspect for improving the defence capability and effectiveness of the Ukrainian Air Force. Outdated aircraft models that are still in service need to be replaced with analogues that are more modern. This requires the development of comprehensive approaches to the evaluation and selection of potential aircraft models that meet modern requirements and have an optimal efficiency-to-cost ratio.

The main objective of the upgrade process is to ensure high efficiency of flight crew training, minimise the cost of operating and maintaining aircraft, and enable the aircraft to be used for combat missions.

The modern combat training aircraft market offers a variety of models, each with its own unique characteristics and advantages. Choosing a specific type of aircraft requires an in-depth analysis of technical characteristics, procurement and operating costs.

In this context, it is important to develop universal assessment methods that will allow for an objective comparison of different types of aircraft based on a comprehensive analysis of their characteristics. Such methods should include assessments of technical and cost characteristics of aircraft in the context of their impact on the effectiveness of pilot training and the ability to perform various combat missions.

As a result, the process of upgrading the combat training aircraft fleet will not only replace outdated equipment with new ones, but also become a strategic step in ensuring the high quality of flight training.

**PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS TO IMPROVE THE SYSTEM OF OPERATION OF AVIATION EQUIPMENT OF STATE AVIATION OF UKRAINE**

*R. Chyhryn, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
D. Berdochnyk, Ph.D.; A. Berdochnyk; O. Rekaló  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Rapid development of information technologies and growing requirements to the efficiency and effectiveness of engineering and aviation support (EAS) of the State Aviation of Ukraine (SAAU), encourage specialists of the engineering and aviation service to search for new approaches in planning and implementation of EAS activities of the SAAU. To date, one of the most promising ways to address this

issue is to create and implement an automated information system for supporting the operation of aircraft (AIS SOA) in the work of the SAAU engineering and aviation service. This system will significantly simplify and accelerate the document flow processes during the operation of aircraft, increase the validity of management decisions, allow for effective management of maintenance and repair processes, provide centralised control over the condition of aircraft, which in turn will have a positive impact on the safety of SAAU aircraft and the planning and conduct of combat operations (combat training) of the SAAU.

The report discusses the main criteria that the AIS SOA should meet and schematically presents its structure. The main attention is paid to the analysis of existing similar systems already in operation in partner countries, the list of EAS processes to be optimised and the possibility of creating the said system using existing networks of automated data transmission systems already in operation in the Armed Forces of Ukraine. The report also highlights a number of problematic issues that should be taken into account when assessing risks in order to make an informed decision on the development and implementation of the system in the State Aviation of Ukraine.

#### **SUBSTANTIATION OF REQUIREMENTS FOR THE POWER PLANT FOR A PROMISING MULTIPURPOSE UNMANNED AIRCRAFT BASED ON L-39**

*Ye. Ilenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
D. Kerest; D. Bondarenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When training flight personnel in educational institutions, combat training centers and combat units, the L-39 provides training for pilots to fully master certain types of aircraft and perform combat missions. L-39 aircraft save resources of conventional combat aircraft, ensure the development of onboard equipment and weapon systems, and apply the basics of combat use for combat operations. Currently, Ukraine's air bases have a sufficient number of L-39s and their predecessors, the L-29s. This study considers the possibility of using these aircraft to destroy ground targets, i.e. as light attack aircraft. The paper proposes to replace the L-39's engine with a more modern, more economical, and more advanced Ai-222-25 engine. It is also proposed to convert the second cockpit of the aircraft into an additional fuel tank to increase the flight range and combat radius. The possibility of implementing the proposed measures based on the calculation of the equation of existence of the aircraft was considered. The strength of the fasteners to the airframe of the future engine was also calculated.

#### **ANALYSIS OF VARIOUS TYPES OF LIGHTWEIGHT SHELTERS FOR THE PROTECTION OF AIRCRAFT AND PROSPECTS FOR THEIR USE BY THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*R. Chyhyryn, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Ursol; Y. Ovcharenko; P. Tymoshenko; I. Syrgai  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Renewal of the Air Force's aircraft fleet with modern foreign-made aircraft will require an urgent solution to the issue of their storage and operation. Despite the fact that modern aircraft are designed to operate in different climatic conditions, external

factors significantly affect their flight performance, the amount of work required to ensure their reliable operation and the time required to prepare them for their intended missions.

The report analyses various types of prefabricated aircraft hangars, both fixed and collapsible, compares them and identifies the advantages and disadvantages of each type of aircraft shelter. Putting these shelters into operation will make it possible to:

- protect the aircraft from the negative impact of the environment and reduce the impact of biological factors on it;
- protect personnel from the negative impact of the environment during work at the facility;
- ensure the storage of spare equipment, aircraft munitions, tools and other equipment specified in the governing documents;
- optimise the protection of aircraft;
- ensure the secrecy of work and visual camouflage of aircraft;
- ensure the mobility, safety and operation of aircraft regardless of the area of relocation;
- ensure long-term storage of aircraft withdrawn from service;
- improve the conditions for aircraft maintenance.

## **RESEARCH ON FUEL EFFICIENCY OF THE MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT AN-26**

*V. Rublyov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*D. Larvenchuk; N. Otreshko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The statistical analysis of fuel efficiency of aircraft produced between 1960 and 2020 has shown the necessity to increase the range of flight for aircraft of this class. Consequently, there arises a problem of enhancing the fuel efficiency of aircraft overall.

The aim of this study is to evaluate the fuel efficiency of existing transport aircraft.

One of the criteria for the operation of passenger aircraft is the fuel efficiency indicator, which represents the ratio of the total amount of fuel consumed on a passenger route, expressed in (g/passenger·km):

$$k_1 = \frac{Q_f}{m_{\text{car}}L},$$

of  $Q_f$  – fuel capacity, l;

$m_{\text{car}}$  – cargo weight, kg;

$L$  – flight range, km.

In this work, an engineering analysis of the combat missions of the AN-26 aircraft was conducted. The possibilities of implementing the specified tactical and technical requirements by improving the fuel efficiency coefficient of the AN-26 aircraft were justified. An analysis of the fuel efficiency of aircraft from the year of production was carried out. Design calculations of the power elements of the AN-26 aircraft engine, which were replaced, were carried out. A verification calculation with the maximum permissible load was performed.

The proposed methodology allows for the prompt conduct of engineering calculations and provides operational limitations necessary to increase the flight range of the AN-26 aircraft.

### **LOADING OF THE MOUNTING FRAME OF THE MAIN REDUCER OF THE MI-8 HELICOPTER DURING OPERATION**

*V. Onishchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Reznikov; O. Tereshchenko; N. Fomuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Mathematical modeling of the load of the structure in various cases of operation allows obtaining such important data for practice as the stress-deformed state of the structure and its dynamic characteristics – the form and frequency of natural oscillations.

The nodes of attachment of the main gearbox to the helicopter airframe are extremely responsible elements. To ensure their operational strength and the necessary resource, it is necessary to use the MM load of the fastening nodes in flight in various cases of operation and in case of possible combat damage.

The load on the sub-reducer frame of the main gearbox is determined by the forces and moments of the main propeller, mass forces (forces of inertia) acting on the main gearbox, and the reactive moment from the engines.

Analysis of the load of such a system based on analytical approaches is quite complex. Mathematical modeling and numerical experiments on electronic computers (computers) allow you to obtain calculated data on the loading of the structure.

We determine the forces and moments in the rods of the structure on the basis of the fundamental relations of construction mechanics – the method of forces. A statically indeterminate system is used in the design of fixing the helicopter gearbox, since the number of truss rods is eight, which is two more than the required number for fixing the gearbox.

Analysis of the load of the structure is carried out by the method of forces: the unknown problems are the longitudinal forces in the cross-sections of the rods. We believe that the structure behaves as a linear elastic system, and the gearbox housing does not deform.

Longitudinal forces in sections are determined from the following conditions:

- gear balance equations;
- deformation compatibility equations for elastic rods.

### **INTEGRATION OF AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS AND POWER PLANT**

*S. Komar, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The rapid development of aviation equipment made it possible to introduce on-board digital computers into the systems of automatic control of aircraft and power plants. This led to the fact that the functions of the so-called active control began to be placed on the newest and most promising automatic control systems. That is, the prospects for a significant improvement in flight technical characteristics began to be associated with a more rational distribution of various functions between the

means of adapting the aerodynamic forms of the design of the aircraft and power plant and technical means of control.

However, for most modern aircraft, the evolution of adaptation means conflicts with the existing control methods, which are mainly carried out manually or according to rigidly defined programs. As a result, wide possibilities of adaptation are not fully realized.

Another reason that inhibits the implementation of active control is that the development of traditional control systems is carried out autonomously. With this approach, the increase in requirements for systems is accompanied by an increase in their number and complexity, and the characteristics of each system are optimized separately, and, as a rule, for the worst characteristics and operating conditions of other systems.

To eliminate the shortcomings of modern systems of automatic control of aircraft and power plants and to introduce active control, a qualitatively new approach to the design and creation of promising systems of automatic control of aircraft and power plants is needed. This approach consists in the integration of on-board systems and, in particular, control systems of aircraft and power plants, with the aim of ensuring maximum efficiency of the complex as a whole.

### **ANALYSIS OF FAILURES OF AIRCRAFT UNITS TO JUSTIFY THE FEASIBILITY OF RESEARCH ON INCREASING THEIR RESOURCE**

*R. Dzhus, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*S. Reznikov; M. Petrychenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The problems of increasing flight safety are directly related to increasing the resource of aircraft. And the resource of a larger number of their aggregates depends on the wear resistance of the friction pairs. Such units include drive boxes of power plants, transmission assemblies, gearboxes, gear pumps of various systems and many others. Their resource is mainly determined by the contact fatigue strength of the toothed gears that are part of the structure. Currently, new methods of increasing the contact fatigue strength of the surfaces of friction pairs are intensively developed, which have significant advantages over traditional methods. In order to determine the performance indicators (including resource) of structural materials strengthened by new methods, it is necessary to conduct long-term and expensive tests on fatigue strength on friction machines that simulate the operation of aviation equipment units. This state of the issue determines the limited number of studies on the influence of the latest methods on the value of the contact strength of materials, especially ion-plasma nitriding methods. In today's conditions, making a decision on long-term and cost-effective research, even aimed at increasing the resource of aircraft and improving flight safety, is impossible without carefully determining their relevance and urgent need. This determines the relevance of conducting research on the analysis of failures and malfunctions of aviation equipment units and determining their share that arises as a result of contact fatigue wear. This analysis can provide an answer to the validity and expediency of conducting long-term and expensive tests of the latest methods of strengthening the surfaces of gear wheels to extend their service life.



## **MODERNIZATION OF THE FRONT ANNEX OF THE COMBUSTION CHAMBER**

*N. Otreshko; V. Rublyov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
V. Onishchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Tereshchenko; S. Zagursky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the most important tasks in the development of combat aviation is the creation of technologies aimed at reducing the economical performance of the engine and increasing power. One of the priority directions lies in the development of approaches, to improve the work of the front combustion chamber.

For the successful conduct of combat operations, it is necessary to use reliable and efficient equipment, while minimizing expenditure and saving human life. When operating helicopters of the Mi-24PU1 type, malfunctions associated with the operation of the combustion chamber become more frequent.

An analysis of the malfunctions of the combustion chamber assembly revealed damage to the external housing and the fire tube, which in turn makes it possible to use modern technologies in this chamber.

The modernization of the front unit involves replacing the original 12 two-channel sub-central injectors with the same number of multi-torch nozzles, which will allow the process of combustion of fire-heating mixture and painting to be installed sawing container in the fire zone, so that the diameter of the sawn drop may change sleeping

Based on thermogasdynamic changes and changes in the geometry of the nozzle nozzle, it is possible to create a replacement so that the diameter of the droplets that pass through the new nozzle will be significantly smaller, at the bottom of the two-channel mid-center nozzle. Why not allow the sawing speed to be increased, without any increase in temperature?

The coloring of the sawing bone makes it possible to increase the combustion temperature in the short circuit by 30 °C, which in turn makes it possible to increase the effective heat by 6%, and change the burning temperature by 2%.

## **IMPROVEMENT OF TEMPERATURE RESISTANCE OF TURBINE VANES OF AN AI-24VT AIRCRAFT TURBOPROP ENGINE BY APPLYING THE CONVECTIVE COOLING METHOD**

*O. Tereshchenko; I. Bilous  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The AI-24VT aircraft turboprop engine (TPE) consists of an axial 10-stage compressor, an annular combustion chamber, a 3-stage turbine, and an unregulated jet nozzle. This engine is installed on the AN-26 and AN-30 transport aircrafts.

The use of the convective cooling method, instead of the standard method of cooling the vanes with air taken from the engine compressor, allows to increase the temperature resistance of the turbine vanes, to ensure reliable and safe operation of the engine turbine in various operating conditions, which is currently very important, when operating aircraft in combat conditions, it allows to increase the survivability of aircraft.

The essence of the method is as follows: In convective cooling, cooling air enters the vanes feathers through the holes in the lock, passes through the cooling

channels, removes heat from the vanes walls and out into the turbine flow path. This method of cooling, depending on the design, is applicable up to = 1,400-1,500K.

Conclusions:

As a result of the analysis of the AI-24VT engine, the gas turbine vanes were improved, resulting in an increase in  $T^*g$  and power  $N$ , but an increase in fuel consumption  $G_f$ .

## **ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE TECHNICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS MEDIUM MILITARY CARGO PLANE IL-76MD**

*O. Naraevskiy; V. Kravchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the Ukrainian Air Force of Ukrainian Armed Force continued to use aircraft, that made at 80-th years of last centuries. There is necessity to improve flight performance of this aircraft with aim to continue their life cycle.

One of the ways is aerodynamics improvement. In this work, we consider the possibility of shaped wingtip goals – smaller aerodynamics surfaces, which called vortex diffuser. In this work, we proved the possibility of implementing of the proposed measures through calculation the equation of existence aircraft.

It is analyzed positive effects after using vortex diffuser. Their application to reduce fuel consumption in flight, due to which we can increase range and flight duration, increase the weight of payload.

It is analyzed advantages from using vortex diffuser. A quantitative assessment of the reduce fuel consumption, increase range and flight duration the IL-76 aircraft after the proposed aerodynamics improvement.

## **PROTECTION OF HELICOPTER POWER PLANT ENGINES**

*K. Klimashevskiy; E. Zhadanov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the experience of military aviation in war, protecting the engines of the helicopter power plant from dust and foreign objects is a critical aspect of ensuring the safety and reliability of flights. However, the effectiveness of the dust protection device is sharply reduced if its separator becomes clogged, for example, when dry grass, straw, etc. get into it.

The paper analyzes the methods of engine protection, on the basis of which the choice of a dust protection device is made, as well as the issue of finalizing its design in order to increase its efficiency.

## **A STRIKE UNMANNED AERIAL VEHICLE BASED ON THE L-39 TRAINING AIRCRAFT**

*M. Sheludko; M. Bogaychuk; B. Kolokoltsev; D. Hnatyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of modern armed conflicts shows that unmanned aerial vehicles have become an effective means of destroying strategic targets or suppressing the enemy at the maximum possible distance from their troops, avoiding direct fire contact.

When repelling Russian armed aggression, Ukraine used converted Tu-141 Strizh and Tu-143 Reis UAVs to perform strike missions, so there is a need to create new airborne means of defeating the enemy, namely, to create a strike UAV based on the L-39 training aircraft.

As a result of a comprehensive theoretical study, the urgent scientific and practical task of determining the maximum range capabilities of a projectile aircraft based on the L-39 training aircraft was solved. To achieve the aim of the study, the following tasks were solved:

- to determine the recommendations for the layout of the strike UAV;
- to determine the maximum capabilities of the strike UAV in terms of flight range;
- to determine the variants of the combat payload of the attack UAV, and to carry out verification centring calculations with these variants of the combat payload.

The study shows that the use of Soviet aircraft that has reached the end of its service life and can be converted into a strike UAV is effective, so it is advisable to convert the massive L-39 training aircraft into a strike UAV.

### **STUDY OF WAYS OF IMPROVING THE FLIGHT-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE SU-25 AIRCRAFT**

*R. Slabyk; I. Bugara*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During hostilities, attack aircraft, in particular Su-25 aircraft, play an important role. These aircraft suffer losses due to the incompatibility of their maneuverability characteristics with the requirements of modern anti-aircraft defense and the need to fly at extremely low altitudes.

Analyzing the situation, it is possible to determine two main causes of losses: the ineffectiveness of systems for countering the enemy's air defense and the limited maneuverability of the aircraft to effectively overcome these threats.

To solve these problems, it is proposed to install a front horizontal wing and three gap-shaped flaps. This improvement is intended to increase the maneuverability of the aircraft, to ensure its effectiveness in air combat and when attacking ground targets. In addition, these changes will allow planes to fly safely at low altitudes and avoid being hit by anti-aircraft defenses.

### **WAYS TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF HYDROSTATIC DRIVE TRIBOSYSTEMS**

*M. Sheludko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Hydrostatic actuators are widely used in the aviation industry where precise force and motion control is required. However, one of the main challenges in the design and operation of hydrostatic actuators is the wear of the tribosystems, which can lead to reduced efficiency, increased maintenance costs and reduced service life. Therefore, increasing the wear resistance of hydrostatic actuators is of great importance. The paper analyses various ways to increase the wear resistance of tribosystems of hydrostatic actuators. Studies of surface modifications, including coatings and treatments that can increase wear resistance and the use of modern

materials, such as composites and nanomaterials, in tribosystems to reduce wear are considered. The impact of lubrication on wear and strategies for optimising lubrication in hydrostatic actuators are analysed.

Wear resistance is a critical factor in the design and operation of hydrostatic actuators. The analysis of the established relationships suggests that surface modifications, modern materials and effective lubrication can significantly increase the wear resistance of tribosystems in hydrostatic actuators. Surface modifications, such as coatings and treatments, have proven to be effective in reducing wear, while advanced materials, such as composites and nanomaterials, offer opportunities for wear reduction. Effective lubrication, including optimising surface roughness and liquid film lubrication, is also critical to reducing wear.

### **DEVELOPMENT OF MEASURES FOR CARRYING OUT MAINTENANCE OF AVIATION ENGINES WITH THE END OF THE DESIGNATED RESOURCE**

*P. Andreichenko; V. Glushko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Maintenance of aircraft engines, especially those that have reached the end of their intended life, is a critical element of aviation safety. Here are a few aspects that justify the importance of this point:

- flight safety: aviation engines are the heart of any aircraft, their continuous performance and reliability ensure the necessary level of flight safety.
- preserving the life cycle of equipment: timely maintenance allows you to extend the life cycle of equipment, can prevent unexpected accidents.

Implementation of modern methods of monitoring and diagnostics to determine the real state of aircraft engines with the end of the designated resource.

Efficient use of resources: modern diagnostic methods can help determine the actual condition of aircraft engines, which allows efficient planning of repairs and component replacements.

Ensuring flight safety: modern methods of monitoring and diagnostics make it possible to detect potential problems with aircraft engines even before they become critical and allow the development of regulations and procedures for the replacement of component parts of aircraft engines after the end of the designated resource in order to ensure flight safety and extend their operational life.

### **DEVELOPMENT OF THE FIGHTER AIRCRAFT FAULT FINDING ALGORITHM**

*V. Babak; I. Bugara*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An important component of aviation engineering support is the organization of the operation of aviation equipment.

It is known that restoration of lost system performance due to the failure of an element or a group of elements is associated with the need to determine the location of the failure. Determining the element that has failed in the on-board system of a modern aircraft is a time-consuming task, and its successful solution is often within the power of only an experienced engineering and technical staff, who are well

aware of the features of the functioning of the faulty technical device and the control and verification equipment that is used.

In addition, failures of elements in a complex system can cause such external signs of system malfunction that it is difficult to determine the place of failure. On the other hand, the need to identify all failed elements within the planned time frame, i.e. before the aircraft is released into flight, makes it necessary to examine each on-board system at the design stage from the point of view of the possibility of obtaining complete information about its technical condition at any moment of operation. Thus, the need to develop new methods (algorithms) for searching for malfunctions, which will allow to reduce the time for its search, as a result, to reduce the time for bringing the aircraft to a working condition. In connection with the gradual transition to the system of operation of aircraft equipment according to the technical condition, the development of more advanced methods (algorithms) of finding faults will allow to reduce labor costs for aircraft maintenance.

### **STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE SAFETY STATUS OF AVIATION FLIGHTS ON OPERATIONAL FACTORS**

*H. Kulish; I. Bugara*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An important role in ensuring airworthiness aircraft (PS) and further increase the level of safety flights are played by the Aviation Engineering Service (IAS).

The execution of tasks by fighter aircraft is now impossible without taking into account the factors that affect the technical characteristics of the aircraft.

Human factor (incidents related to incorrect (erroneous actions, personnel violations).

Technical factor (AT refusals, as well as other reasons not related to the actions of personnel of aviation entities).

Environmental factor.

Analyzing the action of individual operational factors, it is shown that the main reasons for the decrease of the vast majority of LTH and tactical and economic indicators of the aircraft are the deterioration of the traction characteristics of the aircraft power plant and the aerodynamic quality of the aircraft airframe.

The rational mode, from the point of view of ensuring the minimum error of assessment, when determining the thrust characteristics of the power plant is the mode of the aircraft run-up on the runway, while the rational mode of determining the influence of operational factors on the aerodynamic condition of the aircraft airframe is the altitude gain mode.

### **STUDY OF WAYS OF IMPROVING THE METHODS OF PERFORMING PERIODIC WORKS ON THE MIG-29 AIRCRAFT**

*K. Boroznyak, I. Bugara*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Research on the improvement of the methodology for the periodic maintenance of the MiG-29 aircraft includes many aspects, such as flight safety, maintenance and aircraft performance. There are several key points to consider in order to improve the approach to periodic work:

Analysis of the existing system: Before changing anything, it is important to analyze in detail the current practice of maintaining the MiG-29 aircraft. This includes understanding the frequency of work, its scope, and current methods of diagnosing and correcting problems.

Implementation of the latest technologies: Digital doubles, more advanced diagnostic systems, and remote control tools.

Improvement of staff qualifications. Training and certification of personnel according to the latest standards.

Development of detailed work instructions. Clear, frequently updated procedures and work instructions can help technical staff do their jobs more efficiently and safely.

Application of modular systems. Designing aircraft with the ability to quickly replace modular components can reduce the time required for maintenance and repair.

### **STUDY OF THE POSSIBILITIES OF IMPROVING THE MAINTENANCE OF THE MAIN COMBUSTION CHAMBER OF THE TURBOFAN FOR THE DESTROYER, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS**

*S. Bilous; M. Detynych; D. Zvyagintsev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The power plant and its systems are constantly under the influence of various external and internal loads, this leads to abnormal operation of aircraft engines, and in some cases, their failures. Based on the experience of aircraft engine operation, taking into account the experience of combat operations, it was found that for timely and perfect detection of defects in the gas-air path, as well as for reducing the time for engine diagnostics, it is necessary to improve its methods and methods.

The report analyzes the methods of non-destructive testing used in the operation and repair of aircraft engines. Methods, methods, modern methods of non-destructive testing are proposed, which provide an opportunity to reduce the time of diagnosis, prevention of defects and malfunctions of the main combustion chamber. During the analysis of the study, it was found that it is possible to improve the process of diagnosing the main combustion chamber and increase the efficiency of determining the technical condition of the structural elements of the combustion chambers through the use of modern diagnostic methods.

### **ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CONTROL SYSTEM FAILURES ON THE FLIGHT SAFETY OF THE SU-24 BOMBER AND THE DEVELOPMENT OF MEASURES TO IMPROVE IT, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS**

*O. Kruts; T. Gut  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The failure of the Su-24 bomber control system has a significant impact on flight safety, requiring an integrated approach to the analysis and development of measures taking into account the experience of combat operations.

The development of measures to improve safety includes not only technical innovations to prevent failures, but also improvements in crew training. The use of

modern technologies in the operation of aircraft, the improvement of the control and navigation system, as well as the introduction of automated failure response systems are the key areas of technical measures. However, the level of readiness and professional competence of the crew plays an important role in ensuring flight safety. Therefore, the development of advanced training programs, trainings and simulations that take into account the experience of combat operations becomes a necessary element of the strategy for improving safety in the face of possible failures of control systems. Monitoring and systematic improvement, taking into account the collected data and analysis of incidents, allows for continuous adaptation of measures and ensuring the highest level of flight safety of Su-24 bombers.

Impact assessment and development of measures should be carried out by qualified specialists in the field of aviation security and technical systems.

### **INVESTIGATION OF THE RISK OF ERRORS OF ITS SPECIALISTS IN THE MAINTENANCE OF JSC, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS**

*O. Kruts; I. Dorosh*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern aviation technology requires a high level of maintenance and repair to ensure flight safety. However, even a minor error during maintenance can lead to serious consequences, including accidents and human casualties. Particular attention should be paid to the risks associated with the activities of engineering and technical personnel with experience in operation and combat operations.

The report identifies the main factors that can cause errors of engineering and technical personnel during the operation of aviation equipment. An analysis and study of measures to reduce the risk of errors of engineering and technical staff specialists in the maintenance of aviation equipment was carried out, namely:

- increasing the level of training and education (regular education and training will help specialists maintain and improve their skills, even in stressful situations);
- implementation of quality control systems (quality control systems can detect errors at an early stage and prevent their spread);
- creation of crisis management procedures (preparedness for action in crisis situations can help to avoid serious consequences of mistakes);
- providing psychological support (providing psychological support to professionals with combat experience can help them better cope with stress).

Overall, understanding risks and taking steps to minimize them are key to ensuring the safety of aircraft maintenance.

### **STUDY OF WAYS TO REDUCE THE TIME WHEN REPLACING THE ENGINES OF THE MI-8 TRANSPORT AND COMBAT HELICOPTER, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS**

*O. Kruts*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Taking into account the experience of conducting hostilities on the territory of Ukraine, it can be noted that the role of helicopters in modern warfare is very significant. Helicopters are entrusted with various tasks, in particular, direct fire

support of ground forces and military equipment, transportation of cargo and personnel, conducting aerial reconnaissance, electronic warfare, patrol service, destruction of tanks and other mobile armored targets.

Since the beginning of hostilities, many Mi-8 helicopters of various modifications have been put into service due to the extension of resource indicators, repair at ARP (ARP), replacement (units, assemblies, structural elements of aircraft). According to the newsletters, a significant number of failures and damages during combat missions accounted for TV3-117 aircraft engines. This led to their repair or replacement. The main reasons for the replacement of engines were the ingress of foreign objects into the gas-air path of the engine, combat damage, wear of parts and structural elements of the engine. This required dismantling and installation work to replace the engines in a short time.

The report analyzes and makes calculations to reduce the time for the replacement of engines and found that the reduction of time when performing dismantling and installation work on the replacement of the TV3-117 engine can be achieved through the rational distribution of specialists of the engineering and technical staff.

### **STUDY OF WAYS TO INCREASE THE RANGE AND DURATION OF THE IL-76 TRANSPORT AIRCRAFT, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF REPELLING THE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*O. Kruts; A. Tsvitun*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report analyzes and studies on how to increase the range and duration of the flight of the IL-76 transport aircraft, taking into account the experience of repelling the armed aggression of the Russian Federation. An analysis of statistical data and flight characteristics was carried out. Calculations of the relative mass of the airframe, take-off weight and airplane centering were performed. On the basis of the calculations carried out, in order to increase the range and duration of the aircraft, it was proposed to modernize it at the expense of installation of terminal aerodynamic surfaces on the wing tips. The necessary calculations for the strength of the fastening unit have been carried out, it has been developed and the optimal parameters of the final aerodynamic surface have been determined.

### **IMPROVEMENT OF POWER PLANT FOR MILITARY TRANSPORT IL-76 AIRCRAFT**

*V. Lavrenko; A. Tereshchenko; A. Saidov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The creation of a new generation of aircraft requires solving complex economic problems tasks in the conditions of a contradictory set of different situations, searching for rational one's compromises. Therefore, taking into account the economic situation of Ukraine that has been created, the development of military transport aviation is mainly carried out in the direction modernization of existing aviation equipment and its addition of some properties next generation technology.

It is proposed to replace the engine of the power unit of the military transport aircraft of the Il-76MD type in order to improve its flight technical characteristics.



Thus, the replacement of modern engines of the fourth generation AI-436T12 instead of D-30KP allows to significantly increase operational efficiency aircraft, it will reduce fuel consumption and increase the range of flight, increase in take-off mass, decrease in direct operating costs, the possibility of operation from high-altitude airfields and high conditions temperatures.

### **IMPROVEMENT OF THE CONSTRUCTION AND COMPONENT SCHEME OF THE GLIDER SU-24 AIRCRAFT**

*A. Tereshchenko; V. Lavrenko; R. Smyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Air Force of the Armed Forces of Ukraine is at a new stage development, which consists in carrying out deep modernization of aircraft devices, their re-equipment with new weapons and equipment, as well as increase in combat effectiveness, combat survivability, operational reliability.

Therefore, the main task of the work is to improve the characteristics bomber of the Su-24M type on the basis of improving the structural airframe assembly scheme with a new above-fuselage tank. At the expense of the designed scheme, the suspension points are freed, the range increases and flight time.

Unlike the prototype, the aircraft being designed uses an over-fuselage fuel tank with a volume of 3,000 liters. It is located in the upper part of the fuselage of the aircraft between the frames, which leads to increasing the range and duration of the flight.

Based on the conducted analysis and the identified need for an increase the tactical radius of combat operations and increasing the number of suspension points of the AMU, developed practical recommendations for the installation of an overhead tank for gargrot.

An ISR was carried out, which determined an increase in the flight range by 1,200 km and flight time for 80 min. As a result of conducted research on improvement of the aircraft, the total volume of fuel increased by 3,000 liters.

### **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF WAYS TO ENSURE COMBAT SURVIVABILITY WHEN USING A FIGHTER SU-27**

*B. Kylynchuk; O. Oliynyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Study of technological innovations and developments aimed at increasing the combat survivability of the Su-27 fighter, including new materials, protection and control systems.

Technological innovations:

1. New materials: Research and introduction of new light, but strong materials for the design of the fighter can ensure a decrease in the weight of the aircraft and an increase in its maneuverability, which in turn has a positive effect on its combat survivability.

2. Defense systems: Implementation of advanced systems for early detection of missiles and other threats, such as electronic warfare (EW) systems, can help prevent attacks and increase the Su-27 fighter's survivability on the battlefield.

3. Control and automation: Development of new automation systems to control the fighter can improve response to emergency situations and provide faster and more efficient control, which will increase its combat survivability.

4. Integration with modern systems: It is important to explore the possibilities of integrating the Su-27 fighter with other modern combat systems and weapons to ensure greater compatibility and effectiveness in conducting combat operations.

Therefore, the research and development of new technological innovations is a key aspect of ensuring the combat survivability of the Su-27 fighter in the modern military environment.

### **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF WAYS OF IMPROVING THE MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE AIRCRAFT**

*O. Oliynyk; D. Polaykov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Research and development of the possibility of using new determining parameters of the technical condition, which made it possible to establish the technical condition of units during operation and to organize its change depending on the intensity of operation.

The object of the study is methods of determining the vibration level of the helicopter transmission and eliminating malfunctions at the stage of their development.

Research methods – theoretical analysis of the problem, vibration of the main gearbox and methods of identifying and eliminating malfunctions at the stage of their development.

The main ways to ensure a given level of flight safety and methods of assessing the residual resource and the selection of diagnostic signs. Structural diagram analysis and a brief overview of vibration measurement methods.

Of course, modern research and development of ways to improve technical condition monitoring have a number of shortcomings that must be corrected. Therefore, the study of the structure, features of the organization, and shortcomings of the functioning SBS aviation of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine and the development of measures to eliminate them by improving the monitoring of the technical condition of the aircraft in the conditions of preparation and conduct of combat operations is fundamental.

### **DEVELOPMENT OF MEASURES TO INCREASE THE RELIABILITY OF THE AFTERBURNER TURBOJET TWO-CIRCUIT ENGINE WITH AN AFTERBURNER COMBUSTION CHAMBER**

*S. Pleshkunov; N. Kolesnikov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The afterburner combustion chambers of turbojet two-circuit engine with an afterburner combustion chamber are one of the key components of the power plant of fighter aircraft. These cameras are responsible for increasing the speed of the aircraft and increasing its maneuverability. The peculiarity of turbojet two-circuit engine with an afterburner combustion chamber is that fuel can burn in it in two chambers – the first is in the engine, and the second is in the afterburner system. To ensure flight safety and operational efficiency, these cameras must be constantly maintained in proper technical condition.

This paper analyzes the development of measures to improve the proper functioning of the afterburner. Some of the main ones are: monitoring and

diagnostics, carrying out regular maintenance and diagnostics of the combustion system, improving the cooling system, improving the qualifications of personnel engaged in maintenance and repair of combustion chambers. Proposed measures of regular maintenance, which ensures timely detection of malfunctions of elements of the combustion chamber structures.

### **IMPROVEMENT OF PERIODIC WORK PERFORMANCE METHODS ON THE MIG-29 AIRCRAFT IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS**

*R. Hresko; D. Snezhko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During a full-scale invasion of Russia, aviation plays one of the key roles. Thanks to the effective operation of aviation, a number of important military tasks are carried out: from striking fire to evacuating the wounded. One of the representatives of the fighter aviation of Ukraine is the 4th generation MiG-29 fighter. For the successful operation of this type of aviation, a major role is played by technical and operational units (TOU) of aviation brigades. With the beginning of hostilities, the tasks of TOU went far beyond the limits of routine work and maintenance of aviation equipment. Despite missile strikes on aviation units, Aviation engineering service (AES) specialists not only kept the fighters in a combat-ready condition, but also additionally restored and raised many aircraft in the sky. The amount of work performed by AES specialists from February 24 to today is quite significant. All equipment is repaired in the shortest possible time. In connection with the obsolescence of aviation equipment and the appearance of new failures, there is a need to create a single information system for managing maintenance processes and exchanging data between different levels of technical personnel management.

Such an integration should be in the form of an application, and in connection with the rapid development of information technologies, it would not be expensive and could serve as a database for collecting information on all types of responses and nuances during the repair of aircraft, with supported audio and video content to which all aviation specialists and those who have just started training would have access, which would ensure the minimum period of periodic work and increase the efficiency that affects the combat readiness of the aircraft, which reveals the relevance of the topic.

### **DEVELOPMENT OF METHODS FOR RESTORING THE POWER SET OF THE AIRFRAME AND MILITARY REPAIR EQUIPMENT IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS**

*B. Slyusarenko; D. Snezhko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The relevance of this topic is determined by the fact that in the process of warfare, as well as the operation of aviation equipment, there is frequent damage to the skin and power set of the airframe. The main task is to improve the technical repair process to reduce the recovery time, increase the number of repaired aircraft in the course of combat operations and to ensure high combat readiness.

Growth of combat capabilities and expansion of tactics of combat use aircraft in the conditions of hostilities Aeronautical Engineering Service aviation units, the task of organizing the recovery Aeronautical Engineering not only in Technically operational part, Military Aircraft Repair, but also at operational aerodromes with autonomous operation of the squadron, and for aircraft Military Transport Aircraft and helicopters in separate areas of the base of single aircraft and places of forced landings.

For modern aircraft, it became necessary to create a multi-level system of military repair, redistribute repair tasks between these levels and equip them with appropriate equipment. In these changing conditions, the anti-ship repair system, while retaining its importance as the basis of the repair base for military repair,

Transition to the main system of the organization and to a new structure Manufacturer began in aviation units through the creation of airmobile sets of means for Technically operational part, and Aviation Squadron, technical first-aid kits for the link, as well as easily transportable workplaces, wheelbarrows and installations for performing certain types of repair work in unprepared areas and places of forced landings.

### **IMPROVING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF THE IL-76 MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT TAKING INTO ACCOUNT THE COMBAT EXPERIENCE**

*A. Nesterenko; V. Pohorelov; D. Shtepa; R. Semeniuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Transport aviation is one of the main components of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine and is intended for the timely maintenance of vital activity and combat readiness of military units, the performance of missions and tasks necessary for conducting peaceful and military operations at the regional, interregional and strategic levels. Therefore, a modern military transport aircraft (MTA) should be characterized by a long flight range with a maximum payload, be able to land at low altitudes, take off and land on unprepared ground strips of limited size.

The creation of a new generation of aircraft requires the solution of complex economic tasks in the conditions of a contradictory set of different situations, the search for rational compromises. Therefore, taking into account the current economic situation of Ukraine, the development of military transport aviation is mainly carried out in the direction of modernization of existing aviation equipment and its addition of some properties of the next generation equipment.

### **IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF PERFORMING COMBAT TASKS OF A RECONNAISSANCE UAV**

*I. Servetnik; D. Snezhko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The growing list and variety of tasks of units of unmanned aircraft complexes, their equipment require a reasonable approach to evaluating the effectiveness of their use. Many factors directly affect the effectiveness of БрАК tasks. It is appropriate not to consider each one separately, but by combining them into certain sets of conditions that affect efficiency, for example:

– a set of combat missions of the troops;

- a number of combat missions of the ВрАК;
- a set of technical and economic characteristics of UAVs;
- a variety of UAV operating conditions;
- a set of conditions for the combat use of UAVs;
- a set of characteristics of the human factor;
- a set of characteristics of the natural environment;
- a set of characteristics of enemy formations;
- a set of values of the time parameter.

The main assumptions when solving the task of evaluating the effectiveness of the ВрАК application are:

- the enemy can influence our troops;
- ВрАК units are capable of performing combat missions;
- units of ВрАК are provided with the necessary material means and staffed according to the staff;
- the management system ensures the delivery of information to various units of military management.

## **RESEARCH OF WAYS TO IMPROVE THE AIRCRAFT FUEL SYSTEM**

*D. Derkach; O. Bospalko; R. Semenyuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Military transport aviation is one of the most important components of the modern Armed Forces of Ukraine, which is entrusted with a wide range of tasks to transport airborne troops, weapons, materiel, fuel and other cargo through the airspace. The aircraft of the Airborne Transport Group play an important role both during exercises and in combat operations.

To ensure that these tasks are performed at a high level, it is necessary to use modern equipment. An example of such an upgrade would be the modernization of the fuel system, namely the integration of a fuel management system with modern onboard avionics to effectively control fuel supply and consumption, which will optimize fuel consumption processes in real time.

It is commonly believed that countries that are recognized world leaders in the field of new weapons do not use this practice. This statement is not true. An example of this is the C-130 airplane. The first flight took place on August 23, 1954. At that time, the tactical and technical capabilities of the aircraft fully met the requirements of military transport aviation, but over the years, there was a need to improve the technical characteristics of the aircraft. For this purpose, the developers installed an upgraded digital fuel system FQIS (Fuel Quantity Instrumentation System). This has significantly improved the accuracy of fuel measurement and optimized fuel consumption.

A similar path can be followed in solving problems related to the improvement of the AN-26 technical characteristics.

## **INVESTIGATION OF WAYS OF IMPROVEMENT AIRCRAFT OPERATIONAL CHARACTERISTICS**

*A. Siniaviev; D. Snezhko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During hostilities, the leading role in the performance of all tasks is assigned to helicopters. The analysis of these data and the results of numerous studies make it possible that for the successful solution of the tasks of a combined military battle, it

is necessary to increase the mobility of units and ensure their high fire support. Special importance is attached to the use of helicopters as means of fire support and rapid movement.

Thanks to their small dimensions and high maneuverability, they are a less accessible target for enemy aviation and anti-aircraft means, they can most effectively use the features of the terrain for a covert approach to enemy objects, carry out maneuvers during the execution of combat tasks, provide the most detailed survey of a given area, identify small-sized goals.

One of the disadvantages of the Mi-8MSB transport combat helicopter is the use of fuel tanks located in the cargo cabin. If it is necessary to transport oversized cargo, carry out amphibious landing operations, additional tanks significantly reduce the internal dimensions of the cargo cabin. An urgent task is to improve the flight and technical characteristics of the Mi-8 MSB helicopter, namely, to improve the flight range. A number of measures meet all requirements for structural strength and ensure reliable operation of systems.

Such a shortcoming forces us to search for ways to increase the range and flight duration of the Mi-8MSB helicopter. This research is intended for this question.

### **RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF AIRCRAFT AIR SYSTEM FOR ENHANCING OPERATIONAL CHARACTERISTICS**

*G. Berlov; O. Bepalko; R. Semenyuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern military operations demand high efficiency and reliability of military equipment, particularly aircraft. In this context, research into improving the operational characteristics of helicopters, especially the Mi-8, is of significant importance.

The combat effectiveness of Mi-8 helicopters largely depends on the reliability and speed of their startup. The air system plays a critical role in this process by supplying compressed air for the starter and other pneumatic aggregates. However, there are limitations in the functionality of the standard Mi-8 startup system, especially in adverse conditions such as:

- low temperature;
- altitude;
- frequent engine restarts.

Analysis of existing systems shows that the limitation on the number of engine startups poses a serious problem in helicopter operations, especially in conditions of intense combat operations. Adding an additional air tank to the engine startup system would be an effective solution to this problem. One of the main advantages of this approach is increased reliability and stability of engine operation under intensive use. Furthermore, implementing this technology would contribute to reducing maintenance time and increasing the overall efficiency of aircraft utilization within military operations.

Therefore, incorporating an additional air tank into the engine startup system is a promising direction for improving the operational characteristics of this aircraft, thereby enhancing the overall effectiveness of military operations and ensuring the safety and reliability of its operation.

**RESEARCH ON WAYS TO REDUCE THE RISK OF AIRCRAFT COLLISIONS WITH POWER LINES AIMING TO ENHANCE FLIGHT SAFETY TAKING INTO ACCOUNT COMBAT EXPERIENCE**

*D. Marchenko; O. Bepalko; V. Kasian; A. Marchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Research on ways to reduce the risk of aircraft collision with power lines is an important task for enhancing flight safety.

Flight safety of military aviation at low altitudes is critically important for the successful execution of missions and ensuring crew safety. Power lines can pose a potential threat to the safety of military aviation, especially at low altitudes or in areas with complex terrain.

Flight route planning for military aviation should consider the presence of power lines to avoid potential conflicts and ensure flight safety.

Installing wire strike protection systems on helicopters is essential for safe and effective mission execution in close proximity to power lines. They are used to prevent helicopter contact with power lines and minimize the risk of damage or accidents. The use of wire strike protection systems allows helicopters to maintain optimal maneuverability and continue missions even in areas where power lines are present.

Overall, wire strike protection systems on helicopters against power lines are crucial for ensuring flight safety and mission effectiveness in hazardous areas. Their proper utilization helps mitigate risks and ensure the successful execution of military aviation missions.

**CREATION, OPERATION AND REPAIR OF AVIATION EQUIPMENT BASED ON THE EXPERIENCE OF REPELLING THE FULL-SCALE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*E. Sivook; D. Snizhko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Preparation for the re-flight of the MiG-29 by ground crews. Minimum terms of quality preparation in full for the aircraft within the established timeframe in the conditions of the DB. Organizing and conducting all types of preparations for aircraft deployment within the specified timeframe. Training of ITS and flight crew in the operation and repair of aircraft. One of the most convenient methods for solving problems of assessing and analyzing the structure of costs and losses of working time, developing measures to improve labor organization and increase its productivity by eliminating losses and irrational expenditures of working time is the WFD (Workday Photo).

The FRD data is used to standardize preparatory and final time; time for workplace maintenance, rest and personal needs; headcount; maintenance; and to identify the reasons for not meeting/exceeding the standards. During combat operations, it is advisable to add a 3rd specialist to the ground crew, namely an aircraft mechanic, which will reduce the time required to prepare the aircraft for re-flight.

It is proposed to commission the newly arrived flight officers and ITPs, taking into account that each ground crew specialist should be trained to perform their duties and to perform duties one step higher – senior aircraft technician for the

position of aviation link NTEH, senior mechanic for the position of senior aircraft technician, aircraft mechanic for the position of senior aircraft mechanic.

**CREATION, OPERATION AND REPAIR OF UNMANNED AVIATION  
EQUIPMENT TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE  
OF REPELLING FULL-SCALE ARMED AGGRESSION  
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*V. Shakhrai; D. Snezhko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the full-scale invasion of the Russian Federation, Ukraine began to actively use unmanned aerial vehicles of various types.

Unmanned aerial vehicles were used in almost all offensive operations, performing assigned combat tasks of various types (from reconnaissance to the destruction of combat equipment and enemy manpower), thus showing their effectiveness.

As of today, Ukraine is actively engaged in the creation of its own UAVs. The creation of UAVs requires a combination of advanced technologies in the field of aviation, electronics and programming. It is important to know the aspects of aerodynamics, structures, mechanics and take into account the military wishes and directions of use of UAVs.

The operation of an unmanned aerial vehicle requires trained specialists, as well as proper maintenance of the aircraft, which is not only the maintenance of aviation equipment that is usual for us, as well as the preparation and testing of software.

Repair and maintenance systems must be adapted to the specifics of these systems. The development of programs for replacement and modernization of components must take into account the need for high-precision technical solutions.

The creation and operation of UAVs becomes an important step in response to the enemy's armed aggression and is also an important component of modern armed conflicts.

**RESEARCH INTO THE MODERNIZATION DIRECTIONS  
OF THE TRANSPORT AND COMBAT HELICOPTER  
TO ENHANCE STABILITY AND MANEUVERABILITY**

*A. Myhaliuk; M. Startsev; R. Semenyuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Improving the stability and controllability of transport and combat helicopters is critical not only to ensure successful completion of tasks, but also to maximize the safety of crews and passengers in difficult combat and emergency situations.

Main rotor replacement is one of the key areas of modernization, as the rotor plays an important role in ensuring the lift and stability of the helicopter during flight. Improving its efficiency can significantly improve helicopter performance in a variety of environments, including high temperatures, high mountain regions and heavy loads. The use of modern materials and technologies allows you to create more efficient and lightweight rotors, which can lead to a decrease in the weight of the helicopter and improve its maneuverability and stability. In addition, new designs can provide greater reliability and longer rotor life, which reduces the risk of accidents and the need for planned maintenance. The improved rotor can also allow



the helicopter to reach higher speeds and perform more complex maneuvers, which improves its combat performance and ability to perform a variety of tasks in today's combat environment.

So, the replacement of the rotor is a promising direction of modernization of transport and combat helicopter, which will increase its stability and controllability, as well as improve its overall effectiveness in modern combat operations.

## **DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF AN-26 LIGHT MILITARY TRANSPORT AIRCRAFT**

*I. Sopivnyk; O. Haponov; M. Klimashevskiy; M. Vakuliuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the analysis of combat tasks of military transport aviation and technical capabilities of the domestic industry, the possibility of modernization of the An-26 light military transport aircraft is shown. The main structural and aerodynamic characteristics of the An-26 aircraft were analyzed.

The main characteristic of the military transport aircraft built by calculation is the cargo-range diagram, which made it possible to conclude that the upgraded An-26 aircraft with the TV3-117VMA-SBM1 engine is a significant advantage compared to the base aircraft. Thus, the maximum flight range at the same launch mass increased by 21 % and amounted to 2660 km. To ensure the non-deterioration of the characteristics of the run-off and the height of the upgraded An-26 aircraft, it is proposed to maintain for the engine TV3-117VMA-SBM1 maximum emergency mode and emergency mode in flight, and, if necessary, systems of water injection into the engine compressor.

The installation of the radiation warning system and an additional small-sized engine into the left motogondol for a significant increase in flight safety in areas with an increased level of danger, which increases the range of tasks performed by the upgraded An-26 aircraft. It is proved that filling with foampolyuteran fuel tanks of the An-26 aircraft will increase its survivability in combat conditions. The maintenance measures of the modernized An-26 aircraft with engines TV3-117VMA-SBM1 and the system of water injection into engine compressors have been developed. In further work, it is planned to develop measures to increase the protection of the aircraft from anti-aircraft missiles with infrared homing heads.

## **ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF FLIGHT-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE STRIKE UAV OF MINIMAL COST**

*O. Haponov; I. Sopivnyk; M. Klimashevskiy; O. Bepalko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the analysis of the flight and technical characteristics of strike UAVs used in combat operations in Ukraine, the economic feasibility and capabilities of the domestic industry to create this type of UAV, the relevance of the development of this type of UAV as counter-offensive weapons is proved.

The aerodynamic layout of the UAV with a triangular wing of non-classical shape in terms of, without horizontal plumage, using non-metallic plating to reduce its radar visibility and reduce the cost of UAVs. The composition of the power plant includes an engine with a pulling propeller mounted on the motogondol above the wing surface, to reduce the negative impact on the propeller of the excited flow

behind the wing. The removal of the air screw will increase the efficiency of the air screw to an estimated 10% compared to the propeller.

To determine the aerodynamic and flight-technical characteristics of the UAV used semi-empirical method, implemented in the program complex "Integration 2.2". The advantage of this software complex is the ability to task the UAV flight profile to study new tactical techniques with existing weapons and equipment.

It is shown that the main advantages of such UAV are reducing its cost while maintaining the ability to deliver combat charges to the advanced positions of the enemy and deep into the rear behind the front line.

## **WAYS TO IMPROVE THE PROTECT OF THE MI-8 HELICOPTER**

*M. Klimashevskiy; O. Haponov; I. Sopivnyk; O. Bepalko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the experience gained in the combat use of the Air Force since the beginning of the Russian Federation's invasion of Ukraine shows that mobility and high combat capability of helicopters are not enough to successfully perform a combat mission. An equally important aspect for accomplishing the assigned tasks is helicopter survivability to prevent and reduce the loss of flight crews.

The main directions of improving the protection of the Mi-8 helicopter from anti-aircraft missiles with an infrared homing head are to reduce the temperature of the exhaust gases of the engines, shielding the hot parts of the power plant, installing an optoelectronic countermeasure station and a combined device for ejecting false targets.

The developed shielding and exhaust device for the helicopter powerplant engine to reduce its infrared visibility is presented. The gas-dynamic calculation of the developed engine shielding and exhaust device demonstrated a 14.6 % (104 K) reduction in the temperature of the exhaust gases, while the infrared visibility of the engine is significantly reduced, improving the helicopter's protection against missiles of portable air defense systems.

A helicopter armor variant was presented, which will reduce the potential damage to the crew by small arms by 68% and the probability of damage to the power plant by 37.2%. The issue of maintenance of the modernized military transport helicopter Mi-8 has been worked out. Further work is planned to develop active helicopter protection devices.

## **MODEL OF THE IMPACT OF MOVING STRIKE ELEMENTS OF WEAPONS ON ROTARY-WING AIRCRAFT**

*P. Openko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Hordiienko  
National Defense University of Ukraine*

The relevance of this issue is determined by the modern need to protect rotary-wing aircraft (helicopters) from being struck by moving elements of weapons. The formation of a model for the impact of moving strike elements on the mechanical strength of a rotary-wing aircraft (helicopter) depends on considering a multitude of factors, including the type of weapon, its speed, angle of impact, location of impact, as well as the materials from which the aircraft is made.

The report presents a model of the impact of moving strike elements on a rotary-wing aircraft (helicopter). This model allows for assessing the probability and

degree of damage that can be inflicted on a helicopter due to being struck (fuselage, engine, control system, fuel tank). The modelling can be performed using various methods, including analytical analysis, which uses mathematical models to calculate the impact of strike elements (assessment of the impact of simple strike elements on the helicopter); computer simulation, which uses electronic computing machines to create three-dimensional models of the helicopter and strike elements (assessment of the impact of strike elements on different parts of the helicopter); and natural experiments, which allow for an exact assessment of the impact of moving strike elements on helicopter components.

At the same time, computer simulation is almost as accurate as natural experiments while being more economical and sufficiently rapid.

The simulation results can be used to design protection means (armour) that protect the helicopter and crew (airborne troops) from being struck by elements of weapons systems.

### **METHOD FOR ASSESSING THE IMPACT OF STRIKE FACTORS ON ROTARY-WING AIRCRAFT**

*P. Openko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Hordiienko  
National Defense University of Ukraine*

The relevance of the task is determined by contemporary needs to protect rotary-wing aircraft (helicopters) from enemy fire damage. The increase in the firepower capabilities of man-portable air-defence systems and small arms makes existing methods of protecting rotary-wing aircraft (helicopters) increasingly ineffective, and this leads to the need to develop new materials more resistant to strikes and to refine the scientific-methodological apparatus for assessing their ability to withstand ballistic threats.

The report presents an improved method for assessing the impact of strike factors on rotary-wing aircraft (helicopters). During the improvement of the methodology, indicators and criteria used to assess the impact of strike factors were justified, and approaches to forming input data for creating outlines of prospective (modernizing) samples of weapons and military equipment in a simulation environment were developed. The capabilities of the JCATS combat simulation system were explored as a tool for assessing the outcomes of implementing tactical-technical requirements formulated for samples of weapons and military equipment through the analysis of the effectiveness of their use according to their intended purpose during combat missions under conditions as close as possible to reality.

The simulation's results are intended for use in substantiating tactical-technical requirements for prospective (modernizing) samples of weapons and military equipment. Implementing these requirements will ensure the designated level of protection of the samples from the impact of weapons systems' strike factors.

### **METHOD FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF BALLISTIC RESILIENCE OF MATERIALS FOR ROTARY-WING AIRCRAFT**

*P. Openko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Hordiienko  
National Defense University of Ukraine*

Improving the protection of rotary-wing aircraft (helicopters) from enemy fire damage is one of the critical tasks that their developers (manufacturers) are continuously working on. Various protective materials are used for this purpose, and

their effectiveness requires careful evaluation. Thus, assessing the ballistic resilience of protective materials for rotary-wing aircraft (helicopters) is relevant.

The report considers an improved method for assessing the ballistic resilience of protective materials for rotary-wing aircraft (helicopters), aimed at overcoming the limitations of existing approaches and ensuring accurate and justified assessment of the protective properties of the materials under investigation. The analysis of the existing scientific-methodological apparatus allowed for the identification of its positive and negative aspects, as well as the selection of a base methodology for further improvement. The analysis identified key factors affecting the ballistic resilience of materials proposed for use in the improved method, and a mathematical apparatus was formed. Implementing this apparatus through a software-hardware complex allows for obtaining assessments of the ballistic resilience of protective materials for the samples under study, with corresponding accuracy and reliability.

The application of the improved methodology for assessing the ballistic resilience of protective materials for rotary-wing aircraft (helicopters) enables the substantiation of recommendations, the practical implementation of which will ensure increased protection of these aircraft to a specified level, reduction of mass-dimensional and cost indicators of protection.

### **ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СИЛИ МАГНУСА**

*Р.В. Бубеничиков; С.В. Бондаренко, к.т.н., ст.д.; А.Ю. Косовцов  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

При проведенні наукових досліджень щодо модернізації існуючого артилерійського озброєння і створення новітнього, залишається не вирішеною проблема розв'язання оберненої задачі зовнішньої балістики щодо визначення аеродинамічних коефіцієнтів сили Магнуса із заданою точністю. Теоретичною основою розв'язання оберненої задачі є математичні моделі польоту снаряда та дані про параметри його польоту, які вимірюються при стрільбі артилерійськими системами на балістичній трасі. Найбільш повно динаміку польоту снаряда описують: 6DoF-модель та модифікована модель матеріальної точки (МММТ). Процес відновлення аеродинамічних коефіцієнтів сили Магнуса на основі МММТ найменш складний в порівнянні з моделлю 6DoF через меншу кількість інших аеродинамічних коефіцієнтів сил (моментів), що входять до її складу.

Авторами представлений аналітичний вираз розрахунку аеродинамічних коефіцієнтів сили Магнуса, який отриманий з використанням МММТ, як математичної моделі польоту снаряда, що рухається в повітрі. Показано, що за умови відомої функції зміни величини кутової швидкості обертання снаряда, отриманий вираз функціонально залежить виключно від параметрів, що отримуються за даними зовнішньо-траєкторних вимірювань. Проведена оцінка точності відновлення аеродинамічних коефіцієнтів сили Магнуса з використанням аналітичної залежності за даними координат польоту снаряда на прикладі 155-мм ОФ снаряда Assegaі M2000. Так, значення відносної похибки, при стрільбі на найменшому та найбільшому заряді не перевищує 0.3 %, що дозволяє в порівнянні з існуючими методами, на два порядки підвищити точність їх розрахунків.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

*Д.Т. Шевченко*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Військові авіаційні двигуни (ВАД) розробляються з метою задоволення військових потреб. Основними з яких є: висока надійність роботи, велика тяга при малій масі, робота в умовах обледеніння, тощо. Оскільки безпека і ефективність військових операцій напряму залежать від роботи авіаційних двигунів, відповідне діагностування відіграє вирішальну роль у підтриманні бойової готовності військової авіації. Це вимагає більш жорстких та високотехнологічних методів діагностики, підвищення якості, швидкості виявлення і достовірності результатів.

ВАД мають спеціальні функції і режими роботи, які зазвичай використовуються лише під час бойових місій. Діагностичні системи повинні бути здатні ефективно функціонувати і підтримувати надійність двигунів на всіх таких режимах, мають бути автономними та надійними, щоб забезпечити безперебійну роботу навіть у складних умовах.

Враховуючи важливість відновлення працездатності у найкоротший час, ВАД можуть бути оснащені спеціальними низькорівневими діагностичними функціями, що дозволяють здійснювати швидку та точну діагностику, а також визначати пріоритетність заходів з обслуговування.

Забезпечення можливості аналізу діагностичних даних на землі дозволяє більш детально вивчати стан двигуна та приймати рішення щодо подальшого обслуговування.

Діагностичні дані ВАД, дотримуючись високих стандартів секретності та захищеності інформації, можуть бути інтегровані з системами підтримки рішень для автоматичного аналізу та передбачення можливих проблем.

## ВПЛИВ АЕРОДИНАМІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СИЛИ ЛОБОВОГО ОПОРУ НА ДАЛЬНІСТЬ ПОЛЬОТУ СНАРЯДА

*С.В. Бондаренко, к.т.н., ст.д.; А.Я. Онофрійчук; З.М. Грабчак, д.філос.  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Важливою складовою вектора аеродинамічної сили, що діє на снаряд, є сила лобового опору, яка має напрямок протилежний напрямку швидкості руху снаряда та суттєво впливає на динаміку його польоту. Аналіз вимог до точності розрахунку табличної дальності стрільби артилерійських систем свідчить, що величина середньої похибки на малих дальностях стрільби має значення порядку 0.50 % дальності польоту, на великих дальностях – (0.25-0.30) %. Експериментальне дослідження сили лобового опору зводиться до дослідження її аеродинамічних коефіцієнтів при різних значеннях чисел Маха. Крім того, важливо оцінити вплив на дальність польоту снаряда як лінійної, так і нелінійної складової аеродинамічного коефіцієнту сили лобового опору. Для оцінки впливу аеродинамічних коефіцієнтів на дальність польоту снаряда використаний метод різниць, який полягає в розв'язанні системи диференціальних рівнянь просторового руху снаряда так, щоб змінюючи значення кожної зі складових аеродинамічних коефіцієнтів, отримувати зміну величини дальності польоту. Проведене чисельне моделювання залежностей

похибки дальності польоту 155-мм осколково-фугасних снарядів – Assegai M2000 та ERFV/BB від зміни величини їх аеродинамічних коефіцієнтів на 1%. Показано, найбільшу похибку в дальності польоту снаряда вносить лінійний коефіцієнт сили лобового опору при стрільбі на максимальному заряді – 0.90 % дальності стрільби, відповідно найменші, на мінімальному заряді – 0.13 %. Крім того, результати моделювання засвідчили, що вплив квадратичного коефіцієнту сили лобового опору має на 1-2 порядки менші значення в порівнянні з лінійним.

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПІДХОДУ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ ФАЗ**

*С.О. Тишко, к.т.н., доц.; О.Л. Грищенко; І.А. Довгий  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки України*

Прийняття рішення про допуск до постачання у Збройні сили новітнього та модернізованого озброєння, а також що постачається з країн-партнерів, приймається після проведення випробувань, шляхом аналізу його технічних характеристик на відповідність нормативно-технічним документам (технічне завдання, технічні умови, експлуатаційна документація, ремонтна документація).

Фазові методи вимірювання широко поширені в радіолокації і радіонавігації, авіаційній та космічній техніці, геодезії, машинобудуванні, зв'язку та багатьох інших галузях національної економіки, це обумовлено можливістю забезпечити потрібний рівень якості та оперативності контролю параметрів озброєння та військової техніки (ОВТ) та інших складних технічних систем.

В роботі пропонуються науково-технічні основи альтернативного принципу визначення фазового зсуву, які базуються на проведенні спектрального аналізу сигналу отриманого при підсумуванні двох гармонічних сигналів після проведення їх двохнапівперіодного перетворення. Синтезовані аналітичні співвідношення, з використанням яких проводиться розрахунок спектра амплітуд (потужності) та фаз сигналу, що досліджується. Проведена перевірка адекватності запропонованих аналітичних співвідношень. Використання даного підходу у подальшому дозволить запропонувати методи вимірювання, які забезпечать потрібну якість контролю параметрів ОВТ на всіх етапах життєвого циклу з суттєвим зменшенням витрат на виконання цих операцій.

## **ФУНКЦІЙНО-ВАРТІСНА МОДЕЛЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НАДАНОЇ НА ВИПРОБУВАННЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ІМПОРТНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*Г.С. Нікіфоров, к.т.н.; О.М. Чередніков, В.А. Жирний, к.т.н.; В.І. Нікітченко  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Дослідження методом функційно – вартісного аналізу (ФВА) військової техніки імпортного виробництва на основі оцінювання експлуатаційної документації є актуальним та важливим завданням, що може призвести до

значущих покращень у різних аспектах розробки, виробництва та експлуатації військової техніки. Оцінка функцій та їх вартості, врахування обмежень та оптимізація балансу між функціональністю та вартістю можуть сприяти підвищенню ефективності, надійності та конкурентоспроможності військової техніки. Врахування результатів ФВА у стратегічному плануванні може також сприяти розробці більш ефективних стратегій модернізації та підтримки техніки. Такий підхід є ключовим для вирішення потреб, пов'язаних із гармонізацією державних стандартів з міжнародними, обмеженнями екстремального застосування в період військових дій.

Функційно-вартісна модель (ФВМ) базується на ідентифікації та оцінці функцій, які виконує система, і визначенні їх вартості. У контексті оцінювання експлуатаційної документації військової техніки імпортного виробництва, ФВМ може використовуватися для аналізу та оптимізації функцій та вартості системи з метою підвищення ефективності та зниження витрат.

В цілому оцінювання експлуатаційної документації включає в себе розгляд інформації, яка визначає процес експлуатації, обслуговування, ремонту та інших аспектів використання ФВМ військової техніки на протязі всього життєвого циклу.

## **ДЕЯКІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ В БОЙОВИХ УМОВАХ**

*Ю.О. Камак; В.М. Феденько, к.т.н.; О.М. Чередніков, О.М. Нідзій  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Актуальність теми визначається постійним розвитком технологій, розширенням областей застосування, прагненням до підвищення безпеки та ефективності операцій ведення бойових дій, а також необхідністю адаптації до змін умов, що робить дрони ключовим інструментом у різних сферах та потребує постійної уваги та досліджень. З постійним розвитком технологій та появою нових інновацій виникають нові можливості для покращення функціональності та ефективності їх використання.

Існує кілька напрямків, у яких триває робота з підвищення ефективності використання дронів (БПЛА) пов'язаних з розвитком автономних функцій та алгоритмів штучного інтелекту, що дозволяє автоматизованим системам дронів приймати складні рішення на основі зібраних даних та засобів спостереження. Це включає поліпшення систем виявлення, аналізу та класифікації об'єктів на землі, а також здатність приймати рішення в реальному часі в залежності від ситуації. Постійне покращення якості та можливостей датчиків (наприклад, оптичних, інфрачервоних, радіолокаційних та ін.) дозволяє дронам збирати більш повну та точну інформацію про навколишнє оточення.

Інтеграція дронів у мережі зв'язку та управління дозволяє ефективно координувати дії множини БПЛА одночасно. Це також відкриває можливості для автоматизації деяких операцій, що зменшує навантаження на операторів і підвищує швидкість реакції на ситуації, що змінюються. Робота над збільшенням енергоефективності та використанням більш ефективних батарей та двигунів сприяє збільшенню дальності та тривалості польоту дронів, що розширює їх можливості у різних сценаріях використання.

Розробка спеціалізованих типів та конфігурацій дронів для конкретних завдань (наприклад, для розвідки, пошуку та порятунку, логістики та доставки, збройних дій тощо) сприяє покращенню їх ефективності в конкретних сферах застосування.

Розвиток технологій, розширення областей застосування, прагнення до підвищення безпеки та ефективності операцій, а також необхідність адаптації до змін умовам роблять дрони невід'ємною частиною сучасних технологічних та військових розробок. Постійні дослідження та інновації в цій області відіграють ключову роль у підвищенні функціональності та успішного інтегрування дронів у різні сфери військового застосування.

### **ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ КОМПЛЕКТУВАЛЬНИХ ВИРОБІВ ІМПОРТНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*В.Т. Бояров, к.т.н.; О.М. Чередніков; Е.В. Хмель  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Модернізація наявної авіаційної техніки вимагає доукомплектування сучасними зразками комплектувальних виробів (КВ) імпортного виробництва такими як шоломи, окуляри нічного бачення, кисневі маски, льотне обмундирування тощо. актуальною в контексті розвитку авіаційних технологій та заходів з покращення безпеки польотів та ефективності виконання бойового завдання, забезпечуючи оптимальні умови праці.

Склад та характеристики таких засобів повинні відповідати психофізіологічним можливостям та обмеженням льотчика щодо сприйняття, усвідомлення, своєчасного та грамотного використання інформації для прийняття рішення.

Проведення функційних випробувань закордонних зразків перед впровадженням в Збройні сили України регламентовано Законами України та Постановами Кабінету Міністрів (№1275, №345, №159, №160, № 736) визначають вимоги до оцінювання відповідності характеристик озброєння наявним потребам оборони та спрямовані на досягнення сумісності з відповідними стандартами Європейського Союзу та НАТО.

Вимоги до проведення функційних випробувань зразків КВ імпортного виробництва до авіаційної техніки можуть бути різними в залежності від конкретного контексту, стандартів та вимог конкретної авіаційної організації або країни.

Перш за все, потрібно мати програму та методики, які чітко описують процедури, стандарти та вимоги для функційних випробувань в відповідності до яких здійснюється підготовка обладнання та інфраструктури, зазначення мети випробувань (наприклад, перевірка функціональності, витривалості, сумісності), установлення критеріїв, за якими вироби вважаються придатними або непридатними до використання.

Важливо враховувати також вимоги конкретних авіаційних стандартів та вимог, що регулюють виробництво та технічне обслуговування авіаційної техніки. Крім того, можуть існувати специфічні вимоги відповідних авіаційних організацій або виробників. Після завершення функційних випробувань складається звіт, який містить інформацію про процес випробувань, вимоги до сертифікації, отримані результати, висновки та рекомендації, що належним чином задокументовані для подальшого використання та аналізу зразків КВ імпортного виробництва.



## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-СКАНУВАННЯ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ СПРАВНОСТІ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ З БОЙОВИМИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ ЛІТАКІВ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ**

*А.А. Шульгін, к.т.н., ст.д.; І.О. Буліч, с.н.с.; В.О. Харченко  
Державний науково-дослідний інститут авіації*

Авіаційні двигуни (АД) літаків тактичної авіації при виконанні завдань за призначенням отримують бойові та експлуатаційні пошкодження. На сьогоднішній день, ремонт пошкоджень носить шаблонний характер та не надає відповіді на питання пов'язані з подальшою експлуатацією, розвитком вторинних пошкоджень до критичних величин при наявності залишку встановленого ресурсу АД літаків тактичної авіації.

Тому дослідження можливості відновлення справності АД з бойовими та експлуатаційними пошкодженнями є актуальним науковим завданням. В той же час, застосування 3D-сканування в сукупності з існуючою системою підтримання справності АД забезпечить наступні переваги:

- підвищення швидкості, точності та ефективності вхідного контролю під час попередньої оцінки АД із бойовими пошкодженнями, які потребують ремонту, та на основі отриманих результатів прийняття рішення щодо порядку відновлення та подальшої експлуатації;

- оптимізацію процесу створення бази даних комп'ютерних 3D-моделей АД з бойовими та експлуатаційними пошкодженнями з високим ступенем деталізації для їх подальшого аналізу, прогнозування методів ремонту, порядку експлуатації та оцінки технічного стану.

Застосування технології 3D-сканування дозволить оперативно приймати рішення щодо відновлення справності АД, зменшити вартість відновлення та максимально використати ресурсні показники АД, які отримали бойові та експлуатаційні пошкодження.

## **ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

*В.М. Чуприна, д.т.н., доц.  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Випробування озброєння і військової техніки, зокрема авіаційної техніки, займають важливе місце в життєвому циклі машин та є невід'ємною складовою процесу виготовлення.

Мета випробувань – визначення та оцінка відповідності бойових, технічних і експлуатаційних характеристик представлених зразків техніки вимогам замовника. Випробування об'єктів можуть проводитись експериментальним методом – шляхом натурних випробувань об'єкту в певних умовах функціонування для його вивчення (тобто, активним спостереженням) та методом моделювання – шляхом складання моделі, як аналога об'єкта, та її всебічного вивчення.

В процесі розробки та випробувань використовуються різні види моделювання: математичне, імітаційне, статистичне. Для здійснення моделювання використовуються як спеціальні, так і розповсюджені

математичні пакети програм (MathCAD, MatLab, Maple і інші) та інженерні пакети САПР (ANSYS, SolidWorks і інші). Зазвичай результати моделювання підтверджуються експериментально (бо критерієм істини завжди є практика).

Математичне та імітаційне моделювання суттєво розширює можливості проектування, виробництва і випробування нової техніки, створеної на основі сучасних технологій. Основні переваги використання моделювання наступні: перенесення реальних випробувань у віртуальне середовище; розширення спектру параметрів випробувань; імітація різноманітних впливів на об'єкт; скорочення термінів випробувань; зменшення загальних витрат на випробування.

## **USING THE ACHIEVEMENTS OF PATTERN RECOGNITION THEORY IN THE MAINTENANCE OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT**

*V. Kurenko*

*Kharkiv National University of Radioelectronics*

With the increase in the number of samples of modern high-tech weapons and military equipment, which enters the service of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, the question of improving the processes of its maintenance arises. One of the ways to implement this task is the introduction of modern achievements of pattern recognition theory into the process of maintenance of promising samples of weapons and military equipment.

The modern achievements of pattern recognition theory include:

- the use of convolutional neural networks and the use of semi-supervised methods of learning neural network models for image classification;
- the latest models for natural language processing, such as GPT-4, ALBERT, SpanBERT, LLaMA;
- intelligent sound analysis using such types of models as convolutional and recurrent neural networks, autoencoders, transformers, hybrid neural network architectures.

It is appropriate to use these achievements of pattern recognition theory in such areas as:

- image and sound analysis to detect equipment defects during a planned inspection;
- audio or text data analysis for further processing in decision support systems for the maintenance of weapons and military equipment;
- monitoring the condition of both repair equipment and the relevant infrastructure.

## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ БАГАТОЦІЛЬОВИМИ ГЕЛІКОПТЕРАМИ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*О.Й. Андрущук; О.М. Григорчук; С.В. Первак*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного*

Від початку повномасштабного вторгнення військ російської федерації на територію України Сили оборони України знищили вже 347 літаків та 325 гелікоптерів.

На жаль, є безповоротні втрати літаків та гелікоптерів і у Силах оборони України. Зокрема, 12 окрема бригада армійської авіації ім. генерал-хорунжого Віктора Павленка повідомила про втрату двох гелікоптерів Мі-8 на тилівій позиції, що перебувала більш ніж за 45 км від лінії бойового зіткнення.

Тому, на даний час гостро стоїть проблема забезпечення Сил оборони України багатоцільовими гелікоптерами іноземного виробництва та створення коаліції держав щодо поставок до Збройних Сил України багатоцільових гелікоптерів.

Останнім часом військовими експертами багато уваги приділяється можливої поставки з Австралії 45 двомоторних армійських багатоцільових гелікоптерів середнього розміру MRH-90 Taipan, один з модифікацій гелікоптера NH90, який виготовляється компанією Airbus Helicopters.

NH90 є першим серійним гелікоптером, повністю оснащеним електронним управлінням польотом. Існує два основних варіанти: тактичний транспортний гелікоптер (ТТН) для використання в армії та військово-морський фрегат-вертоліт НАТО (NFH). Початок експлуатації з 2006 року.

У 2020 році Німеччина ввела в експлуатацію новітній вертоліт NH90 Sea Lion.

11 грудня 2021 року останній з 27 замовлених гелікоптерів NH90 у морській конфігурації (NFH), більш відомий як Caïman Marine, доставили Військово-морським силам (ВМС) Франції.

Таким чином, постачання до Сил оборони України гелікоптерів іноземного виробництва, зокрема австралійських MRH-90 Taipan безумовно сприятиме підвищенню ефективності ведення бойових дій підрозділами Збройних Сил України.

## **ПИТАННЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ АВІАТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РФ**

*О.А. Алексєва*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Вже третій рік поспіль Україна перебуває в стані війни з РФ, яка у будь-який спосіб намагається реалізувати свої імперські амбіції у тому числі шляхом терору українського народу.

Збройні Сили України змушені у відповідь на застосування зброї щодо України та її громадян будь-якою ціною захищати свою територію й український народ від агресора у його руйнівних діях.

Одним з інструментів протидії є використання ЗСУ бойової авіації, якої за даними аналітиків в розпорядженні України значно менше ніж у російської армії, навіть за підтримки іноземних партнерів у цій сфері.

З початком повномасштабного втручання на територію України росія посилила полювання за бойовою авіацією ЗСУ й для того вона застосовує різноманітну зброю, якої має досить широкий спектр (крилаті та балістичні ракети, дрони-камікадзе тощо).

Одним з головних завдань українського війська є максимально зберегти наявний арсенал військової авіації. Це питання здебільшого стосується відповідних заходів для убезпечення литовищ, на яких розташовується авіаційна техніка для зберігання, технічного обслуговування, ремонту тощо.

Аналіз світового досвіду щодо питання облаштування укриттів, у тому числі для літаків, свідчить, що досить популярні земляні обвалування авіатехніки, залізобетонні арочні укриття, ангари тощо. Найцікавішим для нашої країни, з урахуванням досвіду відсічі повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України, є використання світового досвіду розміщення військової авіатехніки на підземних авіабазах.

## **ВИМОГИ ДО РУХОМИХ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РЕМОНТУ І ЕВАКУАЦІЇ НАЗЕМНОГО ЕШЕЛОНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

*О.О. Корольов*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Застосування ремонтних органів в умовах війни вимагають від рухомих засобів технічного обслуговування ремонту і евакуації наземного ешелону авіаційної техніки (далі РЗР) специфічних вимог: РЗР мають автономно проводити ремонт авіатехніки у місцях їх виходу з ладу; ремонтні органи мають проводити ремонт у взаємодії з ремонтними підрозділами родів військ і служб; виробнича потужність РЗР авіатехніки повинна забезпечувати якісне виконання робіт, що спрямовані на підтримання належного рівня технічної готовності і укомплектованості авіаційного підрозділу; екіпажі та обслуги РЗР мають бути укомплектованими фахівцями-ремонтниками необхідної кваліфікації; ресурси повинні забезпечувати необхідні умови виробничого процесу з урахуванням їх спеціалізації за видами, типами та марками авіатехніки; ремонтники повинні бути спроможними до охорони та оборони від нападу противника, здійснювати марші в умовах зараженої місцевості РХБ речовинами; ремонтники повинні мати необхідні засоби зв'язку; РЗР повинні мати високі середні швидкості руху, прохідність, маневреність і запас ходу; час на розгортання і згоргання майстерень повинен бути мінімальним; мобільні підрозділи повинні мати можливість автономної роботи у відриві від підрозділу; ремонтні майстерні повинні мати достатню кількість і різноманітність уніфікованих і універсальних пристосувань і інструментів, що характеризуються простотою конструкції, малогабаритністю, легкістю, простотою в обслуговуванні, при підготовці до використання і у роботі.

## **THE PERSPECTIVE OF THE USE OF LED LAMPS IN THE EXTERNAL LIGHT SIGNALING EQUIPMENT OF COMBAT AIRCRAFT**

*A. Pomerantsev; R. Leshchenko; V. Yurchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Advantages of using LED lamps in the external lighting equipment of combat aircraft.

On new types of aircraft of NATO countries, the designers use LED lamps in the lighting equipment. LED lamps directly convert electrical energy into light. Thanks to this, they are several times more efficient than ordinary halogen incandescent lamps. Compared to halogen counterparts, they turn on instantly, scatter minimal light and are not affected by the number of on/off cycles. LED lamps perform their functions even with a significant voltage drop in the aircraft's electrical network, they are solid, therefore very resistant to vibration and shocks. The average

incandescent bulb has approximately 100 hours of life on an airplane. The average service life of an LED lamp is 50,000 hours. Depending on the environmental conditions, its service life can reach 100,000 hours. An LED lamp can work on an airplane for six to twelve years. Advantages of LED lamps:

- long service life;
- high energy efficiency;
- withstand high levels of impacts and vibrations;
- improved environmental indicators;
- no UV radiation and do not heat up;
- very light weight;
- higher color temperature of white;
- design flexibility;
- instant lighting;
- withstand frequent switching;
- directionality of light;
- work at low voltage;
- ability to work in cold conditions.

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ЗЕНІТНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УСТАНОВОК ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ АВІАЦІЙНИХ ГАРМАТ**

*С.Д. Войтенко, к.т.н., с.н.с.; М.Л. Чистяков; С.І. Чуйко  
Державний науково-дослідний інститут авіації*

З метою доукомплектування мобільних вогневих груп ефективними засобами боротьби з повітряними цілями противника типу “Shahed-136/131”, “Ланцет” та крилатими ракетами. Проведено дослідження з метою визначення шляхів використання авіаційних гармат ГШ-23; ГШ-6-23 для створення мобільних зенітних артилерійських установок.

Під час досліджень:

- проведено аналіз існуючих і сучасних зенітних артилерійських систем та бойових модулів;
- проведено аналіз існуючих вимог до зенітних засобів для забезпечення потреб мобільних вогневих груп;
- обґрунтуванні варіанти та шляхи створення та технічні вимоги мобільних зенітних артилерійських установок;
- розроблено проекти технічних вимог до варіантів мобільних зенітних артилерійських установок.

### **СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ЛІТАКІВ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ**

*В.В. Самулєєв, к.т.н., доц.; А.А. Шульгін, к.т.н., ст.д.; Є.І. Чемерис, д.філос.  
Державний науково-дослідний інститут авіації*

Суттєве зростання напрацювання парку авіаційних двигунів (АД) літаків тактичної авіації (ЛТА) в умовах повномасштабної агресії РФ, призвело до прискореного вичерпання залишку встановленого ресурсу (ВР) їх парку. Щодо, в свою чергу, актуалізує потребу у розв’язку низки наукових задач збільшення ВР як АД, так і їх особливо відповідальних деталей і складальних

одиниць (ОВДСО), пошуку шляхів та сучасних аналітичних інструментів таких досліджень.

В рамках реалізації методичних підходів 3-ї стратегії управління ресурсом АД та їх ОВДСО поширюється застосування сучасних програмно-апаратних комплексів (ПАК) чисельного моделювання теплового, напружено-деформованого станів ОВДСО АД та прогнозування досягнення ними граничного стану (ГС). Використання таких ПАК, за певних умов, дозволяє створювати достатньо достовірні симуляції фізичних процесів на підставі розв'язку нелінійних і нестационарних просторових задач при заданих граничних умовах, які відповідають експлуатаційним умовам ОВДСО, що дозволяє встановлювати величину пошкодженості їх матеріалу за *i*-й цикл навантаження.

Результати аналізу розв'язку таких задач надають можливість прийняття науково обгрунтованих рішень щодо збільшення ресурсу АД та їх ОВДСО, які були закладені на етапі їх розробки та виробництва, внаслідок зменшення рівня консервативності обгрунтування критеріїв настання ними ГС.

### **РОЛЬ ЛІТАКІВ ДАЛЬНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ І УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМІ БОЙОВОГО УПРАВЛІННЯ ЗАСОБАМИ ПОВІТРЯНОЇ КОМПОНЕНТИ**

*С.В. Матвійчук; О.Г. Яровенко; В.Р. Коліко; К.В. Істратенко  
Державний науково-дослідний інститут авіації*

При аналізі особливостей створення (закупівлі) літаків дальнього радіолокаційного виявлення і управління (ДРЛВУ) необхідно визначити їх роль та місце в єдиній системі виявлення, оповіщення і бойового управління.

Наземна система розгалуженої мережі активних та пасивних засобів в складі радіолокаційних постів здатна виконати функцію розвідки, управління та оповіщення про бойову обстановку лише в умовах мирного часу.

За допомогою функцій дальнього виявлення, наведення, цілевказання і управління, які виконуються літаками ДРЛВУ, забезпечуються передумови для успішного функціонування єдиної автоматизованої системи управління військами, яка в комплексі дозволяє вирішувати наступні завдання:

- наведення винищувачів на повітряні швидкісні маловисотні аеродинамічні та балістичні цілі противника;
- стійке оперативне оповіщення пунктів управління власних військ про розпочату противником ракетну атаку, його наміри;
- знищення цілей противника ракетами великого радіусу дії наземного, повітряного та морського базування;
- блокування винищувальної і штурмової авіації противника за допомогою ракет “повітря-повітря” типу AIM-120, AGM-88B;
- стійку протидію ракетам противника “повітря-повітря” великої дальності типу Р-37М, Р-33Э;
- безпечний вихід літаків власної бойової авіації на рубежі застосування ракет великого радіусу дії “повітря – земля” типу “SLAM-ER”, “SCALP”, “Storm Shadow CNN”, “Taurus”;
- панування в повітрі власних винищувачів за рахунок швидкого створення суцільного радіолокаційного поля.

## **ДО ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАТУРНИХ ВТОМНИХ І ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ КРИЛА ЛІТАКА**

*В.О. Комаров, к.т.н.*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

При вирішенні завдання забезпечення надійності експлуатації сучасного бойового літака важлива роль відводиться експериментальним методам дослідження втомної довговічності літакових конструкцій, насамперед таких, що сприймають змінні навантаження, насамперед – крила. Тому до них пред'являються високі вимоги щодо повноти та достовірності отримання вихідної інформації. Зазначене можна здійснити за допомогою установок для частотних випробувань (ЧВ) крила літака, які розроблені на основі огляду розвитку методів натурних ЧВ як за джерелами наукової інформації, так і патентними базами даних, звідки були взяті як варіанти конструктивного виконання експериментальних установок, так та методи силовизбудження. В основу був покладений частотний метод, який забезпечує збудження коливань конструкції з власною частотою. Цьому методу властива висока продуктивність за малих витрат часу на цикл дослідження.

За матеріалами досліджень було розроблено обладнання для збудження коливань конструкції з власною частотою, яке може збуджувати коливання досліджуваної конструкції з частотою власних коливань (ЧВК) як згинальної, так і крутильної форм. Особливістю розробленого обладнання, порівняно з відомими аналогами, є безконтактність збудження – як змінна збудлива сила використовується зосереджене магнітне поле від силових електромагнітів (ЕМ). Діагностичне обладнання, яке побудоване на використанні методу контролю ЧВК, забезпечує стабільність підтримки ЧВК (згинальних та крутильних) та задану точність випробувань, можливість просторової орієнтації вектора сили від ЕМ та можливість ручного й автоматичного керування.

## **ВИКОРИСТАННЯ ФОРМ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ КОНСОЛЬНО ЗАКРІПЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЇХ ЗАЛИШКОВОЇ МІЦНОСТІ**

*В.О. Комаров, к.т.н.*

*Військовий інститут інформатизації та телекомунікацій ім. Героїв Крут*

Важливим аспектом діагностування залишкової міцності (ЗМ) конструкції є вибір найбільш інформативно ознаки, за якою оцінюється технічний стан (ТС) об'єкту діагностування. Відомо, що основними вібраційними параметри пружного тіла є його модальні параметри, а саме власні частоти коливань, коефіцієнти демпфірування і власні форми коливань, які широко використовуються в якості діагностичних ознак ТС конструкцій. Однак власні частоти коливань та коефіцієнти демпфірування є інтегральними характеристиками конструкції, що з розвитком дефекту змінюються дуже повільно. Власні форми коливань конструкції це єдиний з модальних параметрів, що є його локальною характеристикою і залежить від місця, в якій визначається. З власними формами коливань пов'язані еквівалентні маси. Тому визначення власної форми коливань конструкції дозволяє обчислити

його еквівалентні маси, і навпаки, знаючи еквівалентні маси, обчислити власні форми коливань. Суть методу діагностування ЗМ конструкції полягає в збудженні коливань еталонної (без бойових пошкоджень) та досліджуваної конструкцій (з бойовими пошкодженнями) і визначенні декількох перших еквівалентних мас цих конструкцій. Запропоновано метод вібродіагностування остаточної міцності конструкції, що ґрунтується на визначенні форм власних коливань при яких за відношення амплітуд коливань двох аналогічних точок конструкцій, що не має бойові пошкодження і має їх, в якості діагностичного параметру. За результатами математичного моделювання конструкції крила літака з використанням комплексу ANSYS при проведенні модального аналізу визначено, що форми власних коливань є більш суттєвою діагностичною ознакою ніж власні частоти коливань крила при його пошкодженні.

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПЕРАТИВНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ З БОЙОВИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ**

*В.О. Комаров<sup>1</sup>, к.т.н.; М.М. Мітрахович<sup>2</sup>, д.т.н., проф.*

*<sup>1</sup>Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут  
<sup>2</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Основною проблемою сучасної військової авіаційної техніки (АТ) Збройних Сил України є загроза зниження рівня справності внаслідок, в першу чергу, бойових пошкоджень. У зв'язку з цим, поряд з вивченням шляхів ремонту, відновлення та поліпшення втомної міцності матеріалів, виникає необхідність в удосконаленні відомих і розробці нових методів неруйнівного контролю і засобів діагностики авіаційних конструкцій, що дозволяють в бойових умовах приймати оперативне рішення про можливість застосування авіаційної техніки з припустимими бойовими пошкодженнями.

Визначення технічного стану АТ в умовах бойового застосування з припустимими пошкодженнями є складним завданням її технічної експлуатації. Робота полягає у визначенні справності, працездатності, правильності функціонування систем, а також пошуку несправностей.

Запропонована методика модального аналізу повномасштабної конструкції АТ дозволяє визначати її частоту власних коливань з урахуванням впливу місця пошкодження, умовного розміру пошкодження і об'єму палива. Методика конструкційного аналізу повномасштабної конструкції АТ дозволяє визначити відповідність значення коефіцієнта безпеки значенню частоти власних коливань.

Такий підхід до умов безпечної експлуатації АТ може бути рекомендований для діагностування елементів конструкції з бойовими і експлуатаційними пошкодженнями з урахуванням наявності палива в крилових паливних баках.



## СЕКЦІЯ 5

### КОМПЛЕКСИ І СИСТЕМИ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН, БПАК ТА АВІАЦІЙНЕ ОЗБРОЄННЯ

Керівники секції: полковник Шелякін О.М.;  
к.т.н. доц. полковник Баранік О.М.  
Секретар секції: майор Казьміров І.В.

#### DEVELOPMENT OF THE ON-BOARD AUTOMATED CONTROL AND DIAGNOSTIC SYSTEM OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE HELICOPTER

*O. Klimishen<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Vasiliadi<sup>1</sup>; O. Sheliakin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University;*

<sup>2</sup>*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

The development and improvement of the main approaches for diagnosing the technical condition of helicopters continues to this day, as more and more helicopters of various design schemes and purposes are being supplied to aviation units both in our country and abroad.

In the report, based on the analysis of the concept and technology of HUMS (Health and Usage Monitoring Systems), which has found application on helicopters of NATO member countries, the possibilities of implementing its provisions as part of the helicopter equipment of the State Aviation of Ukraine.

Each approach to the creation of an on-board system for monitoring the technical condition has certain difficulties in implementation, which are associated both with the imperfection of the algorithms used, and with the need to take into account the specifics of a specific type of helicopter when adapting the system to it. This led to the need to analyze the experience of installing and using on-board control and diagnostic systems for civil aviation helicopters. The entry into service of the Armed Forces of Ukraine of multi-purpose helicopters of the Mi-2MSB and Mi-8MSB types, together with the Mi-24PU1 strike variant, which differ in their own power plants and avionics, requires an increase in the level of control coverage of all systems and equipment of the helicopter, which is possible with the presence of digital systems of control and monitoring of the technical condition of the on-board complex.

#### THE METHOD OF SELECTING PARAMETERS FOR CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CONTROL EQUIPMENT OF CONTROLLED AVIATION VEHICLES OF ATTACK

*O. Baranik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Shepel  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting the Russian-Ukrainian war has shown that high-precision weapons have such a great influence on the conduct of hostilities. Guided air weapons are one of the most powerful weapons of modern aviation. These means of destruction include both guided air missiles and corrected gliding air bombs.

These means of attack include control and guidance equipment, which requires periodic checks on the ground.

In the report, a mathematical model of the improved method of selecting control parameters for the technical condition of the control equipment of manned aircraft weapons is proposed, which is based on the determination of the most significant influence of control parameter deviations on the indicator of the efficiency of their application and takes into account the obtained statistical data on the deviation of the control parameters from the nominal value.

## **THE METHOD OF APPLYING AUGMENTED REALITY IN AIRCRAFT MAINTENANCE**

*A. Bekirov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*I. Kazmirov<sup>2</sup>; A. Khudokonenko<sup>2</sup>; A. Arschawa<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ministry of Defense Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of a full-scale invasion of the Russian Federation, the aviation of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine needs to improve the maintenance of aircraft. Any error or omission in maintenance may affect the performance of combat or training missions. Service quality control mainly depends on the experience and quality of work of the engineering and technical staff.

In order to improve the quality and efficiency of aircraft maintenance, intelligent technologies such as augmented reality (AR) glasses have been introduced in a number of countries, which have shown wide application prospects. AR technology is one of the advanced technologies used in many industries and different areas.

The implementation of the AR system in the technical operation of aircraft will improve the quality of service, increase the efficiency of inspection and reduce the possibility of human errors. AR glasses may be used during pre-flight inspection, periodic, regulatory and other work on the aircraft. Paired with a trained neural network, AR glasses will become a virtual postoperative control. The data required for intelligent quality control will be collected on a sample aircraft, according to reference technical maps. The quality control recognition models will be learned and verified by deep learning algorithm.

Thus, the application of intelligent glasses system for pre-flight quality inspection of the aircraft will help to quickly determine the quality of service, automatically save important data and reduce the possibility of human error.

## **RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE STRUCTURE OF MODERNIZED ONBOARD LOCATION STATIONS**

*O. Hnusenko-Lantukh<sup>1</sup>; O. Holovina<sup>1</sup>; D. Shygun<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Ministry of Defense of Ukraine<sup>2</sup>*

Locating stations operating in optical and radio bands are a key element for detecting targets in airspace. The receiving channels of such systems are subject to intentional interference.

In order to improve the efficiency and reliability of aviation radar and optical systems, research is constantly being conducted to improve the structure of modernized airborne location stations (ALS).

A priority area for improving onboard avionics, in particular optical and radar stations, is the introduction of the latest technologies in combination with the use of modern circuit solutions based on open hardware platforms.

Accordingly, a necessary stage in the full implementation of the latest technical solutions in the field of avionics for unmanned aerial vehicles (UAVs) and manned aircraft will be the creation of a specialized hardware and software complex.

The advantage of using a modern element base and the latest architecture of the onboard radar system (BRS), namely the use of software systems that are not strictly "tied" to the hardware, is the ability to instantly correct the operation algorithms instead of constantly improving circuit solutions.

Optical locating systems should be supplemented with high-powered computers based on specialized processors to enable accurate detection of moving and stationary objects.

This will ensure the effective performance of combat missions in a rapidly changing operational environment and expand the list of options for using an aircraft with a modern radar.

Thus, the effective interaction of the modernized airborne radar system with a modern ground command and control system and the rapid exchange of data over a jamming network can significantly increase the effectiveness of combat use of manned or unmanned aircraft. It is logical to assume that only consistent and regular implementation of the latest technologies and improvement of data encoding (and decoding) methods in information exchange channels can improve the functionality and reliability of onboard location systems, which in turn increases the efficiency of aircraft use and paves the way for the stable development of state aviation.

#### **UTILIZATION OF A GENERALIZED METHODOLOGY FOR DETERMINING THE ENERGY-BALLISTIC CHARACTERISTICS OF GUIDED AVIATION MEANS OF CLASS "AIR-TO-AIR" TO SHAPE THE TECHNICAL OUTLINE OF A PERSPECTIVE MODEL**

*A. Datsenko<sup>1</sup>; A. Datsenko<sup>2</sup>; V. Zyma<sup>2</sup>; A. Morozjuk<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When forming the technical outline of a prospective class "air-to-air" guided aviation means of attack (GAMA), the primary task is to determine its energy-ballistic characteristics (EBC), which determine the capabilities of the future product regarding overcoming the maximum launch range (speed quality) while ensuring effective maneuvering to maintain a kinematic trajectory (maneuver quality) under the worst conditions of combat application. Without providing a well-founded answer to these two key questions, the discussion on further modernization of the flight control system of the prospective GAMA or its combat equipment loses any sense.

The task of determining the optimal pair of EBC is complex and multi-level, requiring the manipulation of a large amount of input information that can vary within quite broad limits. The report presents the results of developing a generalized methodology for determining the EBC of the "air-to-air" class GAMA and its practical implementation using software tools and electronic computing technology (ECT). The calculation of EBC for a prospective medium-range "air-to-air" class GAMA over a wide range of changes in combat conditions, carried out with the help of this methodology, allows outlining paths for their optimization in the conditions of modern air combat.

**BUILDING PREDICTIVE DEPENDENCIES OF THE MAIN  
CHARACTERISTICS VALUES OF AVIATION  
ANTI-TANK GUIDED MISSILES**

*M. Kulyk<sup>1</sup>; A. Khyzhniak<sup>2</sup>; A. Makhovkyi<sup>2</sup>; A. Verhasov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, there is a need for modernization and development of modern aviation anti-tank missile systems worldwide. The main goal of such work is to expand the capabilities of modernized or newly developed systems with increased capabilities to engage enemy targets. This includes separate efforts focused on guided missiles of these systems. The modernization (development) of modern aviation anti-tank guided missiles involves research to forecast the values of their key characteristics.

Analysis of scientific and technical sources has revealed the existence of predictive models for determining the values of key characteristics associated with individual aviation weapon systems. However, there is a lack of dependencies (mathematical models) for forecasting the values of key characteristics of aviation anti-tank guided missiles in the short term.

Using approximation methods, dependencies describing the behavior of selected key characteristics of aviation anti-tank guided missiles over time since their adoption into service were constructed. These dependencies were built based on a sample of statistical data on the values of key characteristics of the selected samples of aviation strike assets.

With the help of these established dependencies, it is possible to forecast achievable values of the key characteristics of the mentioned guided missiles in the short term.

**ONE OF THE APPROACHES TO IMPROVING AIRCRAFT SIGHTING  
SYSTEMS OF AIRCRAFT**

*M. Sosulin; V. Berezansky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Berezansky; D. Maydanichenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the directions of increasing the effectiveness of combat use of aircraft weapons is to improve the aviation sighting system by accurately solving the task of aiming.

The accuracy of the task of aiming depends on the information that is determined by the sensors on board the aircraft. The disadvantage of existing aircraft sighting systems is the use of analog information. Hence, one of the directions of increasing the accuracy of the task of aiming aircraft is the introduction of a digital sight with a single monitor to display tactical and sighting and navigation information, that is, the creation of a single information field in the cockpit of the airbody. This approach requires a change in the algorithmic structure of the complex and algorithms for processing digital information.

Thus, the report proposes one of the approaches to improving the aviation sighting system by accurately solving the sighting problem.

## **POSSIBILITIES OF USE ACTION CAMERA FOR OBTAINING TRAJECTIVE PARAMETERS OF AVIATION EQUIPMENT SAMPLES**

*V. Lyashenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*M. Husak<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Kuznecov<sup>1</sup>;*

*I. Nos<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since 2014, Ukraine has increased the number of tests of samples of new (modernized) weapons and military equipment of its own production and provided by partner countries for the needs of the security and defense sector. Significant volumes of conducted research require additional resources and means of trajectory measurements, which were not produced in Ukraine.

Digital video recording devices, including action cameras, are one of the measuring devices of the polygon measuring complex. The latter can be used as separate elements that are installed on moving test objects (outside, inside, in limited space conditions) or separately on designated (equipped) places (sites) and are capable of video recording with specified parameters.

The experience of using the received spatial information from the built-in sensors of action cameras and further automated processing using the developed specialized software "Focus" version 1.00.05, allows us to understand the need for further expanded use of data when determining the trajectory parameters of movement.

The practical significance of this research lies in the development of a typical technique for using action cameras to obtain trajectory parameters of aviation equipment samples by improving specialized software for processing and displaying information received from action cameras about the parameters of object movement.

## **COMPREHENSIVE EVALUATION OF FAILURES OF UNMANNED AIRCRAFT**

*V. Zozulia<sup>1</sup>; V. Litovchenko<sup>1</sup>; M. Husak<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*V. Gridina<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The compliance of the tactical and technical characteristics of unmanned aerial vehicles significantly depends on the level of risk of dangerous conditions of their use and operation. After conducting tests of unmanned aerial vehicles to verify their survivability and effectiveness, it is worth conducting an assessment of the risks, causes and consequences of the identified dangerous conditions.

For the reliability and completeness of the processing of the test results of unmanned aerial vehicles, it is necessary to apply methods of analysis with a quantitative assessment of failures. Unmanned aerial vehicles, according to their purpose, are an extremely complex product from a technical point of view, as they connect various fields of human activity. Therefore, it is worth considering that if a component of one technological direction fails, the risk of component failures of another increases.

The theses consider a comprehensive approach to failure mode and effects analysis (FMEA) of unmanned aerial vehicles using Ishikawa diagrams. FMEA is based on a quantitative assessment of the safety and risk of failures in the operation of unmanned aerial vehicles. After the tests, the expert determines the evaluation criteria for failure indicators: severity, occurrence, and detection on a 10-point scale. Ishikawa's diagrams describe the relationship between criteria by category (material component, human factor, manufacturability, measurement tools, test conditions, etc.). According to this principle, the expert can identify indirect risks of failures and quantitatively evaluate them.

## **PROBLEMS OF PRE-FLIGHT PREPARATION OF THE UNMANNED AVIATION COMPLEX BAYRAKTAR TB 2**

*A. Babich<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*A. Mohovik<sup>1</sup>; H. Tymchuk<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

According to the classic scheme of flight training of unmanned aircraft crews, pre-flight training includes pre-flight medical control; training at workplaces of the command and control stations (CCS); pre-flight instructions; performing the necessary calculations for specific flight conditions; inspection and reception of unmanned aerial vehicles (UAVs) and CCS; inspection of workplaces and their preparation for flight. The problem is that all pre-flight training measures and, in most cases, their content are simply transformed from the method of training crews of piloted and piloted and do not correspond to the peculiarities of the operation and flight rules of base-mounted aircraft of class II (tactical), in particular the Bayraktar TB 2. If we take the content of the pre-flight instructions, which is defined in the flight rules of the state aviation of Ukraine, then its correction is necessary for the following blocks of information.

Firstly, a block of information on aerial weather reconnaissance.

Secondly, a block of information on the approach to landing.

Thirdly, a block of information on the use of means of communication and radio technical support.

Fourthly, a block of information on reserve airfields, according to the rules of UAV flights.

## **INCREASING STEALTH OF THE RADIOSIGNAL FORMED BY A MODIFIED NONLINEAR DYNAMIC SYSTEM**

*O. Barsukov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M. Boiko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the large-scale war in Ukraine against the Russian Federation, significant attention from developers of radio communication systems has been focused on addressing challenges related to enhancing the interference protection of control channels for both manned and unmanned aerial vehicles.

The report is dedicated to the investigation of a method for enhancing the interference resistance of the transmitted signal using a chaotic carrier formed by a modified nonlinear dynamic system with delay. The study includes an analysis of the fundamental characteristics of the chaotic carrier, spectrum, phase portrait, and

bifurcation diagrams. A method is proposed for mixing information (for example, control parameters) into a chaotic carrier generated by a first-order nonlinear differential equation. Information extraction is carried out by observing the chaotic signal, even in conditions of distortion by measurement noise.

Thus, based on the results of the conducted research, the method of enhancing signal stealth allows for practical implementation and improvement in creating an additional radio module based on microprocessors. This is particularly relevant, for instance, when enhancing the data transmission channel of unmanned aerial vehicles (UAVs). Additionally, it can contribute to ensuring the confidentiality of control parameters. Mathematical modeling demonstrated the adequacy of the information recovery algorithm from the chaotic carrier distorted by observation noise. Practical implementation could be achieved through the modernization of avionics for both manned and unmanned aerial vehicles.

### **ANALYSIS OF THE ANTI-JAMMING OF UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*O. Barsukov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Shevchuk; T. Lukashenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Due to the increasing quantity and quality of electronic warfare (EW) complexes and their capabilities, electronic countermeasures against aircraft are becoming increasingly important in the course of the Ukrainian-russian war. Ensuring the effectiveness of unmanned aerial vehicles (UAVs) primarily depends on their ability to perform combat tasks under any conditions and intensity of influence by enemy EW complexes.

The report is dedicated to the analysis of modern methods of unmanned aerial vehicle control. Furthermore, an analysis of the radio frequency range of known UAV radio control systems is conducted. A proposal is made to increase the anti-jamming capabilities of combat UAVs under conditions of intense deliberate radio interference, by utilizing a chaotic carrier formed by a modified nonlinear dynamic system with feedback.

Thus, as a result of the investigation into the proposed model for increasing the anti-jamming capabilities of the radio communication system using a chaotic carrier, the possibility of data transmission via the UAV communication line has been confirmed. However, during practical implementation, the influence of the Doppler effect on the stability of synchronization in the data transmission system should be taken into account.

### **CHANGES IN PRIORITIES OF MANNED AND UNMANNED AVIATION WHEN JOINTLY USED IN COMBAT ACTIONS (OPERATIONS) MILITARY (FORCES)**

*A. Babich, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; R. Liashchenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The emergence and rapid development of combat unmanned aviation (unmanned aerial vehicles, unmanned aircraft complexes (systems)), the entry into service of more advanced tactical aircraft significantly change the conditions of combat use and methods of conducting combat operations. The analysis of changes in the quantitative and qualitative composition of the armed

groups of countries adjacent to Ukraine, and primarily the enemy, shows that the newest models of combat aviation equipment, including unmanned ones, are appearing in the arsenal of tactical aviation, which gives these groups new properties.

There is a change in emphasis in the use of unmanned components in combat actions (operations) in the direction of a decrease in support functions and an increase in shock functions. This is especially typical for UAVs of the 1st class (FPV-drones) at the tactical level.

The problem of further maintenance of the existing fleet of combat aircraft, obtaining samples of new combat aviation equipment (including unmanned ones) and the appropriate training of the aviation component of the Air Force, taking into account the possible options for their use, necessitates the solution of a number of urgent issues regarding the role and place of the unmanned component in combat operations (operations) of troops (forces). The expediency of further development of the scientific and methodical apparatus regarding the development of concepts of the joint use of the manned and unmanned air component of the interspecies armed group of the Armed Forces of Ukraine by substantiating the quantitative and qualitative composition of the air component and effective management of this group is seen.

## **CONCEPTS OF JOINT USE OF MANNED AND UNMANNED AIRCRAFT**

*A. Korniienko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*Y. Skoryi, Candidate of Technical Sciences; R. Liashchenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The mass use of unmanned aerial vehicles (UAVs) during hostilities has already changed the ways of conducting military operations both on the ground and in the air. However, despite all the advantages, unmanned systems have a number of disadvantages, including the inability to make independent decisions. For this reason, several concepts for the joint use of manned aircraft and UAVs emerged at once. One of the concepts provides for the acquisition of partial or full autonomy of the UAV when the UAV performs all actions independently, without the intervention of the operator. Joint use occurs as part of military formations.

Another concept is the combination of manned and unmanned platforms. At the same time, piloted vehicles play a leading role, the role of UAVs is reduced to providing assistance, such as the transportation of a payload or combat operations with the use of maneuvers in which the overload exceeds human capabilities. This concept is called "Loyal wingman". Equipping UAVs with various weapons of the "air-to-air" class (the DARPA "Long Shot" concept) is also a promising direction. The piloted aircraft gives the command to launch the UAV from the compartments of other aircraft (including transport).

Another approach is the improvement of the manned component, in particular the creation of a 6th generation fighter. In many ways, this concept intersects with the previous one-piloted vehicles play the role of leaders, and UAVs are assistants. The difference is only in the equipment and capabilities of the leading regarding information support. Its role is to detect and identify the enemy in time. UAVs will do the rest of the work of destroying the enemy after the command of the leading.



## **ANALYSIS OF THE ANTI-JAMMING OF MINI GPS**

*O. Barsukov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
M. Semenov; V. Kudryashova; D. Sokolova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the full-scale Russian invasion of Ukraine, countering the enemy's electronic warfare (EW) complex, particularly during the control of unmanned aerial vehicles (UAVs), has become a pressing issue. One method to enhance UAV control signal anti-jamming is by utilizing radio modules with sophisticated information protection algorithms. Undoubtedly, under the influence of the enemy's EW complexes, drones lose orientation in space, normal functionality ceases, and communication with operators is disrupted.

The report investigates the characteristics of the mini Global Positioning System (GPS) module from Walksnail, which features an integrated receiver with built-in protection against interference and signal spoofing. By leveraging the integrated magnetic mini-compass and modern microchip, increased reliability and accuracy of coordinate measurement are anticipated. In addition, it maximizes the position availability, in particular under challenging conditions such as in deep urban canyons.

Consequently, the proposed enhancements to the mini GPS module can be implemented in mini unmanned aerial vehicles. Additional filtering algorithms will mitigate the impact of radio frequency interferences and spoofing, ensuring stable operation and significantly bolstering signal anti-jamming, particularly against satellite systems.

## **PROPOSALS FOR PROSPECTIVE DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF GROUP PROTECTION ELECTRONIC WARFARE HELICOPTERS OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*A. Krasnorutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
B. Holovatyuk; Y. Hruboy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the development programs of weapons and military equipment of technologically developed countries over the last decade shows that the combat capabilities of modern air defense and electronic warfare systems of these countries are increasing at a faster rate than the combat capabilities of air defense systems in service with the Armed Forces of Ukraine.

The development of modern means of anti-aircraft defense and electronic warfare (EW) of the aircraft is determined by the following ways of modernization:

- wide application of coherent processing of radar signals;
- multi-channel radar is implemented due to the use of phased antenna arrays, including active ones;
- use of digital receivers-processors with fast Fourier transformation;
- the use in radar of several types of sounding signals with frequency modulation and phase-shift keying in combination with a change in the probing signal parameters (software adjustment of the carrier frequency and pulse repetition period);
- wide use of satellite navigation systems, improvement of aiming and navigation systems;

– development and implementation of means and methods of jamming protection.

Taking into account the given ways of modernization of the complex of EW systems for modernized Mi-8PPA, Mi-8SMV helicopters, it is reasonable to consider:

– conducting autonomous work, in conjunction with another EW helicopter, as a leader or follower and under the control of a control point;

– automatic search, detection and panoramic monitoring of signals of radio emission sources;

– automatic determination of frequencies and bearings of radio emission sources with determination of their location coordinates;

– automatic determination of nominal frequencies of communication lines with software adjustment of the working frequency and jamming them;

– automated technical analysis of detected radio signals.

### **ANALYSIS OF THE DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF UNMANNED AVIATION AS A MODERN MEANS OF ARMED STRUGGLE**

*S. Kibitkin, Candidate of Technical Sciences; K. Akymenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The directions of development of unmanned aviation as a modern means of armed struggle include a wide range of innovative technologies and strategies aimed at improving the effectiveness of the use of unmanned aerial systems (UAS) in military operations. These directions cover not only technical aspects, but also conceptual changes in thinking about the use of autonomous vehicles in the military sphere.

First of all, an important direction is the technical development of unmanned aerial vehicles (UAVs), which consists in increasing their productivity, maneuverability and functionality. This includes improving the stabilization systems, increasing the flight time, extending the range and increasing the accuracy of the weapons. The use of advanced materials and energy-efficient technologies makes it possible to create UAVs that can work in various conditions and perform various tasks with high efficiency.

The second direction is the integration of artificial intelligence and the development of autonomous functions. Artificial intelligence allows UAVs to respond to changes in the environment, analyze information and make decisions in real time. This allows you to increase the speed of response to threats, reduce the risk of errors and increase the accuracy of tasks. The development of autonomous functions also provides the ability of UAVs to work in the absence of communication with the operator, which makes them more independent and effective in performing tasks.

In addition, an important direction is the development of communication and control systems that provide reliable information exchange between UAVs and operators, as well as provide protection against intrusions and interception of data. This is important to ensure the security and confidentiality of military operations.

Therefore, the directions of development of BpAS as a modern means of armed struggle include technical progress, the integration of artificial intelligence and the development of autonomous systems, as well as ensuring reliable communication and control. These areas are aimed at increasing efficiency and strategic advantage in modern military activity.

**FLIGHT TRAINING AS A COMPONENT OF THE COMBAT TRAINING  
OF EXTERNAL PILOTS (CONTROL OPERATORS) OF UNMANNED  
AVIATION COMPLEXES**

*A. Babich, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
Yu. Volkov, Candidate of Technical Sciences; R. Levchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the most general form, combat training is a purposeful and organized process of training and education and preparation (coordination) of military administration bodies with the aim of achieving their readiness to perform assigned tasks both in peacetime and in a special period.

If we adapt this concept to the situation with the crews of unmanned aircraft systems, then it is appropriate to interpret it as combat training of the crews of unmanned aircraft systems is a planned process of acquiring theoretical knowledge and forming practical skills and abilities regarding the operation and application of the relevant classes, categories and types of unmanned aircraft systems. For external pilots (control operators), the main component of combat training is flight training.

Taking into account the difference between piloting of unmanned aerial vehicles (UAVs) and piloting manned aircraft, the concept of "flight training" of UAV control operators can have the following interpretation.

Flight training of external pilots (control operators) of UAVs is a process of acquiring knowledge, skills and abilities to control unmanned aerial vehicles remotely from a command and control station (remote control) in accordance with the specified flight mode.

Taking into account the peculiarities of piloting UAVs, the content of "flight training" can be interpreted as follows: acquisition of skills to control the position of the aircraft in the air and the order of operation of the systems. Making optimal decisions regarding the necessary changes to the flight parameters of the aircraft in automatic and manual flight mode. Primary training is carried out by the Higher Military Educational Institutions, in accordance with the Guidelines for the organization and conduct of flight training for cadets, maintenance and improvement of the level of flight training in military units – in accordance with combat training courses.

**JUSTIFICATION OF THE RECOMMENDATIONS FOR THE  
IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF FAILURE ANALYSIS  
OF AIRCRAFT RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT**

*A. Krasnorutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
K. Popadyuk; O. Kurman  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays the aviation of the Armed Forces of Ukraine is going through an extremely difficult period in the maintenance and development of aviation equipment. Currently, there is a big problem related to the operation of morally obsolete aircraft equipment in the non-warranty period (operation according to the technological state), as well as the presence of a large amount of combat damage due to direct participation in hostilities.

In the conditions of operation of aviation equipment according to the technical condition, in order to prevent failures of aviation equipment in a timely manner, special attention needs to be paid to the current monitoring of the technical

indicators of devices and systems of the aircraft. Thus, the issue of efficiency and accuracy of information analysis about malfunctions of aircraft radio-electronic equipment becomes decisive for ensuring trouble-free operation of aviation equipment at all stages of its life cycle.

The existing system of collecting, analyzing and submitting information about malfunctions of aviation equipment in the units of the state aviation entities of Ukraine does not meet today's requirements. It has a number of significant disadvantages related to the time-consuming procedure of data collection, submission and analysis, the complete absence of automation elements, the lack of large-scale access by operators of all levels to statistical and operational data on typical failures of aviation equipment during operation.

Thus, the topic of scientific research related to the substantiation of recommendations for improving the system of collecting, processing and analyzing information about malfunctions of radio-electronic equipment is relevant.

### **RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF CREATING A SPECIAL SOFTWARE FOR AUTOMATED DETECTION AND RECOGNITION OF AERIAL RECONNAISSANCE OBJECTS**

*V. Kryvonos, Candidate of Technical Sciences; I. Tupitsya; I. Gavura  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to increase the efficiency of processing and reliability of air reconnaissance data, it is proposed to develop a special software tool (SST) for automating the process of detecting and recognizing objects of interest. In order to develop a special software tool for the automated detection and recognition of aerial reconnaissance objects in the aerial reconnaissance system using unmanned aerial systems (UAS), it is necessary to form partial tasks that need to be solved:

1. Research of computer vision technologies for the automated processing of video images formed by on-board sensors of the target equipment of the UAS.

2. Research of existing algorithms based on deep machine learning and artificial neural networks to ensure automation of the process of identifying objects of interest.

3. Development of an algorithm for automated detection and recognition of air defense systems, taking into account the requirements of the air reconnaissance system.

4. Training of the model of automated detection of objects of interest.

5. Evaluation of the efficiency of the SST of automated detection and recognition of aerial reconnaissance objects.

6. Study of the possibilities of further integration of the developed SST on the UAS (determination of the necessary computing capacities).

### **TECHNOLOGY OF COMPRESSION CODING OF AERIAL RECONNAISSANCE DATA IN INFORMATION COMMUNICATION SYSTEMS OF UNMANNED AVIATION SYSTEMS**

*I. Tupitsya; S. Khmelevskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of hostilities on the territory of Ukraine testifies to the active use of unmanned aerial systems (UAS) to obtain up-to-date and reliable intelligence information about the objects and positions of enemy forces. However, the growth

of the role of UAS is associated with both the high dynamics of hostilities and the significant length of the lines of combat engagement, in connection with which the requirements for the processes of formation, processing and delivery of air reconnaissance data to the final addressee are increasing.

It should be noted that today both domestic and those provided by partner countries as part of international technical assistance use compression technologies built on the conceptual JPEG platform to generate intelligence information (images, streaming video). The use of technologies of the specified platform allows to ensure: high compression characteristics of data generated by on-board sensors of the UAS air reconnaissance system; compliance of the air reconnaissance data format with the requirements of NATO standards. However, a problematic aspect of these technologies is the low resistance of coded data to errors in video data transmission lines, which results in failure to ensure the required level of reliability of aerial reconnaissance data.

To solve the above-mentioned problem, the use of compression coding technology is proposed, the distinctive features of which are the additional reduction of statistical redundancy due to the restructuring of the coded data alphabet and the use of markers of uneven code structures to localize the impact of errors in video data transmission lines.

### **SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL COMPOSITION OF RECONNAISSANCE EQUIPMENT FOR THE UNMANNED AERIAL VEHICLE COMPLEX IN THE INTERESTS OF AERIAL RECONNAISSANCE**

*S. Kibitkin, Candidate of Technical Sciences; M. Sypalo  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

Taking into account the peculiarities of combat (special) tasks assigned to unmanned aerial vehicles (UAVs), unmanned aerial vehicles (UAVs) must have modern technical characteristics of the payload, which must meet the requirements when planning the use of UAV units.

To date, there is a wide range of payloads that are used (planned to be used) on UAVs of various types:

- optoelectronic in the visible spectrum;
- optoelectronic in the infrared spectrum;
- synthetic aperture radars;
- sensors for detecting and capturing moving targets.

The use of all types of reconnaissance equipment at once increases the weight of the UAV, which negatively affects its manoeuvrability and flight duration. Therefore, the external pilot (operator) must choose a target payload that will ensure the highest quality of intelligence data during aerial reconnaissance missions.

Thus, the choice of a rational composition of reconnaissance equipment for UAVs is an important aspect to ensure the manoeuvrability, efficiency, reliability and security of the aerial reconnaissance data obtained by UAVs. It is the choice of a rational composition of reconnaissance equipment that will ensure an optimal balance between functionality and manoeuvrability, which will increase the effectiveness of UAVs in performing their tasks.

**JUSTIFICATION OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE  
METHODOLOGY FOR TROUBLESHOOTING THE POWER SUPPLY  
AND INFORMATION TRANSMISSION CIRCUITS  
OF THE L-39 AIRCRAFT RTSRNS-5S**

*A. Krasnorutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Lakhmaniuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, in the context of the full-scale invasion of the armed forces of the Russian Federation, the aviation of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine needs to improve the methodology for troubleshooting power supply and information transmission circuits for outdated aircraft. To date, based on the experience of combat operations, there are various typical and atypical failures of various electronic equipment, including RTSRNS-5S

The paper proposes to consider the option of improving the short-range navigation radio system RSBN-5S, which is installed on the L-39 aircraft and is an integral part of the angle-range system that provides ground-based indicators of the circular view of the RSBN beacon, aircraft indication, with the help of which the operator on the ground determines the polar coordinates of the aircraft.

This paper considers the option of creating an application based on Multisim software that will simulate the checking of the RTSRNS-5S circuit diagram. This application is designed to search for a failure in a short period of time and provide an algorithm for eliminating the failure of a functional element of a radio navigation system.

**PRINCIPLES OF CONSTRUCTING AN ACOUSTO-OPTIC SELECTIVE  
DEVICE PROVIDING COHERENT DYNAMIC SPECTRAL FILTRATION  
OF OPTICAL RADIATION**

*V. Yachenok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Korepanov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main and most complex problems in the design and manufacture of optoelectronic systems is the search for optimal methods of signal reception and processing in the presence of interference. The optimality of the signal reception method is evaluated using various criteria in accordance with the purpose of the systems. For example, in tasks involving signal detection in the presence of noise, the signal-to-noise ratio is the optimality criterion, while in tasks involving signal parameter measurement, the mean square measurement error may serve as the criterion. An optimal device that provides the maximum acceptable value of the selected or specified quality criterion for signal reception is called an optimal receiver or optimal filter. When detecting objects based on spectral characteristics, there is no need for high spatial resolution. Therefore, the use of spectral rather than spatial object features in optoelectronic systems sometimes proves to be better.

The report proposes to consider the use of the acousto-optic method of image processing, which is based on Bragg diffraction in anisotropic crystals, such as paratellurite crystals, which allow the creation of devices capable of dynamically readjusting the diffraction grating.

**ONE OF THE APPROACHES TO INCREASING THE EFFECTIVENESS  
OF UAV DESTRUCTION FROM AIRCRAFT ARTILLERY WEAPONS  
IN NIGHT CONDITIONS**

*V. Berezansky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Berezansky; M. Sosulin; N. Stepanenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today there is a tough aggressive war of the Russian Federation against the independence of Ukraine. The enemy carries out massive UAV strikes on critical infrastructure and civilians in Ukraine, so the task of effectively countering drones arises. The most effective means of countering tactical drones is the use of air defense and anti-aircraft artillery. However, in a situation of significant massive strikes, the stocks of weapons are significantly exhausted, so one of the ways to counter drones is to use an aircraft gun GSh-30K with multi-element cartridges from a combat helicopter from the hover mode.

As a rule, the enemy uses tactical drones at night, which complicates the detection and identification of such targets. In this case, the target designation of the pilot can be provided by an advanced aircraft guide by marking the air target from the ground. Depending on the selected firing mode (queue length), a given degree of target defeat is provided by a cloud of fragments (bullets from the PM) over the entire target area, which increases the degree of its defeat.

Thus, the report proposes one of the approaches to increasing the effectiveness of UAV destruction from aircraft artillery weapons.

**RESEARCH OF APPROACHES TO THE PREPARATION OF DATA SETS  
FOR THE CREATION OF A MODEL OF AUTOMATED AIR  
RECONNAISSANCE DATA PROCESSING**

*I. Tupitsya; O. Musienko, Candidate of Technical Sciences; D. Stoyko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The active use of unmanned support systems in the conditions of hostilities has led to the transformation of approaches to the processes of processing and deciphering intelligence information. Thus, significant efforts of IT industry specialists in the military sphere are aimed at the development and application of computer vision technologies to increase the efficiency of air reconnaissance data processing in order to maintain their relevance.

At the same time, it should be noted that the effectiveness of the use of these technologies, built on the basis of artificial neural networks, depends on the data set used to train the model being developed. To date, the Roboflow platform is actively used for this purpose, which allows not only to quickly prepare data for training (that is, create annotations for video images), but also to perform model training using the computing resources of this platform. However, the main drawback of this approach from the point of view of use in the military sphere is its openness, that is, the impossibility of processing service data.

Therefore, the search for approaches to the autonomous formation of a data set for the creation of a model of automated processing of air reconnaissance data is an urgent issue. For this purpose, it is suggested to use a software tool LabelImg, which allows you to annotate the set with requirements for the autonomy of the data preparation process.

**METHODS INVESTIGATION FOR TECHNICAL CONDITION  
DIAGNOSTIC OF CONTROL CONTACTLESS GENERATOR  
OF ALTERNATING CURRENT IN AIRCRAFT MiG-29**

*O. Zenovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
K. Karlov; Yu. Heorhiiev*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, use of aviation has become an integral part of warfare. Monitoring of the technical condition by power supply systems is one of the main types of work during their technical operation and is carried out at all stages of aircraft preparation for flights, during scheduled maintenance, repair, etc. The main kind of control is the diagnosis of the technical condition at this point in time.

Despite all the measures of prior control, by using synchronous generators, failures may occur both on takeoff and in flight. Analysis of existing diagnostic methods used during warfare and showed that not all diagnostic methods can be used because of their complexity, which is not inferior to the control object in some cases.

Therefore, the most rational solution to the tasks in automatic monitoring of the state power supply system in the complex of all aircraft equipment is the use of on-board automated control systems based on digital computers. Such automated monitoring systems should provide in-flight continuous monitoring of serviceability, and in operational types of aircraft preparation for flights and after flight – monitoring with fault detection up to the replaceable unit.

In advanced systems, microprocessor-based computing devices are assigned the functions of regulation, protection, control and monitoring. Diagnostics can also be used to predict the technical condition of the system. This will allow us to move to a more advanced method of operation – operation by condition.

Nowadays, the main sources of AC electric energy on airplanes and helicopters are contactless synchronous generators of the GT type with an AC exciter and rectifiers.

It should be noted that in the context of financial constraints and the lack of purchase of new on-board equipment, it is an urgent task to extend the service life of the vehicles in use. In these circumstances, it is important to take into account the reliability of onboard equipment and the timeliness of failure detection when assessing its technical condition (which directly depends on the frequency of inspection) in preparation for combat use.

In the proceedings the on-board equipment, it is advisable to talk about specific implementations, and about the main concepts of their diagnosis also about the availability of developed controls, restoration of functioning.

Recently, diagnostic methods of the electrical machines state have been widely developed, based on monitoring electrical parameters with the subsequent implementation in a special analysis (including spectral) of the received signal. This makes it possible to determine the state of various elements of the machine with a high degree of reliability.

The analysis of the existing diagnostic methods by electrical machines shows that the most acceptable method for diagnosing the state of aircraft electrical machines is a method based on the control of electrical parameters followed by a special analysis of the received signal.



## **DEVELOPMENT OF A PLATFORMLESS INERTIAL NAVIGATION SYSTEM FOR THE VERTICAL AND COURSE INFORMATION COMPLEX OF A FIGHTER**

*V. Ivanyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
R. Vasylenko; A. Vershyhora  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The most common of the navigation systems used on board modern aircraft are path calculation systems built on the basis of inertial navigation systems, which are characterized by autonomy, protection against obstacles, stealth, accuracy and reliability. These properties, as the experience of conducting military operations shows, are of significant importance in the combat use of aviation complexes. The most promising at present are platformless inertial navigation systems (PINS), which, compared to platform ones, have a number of advantages: small size, mass and energy consumption, significant simplification of the mechanical part of the system and its layout, lack of restrictions on turning angles, reduction of initial display time, simplification of the solution to the problem of reservation and control of the system and its elements.

The accuracy of the calculation of navigation parameters depends on the instrumental errors of the primary information sensors.

A separate mathematical model was built for the study of PINS errors, the studies of which showed that shifts of the zeros of the accelerometers cause errors in determining the vertical.

The PINS mathematical model built based on the results of the algorithm analysis for the purpose of calculating navigation parameters is operational, meets the accuracy requirements for inertial navigation systems and can be used as a basis for further research and technical development.

## **APPLICATION OF NEURONET ALGORITHMS IN THE PROBLEM OF IDENTIFICATION AND MODELING OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR UNITED AIRCRAFT**

*S. Kochuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Berezovoy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to improve the quality indicators of automatic control systems (ACS), there is an urgent need to develop adaptive algorithms for identifying the parameters of technical objects and controlling their motion. One of the ways to solve this problem is to use artificial neural networks (ANN).

Designing complex technical objects, including unmanned aerial vehicles (UAV), is virtually impossible without modelling their geometry and kinematics. Mathematical models are used both to analyse the properties of the object being created and to synthesise algorithms for UAV operation and movement. When creating a mathematical model of a UAV, as a rule, the values of many parameters are not generally known or precisely known and are replaced by approximate estimates from practice. Such parameter values may be very far from the true values and require further refinement. Such improvements can be made experimentally using the results of dynamic experiments. It is also possible to build mathematical models based on ANN using the initial data on UAV parameters.

Neural networks are a powerful mathematical tool and have been shown to be effective in solving a wide range of tasks, including pattern recognition, approximation, classification, and prediction. The most important advantages of ANN over traditional mathematical methods are, firstly, their ability to learn and find unknown relationships between input and output signals. Secondly, it is resistance to noise and input signal disturbances. Thirdly, in practical implementation, neural networks can be represented in the form of parallel operations.

When developing algorithms for diagnostics and design of ACS based on ANN, a number of problems remain unsolved:

- the absence of a formal method for selecting the type of ANN that will be used to adequately solve a particular problem;
- insufficient adequacy of the choice of optimisation methods in the process of ANN training, which leads to large forecasting errors and training time.

One of the most promising solutions to these problems is an approach that uses ANN to identify mathematical models of UAV and synthesise algorithms for the ACS. This solution reduces the size of the neural network used, shortens the training time, and simplifies the overall appearance of the mathematical model.

The use of ANN to identify the parameters of mathematical models of both individual nodes and the dynamics of the entire UAV, as well as to synthesise adaptive algorithms for the ACS, allows to increase the reliability of the control system and its quality indicators, reduce the cost of equipment operation, maintenance and repair.

## **METHODS OF MEASURING UAV FLIGH PARAMETERS**

*S. Kochuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Litvinenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial vehicles (UAV) are currently developing rapidly and are being used more and more widely. Obtaining clear images from on-board cameras is becoming increasingly important, but there is a problem with accurate measurement of flight parameters. Modern warfare places additional requirements on the navigation equipment of small reconnaissance and combat UAV. Their autonomy, stealth and inability to use GPS coordinate correction make this problem acute.

Fiber optic gyroscopes and platformless inertial systems cannot be used due to severe cost constraints. Additional processing of flight data using Kalman filters does not give a significant increase in accuracy, especially in conditions of significant external influences or increased radii of action.

One of the areas that can significantly affect the accuracy of flight parameters measurement (angular speed, linear speed, angle, displacement) is the combination of information from additional measurement sources. It can be the use of on-board cameras and coordinates of known landmarks to correct the position, including the angular one.

The first direction is the use of an on-board camera. The main sources of flight information on board small UAV are three-stage MEMS-sensors of various types of linear and angular acceleration, which directly measure acceleration. Integration of the linear acceleration gives the linear velocity, and double integration gives the corresponding coordinates. Such data is affected by high-frequency interference and is noisy.

Obtaining speed data from venturi tube sensors, which do not contain high-frequency interference, allows to significantly (by 10-15%) reduce the measurement error of some flight parameters with the help of special algorithms.

Optical information from UAV cameras by itself cannot adjust the flight parameters with an order of magnitude accuracy for clearly defined objects and their coordinates without reference to terrain areas. The coordinates of the objects on the route, which can be easily detected by the camera, must be stored in the memory of the on-board controller. With the help of algorithms that process optical information from cameras (especially of the matrix type), the current UAV coordinates and speed indicators are determined in real time, i.e., parameters that require strict accuracy requirements.

### **RESEARCH OF POSSIBLE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF UNMANNED AVIATION SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT ACTIONS**

*A. Tytarenko<sup>1</sup>; I. Tupitsya<sup>1</sup>; Yu. Slanchenko<sup>1</sup>; I. Deinezhenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Joint Forces Command of the Armed Forces of Ukraine*

The experience of the Russian-Ukrainian war shows the need for further development of unmanned aerial systems (UAS) of all classes. The analysis of the conducted studies shows that the following are the promising directions for the development of anti-aircraft defense in the Armed Forces of Ukraine:

1. Modernization and improvement of aviation means of defeating anti-aircraft missiles: development and introduction of weapons that can be installed on board an unmanned aerial vehicle to increase its combat capabilities.

2. Research and development of UAS autonomy: research and integration into UAS of artificial intelligence system technologies, autonomous algorithms to ensure the automation of a separate functionality of unmanned aerial vehicles (automatic route planning and task execution) with the possibility of the intervention of a controlling person (operator) to solve errors or in cases of critical failures of on-board equipment.

3. Improvement of training for UAS operators: creation of software and hardware tools for simulating combat scenarios with simulation of real enemy assets (air defense, anti-aircraft missile systems, radio-electronic warfare systems, etc.), which can have a destructive effect on UAS and success performance of the assigned task.

### **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE PROCESS OF PROCESSING AERIAL RECONNAISSANCE DATA, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS ON THE TERRITORY OF UKRAINE**

*B. Ivashchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Kulynko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the Russian-Ukrainian war, the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) by both sides of the confrontation has increased. Both sides are using UAVs of different classes, with the most popular being UAVs of classes I-II. During the war,

UAVs are constantly being improved to be more effective for reconnaissance, strikes, electronic warfare, etc. New forms and ways of using them are also constantly being sought. The experience of their use shows that there is a need to study the cyclic model to increase the effectiveness of their use. This research will make it possible to exert a great influence in conducting air reconnaissance and destroying the enemy.

From the experience of the Russian-Ukrainian war, there is a significant need for reconnaissance UAVs with modern reconnaissance equipment. Although a significant volunteer movement is doing its best to help the army in need of new UAVs, they are for civilian use, unlike the enemy, whose UAVs are designed and developed specifically for military tasks or are supplied from countries that are accomplices in the crime of Russian aggression against Ukraine.

The introduction of a cyclic model of the use of destruction means based on air reconnaissance data allows the use of new integrated forms of air reconnaissance. The proposed model makes it possible to evaluate various means of reconnaissance, communication, and destruction by time characteristics, as well as to quantify and compare weapon systems in terms of the efficiency of the targeted headquarters.

### **WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE SU-27 RADIO TECHNICAL SHORT-RANGE NAVIGATION SYSTEM**

*O. Sukhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Savoteev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The course of Russia's war against Ukraine has demonstrated the importance of performing combat missions by the Su-27 fighter aircraft, which is equipped with the PNK-10 flight and navigation complex, which is designed to solve navigation and piloting tasks at all stages of flight in simple and complex weather conditions, at any time of the year and day, over land and over sea in any geographical conditions and consists of two subsystems: the PK-10 flight complex and the NK-10 navigation complex.

The navigation complex NK-10 includes the A-317 radio technical short-range navigation system (RTSRNS) with the A-313 digital computing device, which performs the following tasks: flight on a given route and return to a programmed airfield equipped with radio landing aids in manual, automatic and director piloting modes, pre-landing maneuver with access to the range of radio beacons, landing to an altitude of 50 m in automatic mode and re-landing.

The quality of the tasks performed by RTSRNS A-317 depends not only on the methods of measuring and processing signals received from ground-based beacons, but also on some parameters of these signals. The quality of the tasks performed by RTSRNS A-317 depends not only on the methods of measuring and processing signals received from ground-based beacons, but also on some parameters of these signals.

To improve the efficiency of the A-317 RTSRNS of the Su-27 fighter aircraft, in order to optimize the parameters of the applied signals and reduce the weight of the overall characteristics, it is proposed to replace the A-312-001 receiving unit and the A-317-002 transmitting unit with the SDR-technology HackRF One transceiver, which uses special programs when applied.

## **ATTACKING EFFECTIVENESS ASSESSMENT OF A DISTRIBUTED COMPLEX TARGET IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY**

*B. Holovko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
M. Shadrin; R. Nikolaychuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The process of solving the task of assessing the effectiveness of hitting a complex target is based on the need to analyze the structure and process of functioning of a complex object, determine and describe its possible states, with the subsequent determination of the values of performance indicators for each of the possible states. Moreover, the task of assessing the effectiveness of a combat application is formulated as the task of determining the probability of achieving of the average damage on a target or damage no less than a specified one, under the conditions of a known number of elements of a complex target, their coordinates and level of functionality. However, in the conditions of the impossibility of eliminating uncertainty caused by the massive use of various means of masking, radio-electronic countermeasures, false targets, etc., the effectiveness assessment of the damage and the organization of strikes against the elements of a complex target causes a number of difficulties.

In order to eliminate (reduce) the influence of the indicated negative factors, an improved technique for assessing the effectiveness of hitting a dispersed complex target in conditions of uncertainty is proposed, which is based on an iterative procedure for determining the coefficient of the type of element of a complex target, which takes into account the characteristics of the striking action, the value of accuracy in determining the coordinates of the elements of a complex target and its functional importance based on known intelligence sources.

In this way, the presented approach makes it possible to improve the existing methodology for assessing the effectiveness of defeating a dispersed complex target in modern conditions.

## **IMPROVEMENT OF THE DEVICE FOR TESTING OF UNIVERSAL BLOCKS OF TYPE B-8 IN COMPLICATED OPERATING CONDITIONS**

*V. Popov; V. Berezansky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Berezansky; S. Barchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The process of improving the existing small-sized device for checking the readiness of universal units for combat use, taking into account preparations outside the base airfields, should take into account such important characteristics as standardization and unification.

One of the important technical characteristics of the device is the time of a general check both during the preparation of products for combat use, taking into account quantitative and qualitative indicators for one type of product, and for options with different types of B-8 products, in conditions of difficult operation at operational-based airfields. The use of various devices such as PKC-RS, PKPI during the preparation of the automatic control system causes a number of difficulties due to the different level of training of aviation weapons specialists and aircraft crews.

To reduce this impact, the report proposes to improve the control and verification equipment by updating the component base of radio components and improving the electronic scheme for checking products on the ground. This, in turn, will affect the reduction of dimensional and weight characteristics and simplification of the operation process for all personnel involved in the preparation of B-8-type products for combat use.

The proposed version of the improvement of the verification device will improve the quality of control and reduce the total time for checking universal blocks such as B-8.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE IMPROVEMENT OF THE ANTI-ICING SYSTEM OF A MILITARY TRANSPORT HELICOPTER TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF OPERATING HELICOPTERS OF NATO COUNTRIES**

*O. Klimishen, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Horbenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

An analysis of the technical solutions used in the creation of anti-icing systems of NATO member countries helicopters shows that these are mainly autonomous systems independent of the operation of other on-board equipment. In addition, most of the mentioned systems are built on a digital element base, which significantly distinguishes them from domestic ice protection systems. The last modernization of the anti-icing systems of domestic military transport helicopters consisted in replacing the RIO-3 radioisotope icing indicator with the CO-121 vibration indicator, the other components of the system remained unchanged.

In the report presents proposals regarding the improvement of the anti-icing system of the Mi-8 helicopter, which consist in the introduction of samples of microprocessor technology into the specified systems, which will take over the functions of controlling the heating of the blade sections and regulating the temperature of other parts of the helicopter structure that must be protected from ice formation. Due to the implementation of digital technology samples, a significant reduction in the total weight of the anti-icing system set is expected, as well as an increase in the reliability of its operation due to the use of a digital element base.

### **WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF UAV ROUTE PLANNING SYSTEM IN TASKS RELATED TO ENEMY OBJECT SEARCH**

*S. Kibitkin, Candidate of Technical Sciences; V. Kukhareno; O. Tsemma  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

Solving the scientific and technical task of developing methods and information technology for automated planning of UAV flight routes to enhance the efficiency of object search is relevant.

The analyzed method of automated planning of UAV flight routes for dynamic object search, unlike other existing methods, takes into account uncertainty in the actions of the opposing side, generates forecast options for movement, evaluates the vulnerability of dynamic objects on each of the possible route options, which reduces uncertainty in information about these routes and forms a rational route for monitoring observation objects.

The proposed improved method of automated planning of UAV flight routes for dynamic object search in decision support system increases the probability of detecting objects in forest-steppe terrain by 65-70%.

Implementing the method of automated planning of UAV flight routes for stationary object search in the decision support system provides a forecast of the location of stationary objects based on the stability criterion of a complex system, justifies the weight of objects, and optimizes route planning, thereby increasing the weight of detected objects by 25-32%.

The results of the conducted research are expediently used for solving scientific and practical problems of UAV flight route planning for dynamic and stationary object search, developing decision support systems, and automated aviation management systems.

### **PERFORMANCE OF COMBAT TASKS BY AIRCRAFT AS PART OF COMBAT ORDERS USING OPTICAL RANGE AS A METHOD OF DETECTING OBJECTS IN AIR SPACE**

*O. Hrinivetska; A. Bekirov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Grachov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A topical issue in modern local wars, in particular the armed aggression of the Russian Federation against the Ukrainian people, is the use of manned and unmanned aircraft by the Armed Forces of Ukraine. One of the effective ways of accomplishing the task of countering the enemy is the formation of a combat order by the aircraft of aviation units (subunits) in the air to perform a combat flight, which is determined by the commander during the joint actions of units of various types of aviation.

The purpose of using different aviation groups in joint actions is to avoid as much as possible the typical time delay between the detection of enemy targets and the decision to attack them.

In the implementation of a group flight, it is necessary to take into account which method of detecting objects in the airspace will be used when building the order of battle by aircraft during the task.

In this report, it is proposed to consider the method of detecting objects in the air space using the optical range. This choice is due to the fact that optical systems have much higher accuracy than, for example, radar systems due to shorter wavelengths, lower cost and a wider range of tasks to be solved. One of them is target detection and tracking in full passive mode.

### **MODERN APPROACHES TO THE DETERMINATION OF THE SPACE-TIME FACTOR OF THE MODERN BATTLEFIELD ENVIRONMENT**

*A. Babich, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
O. Zastyoba; V. Rybalka*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In a general sense, the environment is a set of factors (conditions) for the formation, existence and development of a certain phenomenon, subject or object. If the concept is adapted to the situation or phenomenon of armed confrontation, then its interpretation can be as follows – the environment of armed confrontation is a set

of factors caused by an armed conflict between opposing parties with the use of military force. It is impossible to assess the state of the environment of armed conflict at any point in time, and even more so to influence it, without understanding the specific conditions and factors that determine its existence and development. It is quite obvious that the armed confrontation takes place in a certain space and within certain time limits. That is, one of the characteristics (factors) of the armed confrontation environment is the spatial-temporal factor. When assessing the environment of a combat area or battlefield, military experts are faced with factors that relate this environment to space.

The legal space of armed conflict is formed by the requirements of International Humanitarian Law, the sources of which are international treaties and customary norms.

The information space of the environment of armed resistance is an activity related to the dissemination of information using the information communication component, which has guaranteed legal protection.

In the context of the environment of armed conflict, airspace should be understood not only as the air-space sphere above the territory of the combat zone or battlefield, but also as the possibilities and risks of the actions of the parties to the conflict from the air, which can actively influence the course and results of a combat clash.

## **PERSPECTIVES OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ACTIVE JAMMING SYSTEM OF THE MIG-29**

*A. Kravchuk; K. Svistelnik; B. Bondarchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the analysis of combat experience during the resistance to Russian aggression, it is important for the Air Force of the Armed Forces of Ukraine to improve the means of electronic warfare. It is necessary to improve the operation of active jamming stations, which are installed on aircraft, using modern methods and technologies and creating new samples of electronic warfare systems.

This paper examines the prospects for improving the active jamming stations efficiency of the MiG-29. The goal of improving active jamming stations is to increase the power of the transmitter and expand the spectrum of operating frequencies. This is achieved by implementing gallium nitride (GaN) solid state amplifiers to amplify the signal in the transmitter.

The use of advanced semiconductor technologies such as hetero-bipolar transistors, laterally diffused metal oxide semiconductors (LDMOS) and GaN allows for more compact and efficient high-power amplifiers. These transistors have high linearity, a high amplification factor and a correspondingly high operating frequency.

The unique properties of GaN material, namely low parasitic capacitance, low on-resistance and high off-frequency, make it suitable for use in power amplifiers.

GaN-based transistors are already used in the construction of high-frequency and high-power systems, such as radars, electronic countermeasures, 5G systems, microsatellites, power transmission, and more. Comprehensive implementation of such technological solutions will significantly increase the efficiency of active jamming stations.



## **IMPROVEMENT OF TRANSMITTER CHANNEL EFFICIENCY OF THE RADAR**

*V. Zhuk; S. Svitla; E. Svitly  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Given the experience of modern warfare, air superiority is essential to successful military operations. Detection of enemy aircraft at a long distance is the key to air superiority.

One of the most important components of airborne radar stations for intercepting air targets is the transmitter, which directly affects the detection range. Analysis of the existing transmission devices of airborne radars showed that they do not meet the requirements for detecting targets at a distance of several hundred kilometers. In view of this, it is proposed to introduce a multi-beam klystron into the airborne radar transmitter as a power amplifier. Using of multiple beam klystrons in a transmission makes it 60% more efficient. The proposed approach provides a fairly high indicator of both the average and peak power of the transmitter as a whole.

Due to the implementation of this klystron, the effectiveness of the existing airborne radar is ensured, in particular, the range of detection of enemy air targets increases several times.

Therefore, the modernized on-board radar will ensure both effective detection and destruction of enemy aircraft, as well as combating enemy cruise missiles and unmanned aerial vehicles.

## **DIAGNOSIS OF PNC UNDER THE CONDITIONS OF CHANGES IN STIMULATING FACTORS**

*M. Digtyar; E. Khmel  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A set of on-board functionally combined informational means, computing and software, automatic control systems, indication and signaling means form a flight and navigation complex (FNK) on a modern aircraft. Flight and navigation complex combines two complexes: flight and navigational. The navigation complex (NC) forms a set of on-board systems and devices designed to solve navigation tasks and determine the coordinates of the aircraft location.

An important factor is the presence of the NC in a state of readiness to perform the target task during the given time interval in the conditions of the flow of failures due to the influence of external and internal factors.

Destabilizing factors lead to failures in the operation of the FNK or its modules, which most often lead to errors in the positioning of the aircraft in space and deviations from the set path line, which significantly affects the level of flight safety. One of the factors of such errors is the incorrect entry of the flight program into the memory device of the NC; accuracy of navigation devices.

Maintaining the elements of the FNK of the modern aircraft in a state of readiness for use can be solved by organizing its diagnostics during operation. The analysis of options for functional, test diagnostics showed that the organization of test diagnostics according to the probabilistic principle is the most acceptable.

The performance of checks in FNK modules should take into account the random structure of diagnostic connections, the accumulation of diagnostic information in the memory of FNK elements, and the determination of the

sufficiency of diagnostic information to perform its analysis. The diagnostic model of FNK based on the probabilistic principle can be presented in the form of an oriented graph.

### **MODERNIZATION OF THE VOICE RECORDER P-503B ON THE MIG-29UB**

*I. Kazmirov; R. Makogon; O. Koltsova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of russian aggression, the aviation equipment of the Air Force of Ukraine must be constantly improved and modernized. The process of improving the performance of the equipment applies to every element without exception. Based on the aircraft voice recorder P-503B, which is designed to record and store sound signals and conversations on the MiG-29UB aircraft, a version of the modernized device was designed, which in the future can be installed on other aircraft.

The purpose of improving the P-503B is to optimize the operation of the device, expand the functionality and miniaturize the equipment. Using cheap single-board microcontrollers, a storage device for all sound signals received by the P-503B was designed. The information will be automatically converted and recorded on a digital medium, which will also provide faster and easier access to the stored data and allow to reduce the dimensions in general.

Since the sound signals (audio data) recorded by the P-503B mainly pass through the SPU-9 aircraft intercom, in the future it will be possible to connect the developed board to aircraft with a similar intercom. That is, installation of the developed board is possible even on aircraft that are not equipped with an aircraft voice recorder or other device for recording audio data, but which are equipped with SPU-9, because the intercom device is installed on almost all aircraft that are in service with the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

This option of modernization will allow recording of all audio data received by the P-503B voice recorder using the digitization of the equipment and will increase the efficiency of the device.

### **IMPROVEMENT OF THE DIGITAL COMPUTING DEVICE OF THE ONBOARD RADIO SHORT-RANGE NAVIGATION SYSTEM**

*V. Zhuk; I. Samus; Y. Onyshchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During combat operations, the Air Force aviation plays an important role in the defense of our country's skies. The Air Force of the Armed Forces of Ukraine needs to update and modernize its aircraft. With the development of science and technology, it is possible to apply technologies that will improve the performance of the digital computing device of the onboard short-range navigation system, during the performance of navigation tasks, correction of the determination of the corresponding coordinates and information exchange.

Given the low reliability, the introduction of the latest development is relevant.

It is proposed to expand the functionality of the digital computing device of the onboard by including in its circuit a single-board electronic computing device built on the basis of the ESP32 microcontroller. This device has a number of advantages: a wide range of software, memory capacity, high clock frequency, weight, compactness, low power consumption, and low cost. The ESP32 development also

provides a reduction in the time required to perform operational types of aircraft preparations due to the pre-entered array of flight programs.

Thus, the proposed development will expand the functionality of the onboard electronic warfare system and simplify the operation of the system.

### **FINDING WAYS TO REDUCE THE IMPACT OF ENEMY ELECTRONIC WARFARE ON NAVIGATION PROCESSES**

*M. Digtyar; Y. Razuvalov; V. Oliynyk; V. Veriutin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the current conditions of armed confrontation, electronic warfare is being actively used as one of the most effective ways to achieve superiority. Electronic warfare is conducted using a wide range of electronic means. One of the areas is the interference with aircraft, in particular navigation aids. Intense impact on navigation aids reduces the ability of aircraft to pilot by instrumentation.

The search for ways to counteract this is yielding some relevant results.

Taking into account foreign approaches to this problem, we come to the following conclusion: modernisation and replacement of certain elements of on-board equipment with more modern ones gives positive results in countering enemy electronic warfare.

Northrop Grumman's LN-260 optical gyro-inertial navigation system allows for confident piloting of aircraft.

It is a fully integrated navigation system (INS) with a built-in global positioning system (GPS) receiver compatible with a selective availability/anti-counterfeiting module, which will allow the global positioning system (GPS) to function even during the active use of electronic warfare.

The LN-260 INS/GPS system provides high-precision navigation performance, high operational reliability with low weight and low power consumption. The modular architecture of the open system allows it to be easily adapted to new applications with different system requirements without losing the performance of the equipment and flight control systems.

### **POSSIBILITIES OF USING RADIO ALTIMETERS OF LOW ALTITUDES TO INCREASE THE ACCURACY OF DETERMINING FLIGHT PARAMETERS**

*M. Digtyar; V. Peshkov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, the problem of obtaining accurate navigational information from airborne means has a great impact on the performance of the flight task.

Variants of the use of on-board radio altimeters of low altitudes are offered to increase the accuracy of determining flight parameters during combat missions.

Options: application of adaptive height measurement methods; changing signal processing algorithms and eliminating the influence of external interference.

The adaptive measurement method makes it possible to avoid the loss of navigational information during sudden and sharp changes in the flight profile.

The implementation of an alternative (variable) information processing algorithm in the hardware part of the meter provides an opportunity to obtain

reliable, highly accurate height data in conditions of sudden changes in the external environment: local precipitation, fog, cloudiness.

Such improvements will make it possible to more accurately determine the height during the flight and increase the survivability of the aircraft during maneuvers.

The operational reliability of radio altimeters can be changed in several ways: the regularity and sequence of preventive measures and the integration of on-board navigation meters.

### **WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENT OPERATION OF THE RECEIVING AND COMPUTING UNIT OF THE SPO-15 RADIATION WARNING STATION**

*S. Karateiev; V. Korostilenko; O. Fesenko; K. Poromov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of confrontation with armed aggression, the aviation of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine needs to improve and modernise the onboard aircraft protection systems.

It is proposed to consider the option of improving the SPO-15 radiation warning station installed on the MiG-29 aircraft. The SPO-15 radiation warning station is designed to alert and indicate to the pilot that the aircraft has been exposed to enemy radar and/or missile homing radar.

Taking into account the analysis of modern requirements, generalisation of experience of use during combat missions and development trends, it was shown that the SPO-15 station was developed and adopted in the 70s...80s of the last century and in terms of its tactical and technical characteristics is significantly inferior to modern world analogues, primarily in terms of the frequency range of radio electronic means, which for modern foreign means ranges from two to eighteen gigahertz, with the possibility of further expansion.

Thus, the paper proposes the use of a combined receiving device in the SPO-15 station, which is a device with instantaneous frequency scanning, operating in parallel with direct amplification and super.

### **DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF HELICOPTER DEFENCE SYSTEMS AGAINST GUIDED MISSILES**

*S. Karateiev; V. Zakharov; O. Nahirnyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of combat operations by the Armed Forces of Ukraine with the involvement of aviation, it is necessary to use modern personal protective equipment against guided missiles. The main threats are man-portable air defence systems (MANPADS), air defence missile and air defence artillery systems, as well as airborne systems equipped with optoelectronic and radar guidance systems, guided missiles with infrared (IR) and radar homing heads (RHH).

To date, the Mi-8 and Mi-24 helicopters in service with the Ukrainian Armed Forces are equipped with the Adros protection system against infrared guided missiles. Taking into account the positive assessments during the use of the Adros optoelectronic suppression station and the Adros combined ejection device KUV 26-50, there is a need to expand the capabilities of the protection system, namely, to

detect the threat in a timely manner and issue an automatic command for countermeasures.

Thus, the paper proposes a direction for improving the Adros protection system for Mi-8 and Mi-24 helicopters, which consists in retrofitting a missile launch warning system with the ability to automatically make a decision on the use of protection.

### **THE INFLUENCE OF THE INFORMATION WAREHOUSE ON THE APPLICATION OF UNMANNED AIRCRAFT, UNMANNED AVIATION COMPLEXES (SYSTEMS) IN COMBAT ACTIONS (OPERATIONS)**

*S. Kaduk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The war in Ukraine caused a revolutionary trend in the use of unmanned aerial vehicles (UAV) and unmanned aerial systems (systems) as weapons. There has never been such a demand for them anywhere. It is a military innovation that reflects the growing role of drones in modern warfare.

The course of war is changing dynamically, and UAV are increasingly becoming the most important and powerful means of destroying enemy targets from the tactical to the strategic level, and today they are coming to the fore in modern warfare. unmanned aerial vehicles have revolutionized observation. In addition to greatly improving battlefield visibility, UAVs are also highly accurate and effective strike weapons, able to replicate many of the functions performed by artillery and missiles at a fraction of the cost. To destroy the russian personnel and technicians of the air defense system, fuel depots and many other prices, long-range unmanned aerial vehicles are used to launch strikes on the strategic depth of russia, including the military production infrastructure of the energy industry.

The basis for success in this fight is an effective, key element – the "Detection-Destroy" attack chain. When it comes to time-critical targets, this information must be provided quickly, otherwise the target may move. A process defined as a cycle. "Detect-Destroy", with the process of conducting an attack. This applies to intelligence, surveillance, reconnaissance and target detection, information processing, decision- making and the weapons systems involved: The ability to quickly move through the various stages of this process is critical for modern armies from tactical to strategic equal.

### **MODERNIZATION OF ON-BOARD SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS TO MINIMIZE THE IMPACT OF GROUND-BASED RADAR SYSTEMS**

*A. Viter; V. Gladkov; O. Khizhnyuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of complexes that create intentional interference to navigation equipment that uses signals from satellite navigation systems leads to the evolution of components of the receiving path of global navigation satellite systems (GNSS) signal receivers.

To separate the jamming signal from ground-based electronic warfare (EW) stations, narrowly focused multi-band receiving antenna systems are used, which are installed on unmanned aerial vehicles that use signals from global navigation satellite systems as the main navigation channel.

It would be logical to assume that the impossibility of accurate calculation and correction of coordinates based on only one satellite navigation system would lead to the creation of complex solutions capable of minimizing or completely compensating for the error in the links of flight parameter calculation.

Modern flight coordinate correction units are capable of separating false, artificially generated signals that mimic the delivery of coordinates by satellite navigation systems, and usually instruct the control system not to use GNSS data at that point in time if it detects a substitution of the aircraft's current coordinates.

Supplementing the navigation system with a gyroscopic module significantly complicates the design of the control system for an unmanned or manned aircraft, but significantly increases the noise immunity. At the same time, the accuracy of coordinate determination using only the gyroscopic system is not sufficient for efficient task performance.

A rather complicated but effective solution at the stage of designing and creating a modernized onboard navigation system is to supplement the complex with a "machine vision" module that will use templates of images of targets and intermediate points of the route.

Thus, the influence of enemy electronic warfare stations will be minimized, and it will be possible to create a navigation system for an unmanned aerial vehicle that can use pre-known visual landmarks while the aircraft is moving along the route. At the final stage of aiming, which is relevant for kamikaze drones, it is possible to visually target a moving or stationary target, followed by its destruction, even in conditions of active use of interference in the radio range.

## **STUDY OF WAYS TO MODERNIZE MODERN AVIATION TRANSPONDERS THROUGH FULL INTERACTION WITH TCAS SYSTEMS**

*A. Matvienko; M. Kushnir; O. Khizhnyuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

As the experience of countering armed aggression shows, the effective use of the aircraft-ground control system is significantly complicated by the enemy's active use of the latest electronic warfare and electronic jamming (EW and EW) equipment in combination with powerful narrowband interference emissions.

The direct purpose of aviation transponders is to transmit aircraft identification signals over radio channels. Typically, transponders work in conjunction with the Traffic Collision Avoidance System (TCAS), a system for warning and avoiding collisions between two (or more) aircraft.

Based on a calculation algorithm that can calculate the relative bearing of other potentially dangerous aircraft, taking into account the height, speed of approach and distance between the aircraft, the time interval before a possible collision is measured.

In order to improve the efficiency of the air traffic control system, it is proposed to add a data transmission channel from the barometric altitude indicator to the transponders of aircraft operating exclusively in mode "A", which will ensure the full use of advanced systems in any onboard collision warning systems operating in accordance with ICAO (International Civil Aviation Organization) standards.

In combination with a coded data transmission channel from the aircraft to ground-based air traffic control systems, this technical solution will increase the

efficiency of the air traffic control system even in the face of enemy electronic warfare (EW) systems and improve the interaction of the aircraft with international systems for monitoring and preventing aircraft collisions in the air.

### **DEVELOPMENT OF NEW DIRECTIONS IN OPTICAL AND OPTICAL-ELECTRONIC INSTRUMENT-BUILDING**

*D. Shcherba; V. Lantukh; E. Bilous; Y. Volokhov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of the latest optical and optoelectronic systems and complexes, including laser ones, currently goes in several directions, which include:

- study of the processes of creation, distribution, reception and processing of optical signals;
- improvement of design methods, which includes computer modelling, calculation, design and testing, both devices as a whole and their individual nodes;
- improvement of the element base of optical and optical-electronic systems and complexes, as well as the technology of their manufacture;
- integration of optical-electronic systems with digital image processing systems;
- creation of new generation optical-electronic systems that have much better parameters and characteristics compared to those that exist;
- expansion of the scope of optical and optoelectronic methods and systems, in particular "double" (military and civilian) systems in various fields of science and technology.

### **STUDY OF WAYS TO MODERNIZE THE TRANSMITTING PATH OF THE ONBOARD RADAR STATION**

*O. Khizhnyuk; Y. Kolotukhina; D. Nikolaiets  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modernization of the on-board radar system (OBRS) transmission path is necessary to ensure the success of missions where aviation may be involved. Objective: to calculate and model a scheme for improving the OBRS without reducing the functionality and reducing the reliability factor of the system.

The use of the latest avionics components necessitates a deep improvement of the antenna-feeder systems (AFS) of radar stations. It is envisaged to increase the power of radar transmitters and optimize the structure of the channels for receiving and processing the received information.

The increase in the maximum range of modernized radar systems leads to an increase in the speed of processing radar information by modern onboard and ground-based radar systems (OBRS and GBRS), which leads to the use of specialized computers.

A prerequisite for the use of digital signal processing in the receiving channel of OBRS is the introduction of a digital signal decoding module, so it is proposed to install a signal coding module in the transmission paths of onboard and ground digital radar systems.

Expected result: fast and complete control of the operational situation. The integrated use of on-board and ground digital processing of received signals makes it

possible to use radar systems for inter-aircraft navigation, as well as for precise determination of enemy positions and warning of potential air threats. The research will help to improve flight safety by implementing an algorithm for timely and accurate detection and tracking of airborne objects, as well as the most accurate calculation of probable trajectories of air targets.

The range of capabilities of domestic aviation in terms of reconnaissance with the help of aircraft and mutual coordination of operations is expanding, which will allow solving combat missions as quickly, accurately and efficiently as possible.

### **RESEARCH ON WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF THE A-511 ACTIVE RESPONSE SYSTEM**

*Y. Kostyuchenko; I. Sidorenko; M. Kaliberda; E. Svitly  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Experience in conducting military operations shows that the effectiveness of completing combat missions depends on timely preparation of onboard equipment. One such means is the aircraft responder (AR) A-511. It is intended for operation with radar systems that are part of the air traffic control system and provides automatic issuance of information to these radar systems about the aircraft's coordinates, tail number, barometric flight altitude, as well as signals of individual recognition and emergencies.

Analysis of AR failures showed that the highest percentage of failure to perform its functional purpose occurred due to a decrease in the power of the output high-frequency signal. The power of the output signal is generated in the generator of ultra-high frequencies of the transmitter, which contains two independent cascades. The first cascade is the oscillator, and the second is the power amplifier.

The report considers the primary design and technological factors of a mechanical nature in the resonator that affect the power of the AR, the dependence of the output characteristics on these factors. Based on the analysis of the conducted studies, measures are presented, the implementation of which allows stabilizing the power of the output high-frequency signal of the AR.

### **WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF THE SIGNAL ANALYSIS UNIT OF THE SU-24MR RADIO RECONNAISSANCE STATION**

*D. Samoilenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The course of Russia's war against Ukraine has demonstrated that reconnaissance aviation, as one of the types of aviation of the Air Force (AF) of the Armed Forces of Ukraine, solves combat tasks both in the interests of the AF and in the interests of providing intelligence information to the headquarters of formations, formations and units of other types and branches of the armed forces.

In the complex of measures aimed at preparing for and conducting combat operations, great attention is paid to the organization of aerial reconnaissance (AR), the results of which will largely determine the success of combat operations.

The main efforts of the general radio-technical intelligence, as a component of the PR, are aimed at detecting the enemy's airfield network, SAM positions, control points, positions of enemy troops, areas of their concentration and on the march, crossings, locations of command posts, warehouses and supply bases.



To improve the reliability of the signal analysis unit of the Su-24MR reconnaissance aircraft's general radio reconnaissance station, a matrix method for determining the frequency of enemy electronic means was selected, which provides, in comparison with the conventional multi-channel method, better sensitivity and frequency resolution, and the optimal number of filters in the matrix receiver. At the same time, the reconnaissance time does not increase.

### **RESEARCH OF WAYS TO INCREASE THE RANGE OF TARGET DETECTION BY AVIATION OPTOELECTRONIC SIGHTING SYSTEMS**

*T. Hrynychuk; K. Malyshok; Z. Potapov; S. Khoina  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's battlespace, the ability to detect targets at long range is critical to the effectiveness of combat operations. Optoelectronic targeting systems used by combat aircraft such as the Su-27 and MiG-29 play an important role in target detection and tracking.

The research is aimed at studying the possibilities of increasing the range of target detection using aviation optoelectronic targeting systems.

To achieve the possibilities of increasing the range of target detection, it is proposed to apply: computer modeling, real-time data analysis and comparative analysis of different systems. It is expected to increase the range of target detection by aviation optoelectronic sighting systems by improving signal processing algorithms and using modern technologies, namely matrix photodetectors in the design of equipment.

### **PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AIR-LAUNCHED UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*A. Semeniuk; D. Shchukin; O. Yurkovska; S. Tymoshenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today it is necessary to pay attention to the development of UAVs, which are rapidly growing at an unstoppable pace, which are in service with many countries of the world, and are already widely used in various fields of activity and branches of the military.

I would like to draw attention to the feasibility and assess the possibilities of developing kamikaze drones launched from aircraft. Such weapons can be used from combat helicopters and large unmanned platforms.

Unlike traditional munitions such as cruise missiles, glide bombs, and KABs, air-launched kamikaze drones can circle in a given area until they identify a target. And unlike basic weapons, they can be in a given area without a threat to their carrier.

The munitions can be used directly against both known and new targets identified by the carrier helicopter pilot or UAV operator, and use certain solutions for precision active radar guidance, passive guidance or other types of guidance to reduce the time of destruction from minutes to seconds, improve targeting decisions and extend the life of their equipment.

The desired autonomous operation for ammunition of this type can be from 45 minutes for weapons that are deployed from the launch tube and 120 minutes for

UAVs that can be used from other launchers. The desired range for such ammunition is from 30 to 100 kilometers, depending on the type of UAV itself.

Taking into account these parameters, in our opinion, it is necessary to study more extensively and in-depth the direction and availability of existing technologies with minimal expenditure of new financial and time resources necessary to support the rapid implementation of this area of weapons.

### **STUDY OF INFLUENCE OF METHODS OF POWER PLANT CONTROL ON PARAMETERS OF ENERGY-BALLISTIC ZONES OF AIR-TO-SURFACE MISSILE LAUNCHES**

*A. Voronin; V. Polishchuk; Y. Kuznetsov; A. Batozhok  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Russian aggressive war against the independence of Ukraine has shown the use on the battlefield of a significant variety of means of confrontation, which in turn imposes restrictions on the range of use of weapons. For the effective defeat of such targets, AGM samples should be used that meet the modern requirements of the increased launch area, therefore, the present requires the creation of improved research methods to determine the combat capabilities of AGM, including their power plants.

When reviewing the available sources of information of a scientific and technical nature, the existence of methodical approaches and methods related to the determination of the characteristics of the flight range, the product and the determination of energy characteristics is established. These methods cover a significant range of product characteristics, only some of them conditionally provide for options for qualitative enumeration of methods for controlling power plants.

An improved methodology for determining the energy characteristics of the rocket is a key factor in determining the capabilities of the rocket in accordance with the launch area of AGM samples. A feature of the improved methodology is the rational choice of the method of control of power plants.

The results obtained allow us to determine the characteristics of the power plant of missiles of the "air-surface" type in advance, which in turn will predict the range of use and, accordingly, expand the zones of possible launches, while increasing the combat effectiveness of missiles.

### **SEARCH FOR WAYS TO INCREASE THE LAUNCH RANGE OF AN UNGUIDED AVIATION MISSILE OF THE S-8 TYPE**

*Y. Matvieiev; Y. Kedrovskiy; S. Barchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the means of destruction of modern ground targets are unguided aircraft missiles. As the experience of the Russian-Ukrainian war shows, unguided aircraft missiles, which are in service with the aviation of the Air Forces of our state, will allow with a high probability to hit ground targets when flying in a wide range of altitudes and speeds from any direction.

Now in the world there is a tendency to increase the distance at which the target can be destroyed. This increases the effectiveness of one combat unit. It provides for the modernization of existing models and the use of weapons and military

equipment transferred by the Allies. Therefore, relevant at the present stage of development of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine are works that are aimed at improving existing samples of aircraft products.

The report presents one of the possible ways to increase the range of aviation missiles, namely the use of pulsed rocket engine on solid fuel. This will modernize existing missiles, increase range and maneuverability, respectively, expand the zones of possible launches, which will increase the combat effectiveness of hitting ground targets.

### **STUDY OF THE POSSIBILITIES OF IMPROVING THE METHOD OF SPATIAL GUARDING OF AVIATION MEANS OF ATTACKING A SLOW-MOVING TARGET**

*O. Sorochkin; D. Vasylchenko; M. Sorochkin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the modern world, where technological progress is rapidly gaining momentum, the ever-increasing need to improve the methods of combating and protecting against potential threats determines the urgency of researching the possibilities of improving the methods of spatial guidance of aviation means of destruction on slow-moving targets.

In this context, the key task is the analysis and optimization of guidance systems aimed at ensuring higher accuracy and speed of impact. The use of advanced technologies, such as satellite navigation, opens up new perspectives for increasing the efficiency of military operations and reducing collateral damage.

This research can determine optimal solutions for the development of spatial guidance systems, in particular by integrating advanced algorithms and improvements in equipment for the most accurate determination of coordinates and movement vectors of slow-moving targets.

As a result of such a study, implemented strategies can be developed that can increase the operational effectiveness of aviation weapons, ensuring a high level of accuracy and speed of response to emerging threats. Such progress in the field of spatial guidance not only strengthens the country's defense capabilities, but also contributes to reducing the risk of the consequences of military conflicts.

### **JUSTIFICATION OF THE RECOMMENDATIONS REGARDING CHOICE OF MODERN GUIDELINES AVIATION MEANS OF INJURY**

*O. Sorochkin; S. Harmash; O. Berezhnny; M. Sorochkin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the world of rapid technological development and constant changes in geopolitical conditions, the choice of modern methods of targeting air weapons is a key factor for ensuring high efficiency and accuracy of military operations. Determining the choice of specific methods requires careful analysis of technological progress, military security needs, and strategic objectives.

One of the main advantages of modern guidance methods is the use of advanced systems that provide high autonomy and adaptability of guidance systems, which allows you to quickly respond to changes in the environment and adapt to various conditions of combat use, including the movement of targets, their classification and strategic location.

Also, it is advisable to take into account modern satellite navigation systems, which allow obtaining high-precision coordinates of targets and correcting the attack trajectory in real time. The use of satellite technologies increases the accuracy of the attack and ensures a high level of coordination between various aviation platforms.

Other key aspects of modern guidance methods include the use of advanced sensor systems such as next-generation radars and infrared sensors. These technologies provide detection of targets in conditions of limited visibility and unique weather conditions.

## **RESEARCH OF WAYS OF MODERNIZATION OF AERIAL SIGHTING SYSTEMS OF COMBAT HELICOPTERS**

*M. Sosulin; V. Reiser; D. Maydanichenko; P. Gritsai  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of using helicopters during the war of the Russian Federation against Ukraine shows that for more effective destruction of ground targets from helicopters it is necessary to have more modern systems for detecting and recognizing targets that can work in difficult metrological and night conditions. To this end, an analysis of the aerial sighting systems of modern helicopters of the Armed Forces of Ukraine and NATO member countries, a variety of targets for attack, a nomenclature of aircraft weapons for helicopters were carried out.

As a result of the analysis of scientific sources, a possible way to improve the aviation sighting systems of helicopters has been identified, which requires the installation of new optical-electronic and laser sighting devices. The installation of a helicopter laser and sighting systems allows you to use weapons at night, which is very relevant for today, using night vision goggles. However, for their effective combat use, it is necessary to use improved algorithms for calculating their range, which significantly affects the accuracy of solving the problem of aiming at ground targets.

The report highlights the existing problems of sighting systems and proposes an improved program for calculating the range of laser and thermal imaging systems, which will significantly increase the accuracy and effectiveness of their combat use.

## **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE METHOD OF DETECTING DEMASKING AND DECRYPTION FEATURES OF MILITARY OBJECTS**

*I. Kalinin; G. Eidelshstein  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

Based on the experience of using reconnaissance aviation and unmanned aerial vehicles (UAVs) in support of combat operations of the Armed Forces of Ukraine, and the use of airborne reconnaissance (AR) processing units, it is possible to conclude that it is expedient to use automated methods of detecting enemy military targets, which are implemented on the relevant software and hardware systems. Moreover, the information to these software and hardware systems should come from various air reconnaissance systems, both from optoelectronic air reconnaissance systems (OESAR) and radio-electronic systems that are part of the onboard systems of reconnaissance aircraft, both manned and unmanned. The combination of optics with the IMSAR NSP-7(S) radar system is Synthetic Aperture

Radar (SAR), a method that allows to obtain radar images of the ground surface and objects on the surface regardless of weather conditions and time of day with the detail of an aerial image.

Capabilities of the IMSAR NSP-7(S) radar: All-weather scanning; Synthetic aperture radar; Change tracking; Large area search; Moving marine target indicator (MMTI); Moving ground target indicator (GMTI); High visibility target mode (HVT); EW protection; Life pattern analysis; Ku-band operation; Resolution from 0.3 to 10 metres.

The article analyses the main intelligence features of mainly ground forces objects – various types of military equipment, engineering structures and communications. A comparative analysis of the known methods of automatic detection and identification of military objects of this class was carried out. The combination of information from the optical means of airborne surveillance with the IMSAR NSP-7(S) radar system provides a high probability of detecting land and sea objects.

Digital image processing software is becoming a key tool in the creation of aerial reconnaissance reports, providing digital data processing, storyboarding of video footage and mapping of reconnaissance routes. The ability to mark decoded objects on the map and create detailed reconnaissance reports is made possible by the software's functionality.

## **ANALYSIS OF AERIAL RECONNAISSANCE CAPABILITIES FOR DETECTING GROUND FORCES**

*Y. Logvinenko; G. Eidelshstein*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

By studying data collection and analysis technologies, taking into account the requirements for accuracy and speed of response, as well as integration with other sources of intelligence information, it is possible to create a comprehensive system that will ensure the ability to timely detect and analyse ground forces objects, which will contribute to effective strategic decision-making and successful operations.

In particular, the reconnaissance of land targets using modern aerial reconnaissance equipment, such as digital optoelectronic systems and automated target detection systems, has significant advantages. One of the main advantages is the ability to obtain fast and efficient reconnaissance of large areas. To improve the effectiveness of such intelligence, artificial intelligence is being introduced into digital intelligence systems. Artificial intelligence in the context of aerial reconnaissance opens up wide opportunities for the efficient collection, analysis and use of intelligence information.

Studying data collection and analysis technologies, taking into account the requirements for accuracy and speed of response, as well as integration with other sources of intelligence information can help create a comprehensive airborne intelligence system. This system will be capable of timely detection and analysis of ground forces objects, which will contribute to effective strategic decision-making and successful operations.

When it comes to the use of artificial intelligence in digital intelligence systems, it can help automate data identification and analysis. AI can speed up the process of analysing intelligence and provide more accurate results. Automated identification and data capture based on catalogues of various military equipment, in conjunction

with artificial intelligence, can simplify and speed up the process of intelligence analysis.

These technological solutions can improve the effectiveness of intelligence and ensure the country's defence capability. Reliable intelligence information and the use of modern technologies of automated object detection systems are of great importance for improving the effectiveness of intelligence and ensuring Ukraine's security.

## **ANALYSIS OF SOFTWARE TOOLS FOR DIGITAL IMAGE PROCESSING**

*G. Eidelshstein; O. Halepa; I. Omelchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The aerial reconnaissance data processing algorithm is a system of steps and procedures aimed at analysing and using the acquired images and video materials. This algorithm includes steps from data collection during aerial missions to the creation of detailed intelligence reports. The main goal is to effectively use digital technologies to quickly and accurately process information, identify objects and create spatial models for further use and processing.

Digital image processing software is becoming a key tool in the creation of aerial reconnaissance reports, providing digital data processing, storyboarding of video footage and mapping of reconnaissance routes. The ability to mark decoded objects on the map and create detailed reconnaissance reports is made possible by the software's functionality.

One of the main advantages of applications such as Adobe Photoshop, GIMP, and Capture One as a key tool in the creation of aerial reconnaissance reports is their ability to enhance digital aerial imagery while maintaining its information content. The ability to effectively use standard tools to enhance images without sacrificing quality is becoming an important aspect of digital image processing.

Algorithms for processing aerial reconnaissance data play a critical role in modern warfare support and strategic decision-making. The use of effective algorithms allows not only faster and more accurate analysis of the data received, but also to take into account the growing amount of information from aerial reconnaissance sources. The importance of advanced algorithms in object detection, machine learning and artificial intelligence demonstrates the need for continuous development and improvement of these technologies to ensure the provision of effective, reliable and accurate aerial reconnaissance information in the future.

## **JOINT WORK OF THE BAYRAKTAR TB2 UAV AND THE F-16 FIGHTER JET**

*O. Halepa; V. Sereda; G. Eidelshstein  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

The interaction between the Bayraktar TB2 UAV and the F-16 fighter jet may include joint air and ground missions. The Bayraktar TB2 can provide reconnaissance and support from the air, while the F-16 can perform combat cover and engage targets in the air and on the ground. This combination can provide effective operations on various battle fronts.

1. Integration of Intelligence and Attack: Bayraktar TB2 and F-16 fighter jet working together provides fuller reconnaissance coverage and the ability to respond instantly to detected threats and target engagements

2. Integrated Safety: The joint use of UAVs and fighter aircraft reduces the risk to pilots by enabling risky missions to be performed using unmanned technology.

3. Accuracy and Efficiency: The synergy between the data from the Bayraktar TB2 and the F-16 allows for greater accuracy in target detection and engagement, which increases the overall effectiveness of combat operations.

4. Rapid Response: The Bayraktar TB2, using an unmanned platform, can quickly transmit critical data to the F-16 fighter jet, enabling it to respond quickly to changes in the situation.

5. Cost reduction: Sharing resources and optimising tasks reduces the cost of combat operations by ensuring optimal use of the technical capabilities of both systems.

6. Combining Capabilities: The combination of the highly functional reconnaissance and combat capabilities of the Bayraktar TB2 and the F-16 creates an effective combat alliance for today's military challenges. Based on this, we can understand that GIS is a very useful application for military use, both in wartime and in peacetime, for all spheres of our lives. They are also very useful for our military, but it would be desirable to add a 3D map of our area, information exchange between users, spare power supplies in the form of equipment and more extensive use for all users of the country to our GIS.

As a result, we can see that with the delivery of a modern F-16 fighter jet, our Air Force will be able not only to control the skies over Ukraine, but also to conduct bombing operations in conjunction with UAVs, thus helping our infantry and interacting to hit priority targets on the battlefield.

### **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE PROCESS OF PROCESSING AERIAL RECONNAISSANCE DATA, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS ON THE TERRITORY OF UKRAINE**

*G. Eidelshstein; O. Fishchuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

Optimising the process of processing aerial reconnaissance data based on military experience in Ukraine involves the introduction of the latest technologies and methods of analysing the information data obtained for their effective use for military purposes. This includes the development and improvement of software to automate the process of data processing and analysis, the use of artificial intelligence and machine learning algorithms to identify and classify objects of interest, and the integration of various sources of information to obtain a comprehensive and objective map of the situation on the territory. This approach provides military commanders with up-to-date and reliable information to make effective strategic decisions in the context of modern military conflicts and security threats.

Optimising the process of processing aerial reconnaissance data based on military experience on the territory of Ukraine is of great importance for the efficiency and effectiveness of intelligence use. The current system of airborne intelligence data processing in Ukraine uses a variety of methods and technologies, such as image processing software, data visualisation systems and specialised

hardware. However, there are challenges, such as the instability of information systems, lack of qualified specialists and insufficient data integration.

Opportunities for further development include improving data processing algorithms, using artificial intelligence, developing geospatial analysis, introducing virtual reality technologies, and ensuring a high level of cybersecurity. These capabilities will increase the efficiency and accuracy of aerial reconnaissance data processing and improve response to real-world situations.

### **RESEARCH OF PROSPECTIVE AERIAL RECONNAISSANCE COMPLEXES TAKING INTO ACCOUNT EXPERIENCE OF COMBAT ACTIONS**

*I. Tupitsya<sup>1</sup>; S. Bugayev<sup>2</sup>; V. Kamyshnikov<sup>1</sup>; R. Kruk<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*  
*<sup>2</sup>"Vinnytsia Aviation Plant" Limited Liability Company*

The experience of hostilities on the territory of Ukraine testifies to the active use of manned and unmanned aircraft for the purpose of obtaining intelligence information. At the same time, it should be noted that the units of the Air Force actively use class 1 and 2 unmanned aircraft systems for this purpose. This is due to the fact that reconnaissance aircraft in the conditions of hostilities are used to strike enemy positions with both domestic and foreign types of air weapons.

Taking into account the fact that today the flight crew and aviation personnel of Air Force units undergo active training on promising aircraft of international partners (F-16, Gripen), the issue of researching the possibilities of integration into the target equipment of the aircraft of existing and promising on-board air reconnaissance complexes becomes urgent.

The analysis of the conducted scientific studies shows that at the present time on the aircraft of the researched type, which are in service with NATO member countries, such air reconnaissance complexes as F-9120, DB-110, MS-110 are actively used. The main distinguishing feature of these complexes from the reconnaissance (optical-electronic) equipment of the Su-24MR aircraft is that the formation and processing of air reconnaissance data takes place in digital form, which allows for a balance between indicators of processing quality, data compression and their reliability.

### **RESEARCH OF PROGRESSIVE INFORMATION TECHNOLOGIES IN UNMANNED AVIATION SYSTEMS**

*I. Tupitsya; O. Drol; O. Halepa; O. Tupitsya*  
*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A characteristic feature of hostilities on the territory of Ukraine is the active use of unmanned aerial systems (UAS) by both defense forces and the enemy. At the same time, it should be noted that today the enemy's significant efforts are directed not only to the mass production of anti-aircraft missiles, but also to the dynamic introduction of modern progressive technologies in order to further test their effectiveness in combat conditions.

Thus, among the extreme innovations of the enemy, the use of computer vision technologies to automate the detection and recognition of aerial reconnaissance



objects should be noted. This makes it possible to provide conditions for increasing the level of operational intelligence processing and the reliability of air reconnaissance data. At the same time, it should be noted that this trend is observed for UAS of all classes, that is, from FPV drones to UAS of the operational-tactical class. Another direction of the integration of researched technologies is the autonomy of the navigation system both for the purpose of organizing the flight mission and inflicting fire damage on samples of weapons and military equipment.

Thus, to date, the advantage of the enemy in the digital transformation of the intelligence and information space is observed, which leads to the need to abandon classical approaches and study the possibilities of forming modular components (autonomous) based on modern information technologies for automating the processes of air reconnaissance data processing and navigation in unmanned aerial vehicles aviation systems.

### **THE METHOD OF INCREASING THE ACCURACY OF ATTACKING TARGETS UNDER THE CONDITIONS OF COMBAT APPLICATION OF UAV**

*A. Belivtsov; Ya. Leshchenko; O. Stashchak; E. Krepko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of modern warfare, the importance of accurate hitting of targets becomes particularly relevant, especially when it comes to unmanned aerial vehicles (UAVs) – kamikaze, which have a wing-type design. The integration of artificial intelligence technologies into guidance systems can significantly improve their ability to independently recognize, track and accurately target targets, which will increase the effectiveness of the combat use of UAVs of this type.

Using a flight controller and an on-board computer with an installed object recognition system, you can create an autonomous homing system. By connecting a camera to the UAV and using a lens recognition algorithm to analyze images in real time, the system can identify and classify targets, and then transmit commands to the flight controller to correct the flight path. This allows UAVs to effectively adapt to changing conditions on the battlefield and ensures high accuracy of hitting targets without direct operator intervention, opening up new opportunities for the development of high-precision military equipment.

Therefore, further scientific research will be aimed at developing a method of automated detection and destruction of enemy weapons and military equipment samples by integrating artificial intelligence technologies into the onboard equipment of the Air Defense Forces.

### **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE MILITARY REPAIR OF SU-27 FIGHTER AIRCRAFT EQUIPMENT BASED ON THE EXPERIENCE OF COMBAT OPERATIONS IN UKRAINE**

*A. Zubareva; E. Vasylenko; E. Krepko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University*

One of the main tools for deterring military aggression against Ukraine is to entrust the Armed Forces of Ukraine, in particular the Air Force, with the following tasks: deterring armed aggression against Ukraine from the air and covering its troop

groups from air strikes; covering important state facilities; protecting the territorial integrity of the country; and destroying military facilities, equipment and manpower of the terrorist country.

The power supply system is an integral part of an aircraft (AC). Any equipment of a modern aircraft is controlled and monitored by electronic devices. Takeoff, en route flight and landing are performed with the help of a large number of different electrical systems.

In the course of operation and during combat operations, aviation equipment (AE) is affected by various factors that can lead to damage (failure) of systems, units, individual assemblies, fixed devices and equipment elements.

The experience of the Joint Forces Operation has shown that operational and combat damage to aircraft, and in particular to AE, in most cases is complex, when several units, assemblies, components, parts, and various onboard systems are simultaneously affected.

### **THE EXPERIENCE OF USING UNMANNED AVIATION IN THE WAR IN THE PERSIAN GULF**

*A. Babich<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*M. Linevych<sup>1</sup>; S. Khulap<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>The National Defence University of Ukraine*

Starting with the conflict in the Persian Gulf region in 1991, the tendency to use reconnaissance unmanned aerial vehicle (UAVs) in the interests of the lowest echelons of the military command "platoon-company-battalion" has developed. At the same time, the lower the level of the unit, the smaller in size and more mobile the UAVs was. Tactical-level UAVs, in most cases, became the only means of intelligence that provided tactical units with information about the enemy and objects on a real-time scale. As a result, commanders were able to quickly respond to changes in the situation, which increased the effectiveness of their units' actions. During the Persian Gulf War, the Pioneer UAV flew 300 sorties over a 10-year period, with the Navy flying 100 sorties. UAVs were widely used in Desert Shield and Desert Storm not only by the United States, but also by coalition forces. The Pioneer of UAV provided critical intelligence support to Marine Corps, Army and Navy units during Operation Desert Storm. They performed their tasks quite well, so the troops demanded more UAV sorties.

These systems were used for battlefield reconnaissance, targeting and accuracy correction of the 16-inch guns of battleships, which were widely used against Iraqi fortifications along the coast of Kuwait, for continuous surveillance of areas with a high threat from air defense systems and air defense.

An officer in a Marine reconnaissance unit, which used more UAVs than any other unit in theater, commented that UAVs performed battlefield reconnaissance and targeting tasks well, but not to the full extent they should have. There was a case when an unmanned aerial vehicle carrying out the task of searching and identifying targets detected a group of Iranian soldiers. Pioneer "hovered" over the military thereby making it clear that they could become a target for artillery. A group of soldiers surrendered to the Air Force, waving a white cloth. This is the first case in history when a person gave up his job.

The UAV, which was on board the warship "Missouri" (BB 63), made a flight to perform reconnaissance of the defense of Failaka Island on the coast near Kuwait. The intelligence was used by the ship's 16-inch artillery, as a result of which the island's defenses were destroyed.

**IMPLEMENTATION OF A CYCLIC MODEL OF AIRBORNE  
RECONNAISSANCE ASSETS APPLICATION BASED ON  
THE EXPERIENCE OF WARFARE**

*B. Ivashchuk<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
D. Mykhailovskyi<sup>1</sup>; O. Kibitkin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University;  
<sup>2</sup>Military unit A0515*

A study of the use of various types of reconnaissance unmanned aerial vehicles (UAVs) in military operations revealed that outdated UAVs, especially those using film and chemical treatment, do not meet modern requirements for aerial reconnaissance. This became the rationale for the transition to the introduction of the latest optoelectronic systems that operate in real time and demonstrate a high level of efficiency and effectiveness in modern military conflicts.

The use and further improvement of cyber-cycle models is key to ensuring the interaction of automated control and communication systems during joint operations by different types of armed forces. For this purpose, it is necessary to take into account the improvement or creation of modern systems for collecting, processing and analyzing technical intelligence information by all structures for the protection and defense of the state and its interests.

The introduction of new approaches to aerial reconnaissance allows the use of new methods of its application, using a network-centric or cyclic model, thereby ensuring increased efficiency in combat operations.

The developed cyclic model of air reconnaissance application allows to qualitatively assess the degree of its efficiency and the effectiveness of using the data obtained to destroy the enemy target, thanks to the use of the latest digital optoelectronic systems and means of destruction, such as M142 HIMARS rocket artillery.

**DRONES ARE KAMIKADES AS A COMPONENT RESOURCE – THE FIRE  
FACTOR OF THE MODERN BATTLEFIELD ENVIRONMENT**

*A. Babich<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
D. Paperova<sup>1</sup>; A. Kovtun<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military unit A3808*

The resource-fire factor of the battlefield is understood as the conditions that are formed depending on the type and composition of means of fire damage – the resource component, and the methods of their application in different types of combat and at its various stages – the fire (functional) component.

The range of fire weapons on the battlefield includes artillery, ground-based tactical missiles, manned and unmanned aircraft, small arms, mine barriers, landmines, etc. As the analysis of the experience of the Russian-Ukrainian war shows, kamikaze attack drones have become a new effective means of fire damage to troops and objects on the battlefield. The difference between kamikaze drones and shells, mines and missiles is that they can find a target already after launch and are controlled by the operator until the moment of impact. That is, the kamikaze drone enters a certain area and the operator can choose a target according to the defined priorities.

Today, there is a distinction between kamikaze strike drones of the "barrage ammunition" type and FPV drones.

Barrage munitions are a type of unmanned aerial vehicles with an integrated warhead, which are able to stay in the air near the target for a long time in standby mode and quickly attack it after receiving the appropriate command from the operator, or perform tasks provided by a built-in algorithm.

FPV drones are a new, but already very popular type of drones, which are actively used during Russia's war with Ukraine. The main difference between these UAVs and others is control through special glasses, that is, with a view from the first person, which is what the English abbreviation FPV – First Person View means. In military terms, the term usually refers to high-speed FPV quadcopters converted into kamikaze drones or bomber drones by installing a warhead or ammunition drop device.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF THE FUEL STORAGE AND CONSUMPTION SYSTEM OF THE MIG-29 FIGHTER AIRCRAFT**

*V. Khlopiachyi<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*V. Kryvonos<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*A. Hrabovetskyi<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>State Research Institute of Aviation;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat operations on the territory of Ukraine has shown that the use of fighter aircraft is an effective and efficient means of destroying enemy equipment and military targets and is becoming increasingly important in performing many different tasks. To ensure the success of a combat mission, a pilot needs information about the operating status of all aircraft avionics.

One of the most important systems of the MiG-29 fighter aircraft is the fuel and consumption system, whose main purpose is to ensure uninterrupted fuel supply to the aircraft engines and accurate measurement of fuel reserve and consumption. Information on fuel supply and consumption is of paramount importance to the pilot. This allows for accurate calculation of the flight range and duration, and fuel consumption forecasting software allows for the necessary centering of the aircraft.

The existing aircraft fuel and flow measurement system is a complex analog measurement system consisting of interconnected subsystems, but the reliability of the outdated element base no longer always meets the requirements.

One of the ways to improve the reliability and accuracy of fuel measurement on board an aircraft is to integrate modern onboard digital electronic computers.

### **DEVELOPMENT OF SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT OF METHODS AND MEANS OF DETECTION OF FAILURES OF AIRCRAFT STATIC CONVERTERS**

*O. Melanchuk; O. Malik; Yu. Heorhiiev*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, during the fighting in the country, the Armed Forces of Ukraine are defending the Motherland for the sake of protecting its sovereignty, independence, which it gained in a difficult way, the units of the Ukrainian Air Force set themselves the goal of being fully prepared to perform any combat missions.

In modern aircraft, the main AC power supply system uses static AC converters. Their task is to obtain a variable single-phase or three-phase voltage in order to supply electricity to the onboard power of the aircraft. If we compare them with electric machine converters, they are less overall. The limits provide higher indicators, and in some way, the quality of electrical energy is also higher. Due to this, static converters have high reliability, they do not require periodic maintenance.

The methodology and equipment for checking static converters to date, in the current conditions is outdated and does not guarantee trouble-free operation during flights, so it is proposed to develop improved methods for diagnosing this aircraft equipment and apply stabilization of the parameters of the converters so that this does not lead to changes in the characteristics and failures of the static converters themselves.

### **DEVELOPMENT OF A SUGGESTIONS TO IMPROVE THE INFORMATION COMPLEX OF ALTITUDE-SPEED PARAMETERS IC-ASP-2-10 OF THE AIRCRAFTSU-27**

*A. Kozyr; Yu. Heorhiiev; M. Slusarev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays the avionics' development, the determination of air parameters requires more improvement, increasing the accuracy and reliability of information systems at altitude-speed parameters. These tasks are solved by complexing a group equipment of different systems. Altitude and speed parameters are combined in the creation of integral information complexes, which replaced separate analog instruments and air signal systems. Digital information and measurement systems are widely used to replace analog devices of high-speed parameters and air signal systems today.

Necessity in improving the accuracy and reliability of instrument devices that are measuring altitude-speed parameters, their control depth and controllability with failure alarms lead to the creation of information complexes in a new type altitude-speed parameters, the replacement of aerodynamic angle sensors, alarm units to modern microelectromechanical sensors.

### **INVESTIGATION OF METHODS OF DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION OF CONTROL EQUIPMENT OF AIRCRAFT DC GENERATORS OF MiG-29 FIGHTER AIRCRAFT**

*A. Medvid; M. Suniuk; Yu. Heorhiiev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aviation plays a key role in military affairs and is an integral part of military operations and defense of the state. In this context, reliability and security are critical aspects in it. To ensure this reliability and safety, a number of state standards have been defined in Ukraine, which determine the requirements for aviation equipment and its production processes.

This is due to the accelerated rate of growth in the volume of work of the aviation engineering service, the growing complexity of aviation equipment and the introduction of new methods of diagnosing air-conditioning systems.

The methods and means of ensuring and controlling reliability, including those regulated by standards, have exhausted themselves, because in practice they do not

ensure the necessary reliability of the equipment in operating conditions. In this regard, the world's leading specialists formulated and implemented new approaches to its provision. They are based on the results of research into the physics of failures and their elimination, which includes fundamental changes in the requirements for developers and manufacturers to ensure the quality and reliability of automatic transmission systems.

Aircraft need a stable power supply for the operation of their on-board equipment and navigation systems. Voltage drops or sudden changes can cause malfunctions of devices and pose a threat to flight safety. In order to reduce voltage drops, the possibility of improving the operation of the generator and the control equipment system of the direct current system was considered.

On the basis of data on the technological state of the main source of direct current electrical energy of the MiG-29 aircraft, the GSR-ST-12/40A generator, the level and nature of malfunctions of this generator, specific recommendations for managing the maintenance process should be created, taking into account the necessary indicators of the quality of work and the reliability of sources of direct current current.

### **INVESTIGATION WAYS TO ASSESS THE TECHNICAL CONDITION OF MAJOR DC SOURCES, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF WARFARE**

*R. Vetrov; Yu. Heorhiiev; O. Tsemma  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Improved organization and management of maintenance processes (MP) of aircrafts (AC) is one of the main directions of improving the efficiency of the engineering-aviation service (IAS) and quality of MP aviation technique (AT).

This is due to the accelerated growth rate of works of IAS, the growing complexity of AT and the variety of implementation of new strategies of MP and methods of diagnosing AT, a significant increasing in the flow of technical and production-economic information that need for production management.

Until recently, methods and means of ensuring and controlling reliability, including those regulated by standards, have exhausted themselves, because in practice they do not provide the necessary reliability of equipment in operating conditions. In this regard, leading experts of the world have formulated and implemented new approaches to its provision. They are based on the results of research on the physics of failures and a fundamentally new ideology of ensuring reliability, which includes fundamental changes in the requirements for developers and manufacturers to ensure the quality and reliability of AT products, which are based on reliable-oriented management of design, production and operation processes.

The main components of the system of reliable-oriented control of MP technology are the presence of databases of characteristic faults of DC sources, models of degradation of their failures with characteristic defects; databases of current data of characteristic faults of specific types of sources of constant noise

Based on the data on the current state of the MP process, the level and nature of AC faults, specific recommendations for managing the MP process should be created in real time, taking into account the necessary indicators of the quality of work and the reliability of DC sources. In particular, these may be recommendations for adjusting inter-operational control, nomenclature of controlled parameters,

recommendations for adjusting individual technological operations or the introduction of additional diagnostic tests.

Predictive Maintenance Process (PMP) is a method of predicting maintenance designed to help determine the state of equipment in operation, to assess when MP should be carried out.

This approach promises rational use in preventive maintenance, since tasks are performed only if there is a fact of a future component failure. Thus, it is considered as MP, which is carried out on the basis of conditions, as proposed by estimates of the degradation state of the parameters of the component. The main advantage of PMP is to allow convenient scheduling of corrective maintenance and prevent unexpected equipment failure. The key points are the correct life of the equipment, increased flight safety, fewer failures with a negative impact on the environment and optimized work with spare parts.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE FUNCTIONING OF THE RESTRICTING SIGNALS SYSTEM OF A FIGHTER**

*R. Vasylenko; I. Mudryk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern aircraft need to be equipped with air signal systems to calculate aerometric parameters. The leading place belongs to digital air signal systems, which differ in completeness and accuracy.

The air signal system, which is installed on the fighter plane, as part of the altitude-speed parameters information complex, works together with the limiting signal system, ensuring the full use of the aircraft's maneuverability and compliance with flight safety requirements.

A Simulink-model of the functioning of the limiting signal system was created according to the structural diagram of the algorithm of the deviation signal from the given height. The parameters of the system of limiting signals during diving and dangerous heights were studied.

As a result of the analysis by height during diving, a mathematical model was created for automatically obtaining data on the loss of height with defined aerometric and aerodynamic flight parameters.

The necessary set of parameters of the fighter aircraft's limiting signal system was determined to ensure the completeness of its functioning. Based on the analysis of algorithms for calculating aerometric parameters, an algorithm convenient for modeling was developed.

The functioning of the model was verified by studies that confirmed the correctness of the obtained results, as well as established the operability of such a model and its suitability for building a real system.

### **DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A PROMISING SYSTEM FOR PREVENTING CRITICAL FLIGHT CONDITIONS OF A FIGHTER**

*R. Vasylenko; V. Boiko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the existing systems of limiting signals of a fighter plane during flight shows how separate restrictions on the parameters of a safe flight do not take into account the relationship of the limited parameters and are intended for the case

of the most unfavorable combination of them. This leads to incomplete use of the functional capabilities of the aircraft, reducing the effect of increasing flight safety.

Determining the dangerous altitude based on the air signal systems and the limiting signal system provides an opportunity to provide the crew with information about the approach to the critical mode according to the parameters for making timely corrections in the control of the aircraft by changing the speed, normal overload or the angle of inclination of the trajectory.

The developed structure of a promising warning system for critical aircraft operation modes, which is supplemented by an on-board generalized control and warning system for the crew and an aircraft responder, allows you to generate and transmit the failure code of the on-board equipment of aircraft to the ground control point in real time. This has a positive effect on flight safety, because there is an opportunity for ground managers to immediately indicate the pilot's refusal and provide timely qualified assistance using the radio channel.

The use of such a structure will improve the performance characteristics of the system as a whole and increase the effectiveness of the application of this type of equipment during the performance of tasks in the combat zone.

### **АЛГОРИТМІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МАНІПУЛЮВАННЯ ЗНАННЯМИ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОСОБЛИВИХ ВИПАДКАХ ПОЛЬОТУ**

*О.Б. Куренко<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; О.В. Беспалько<sup>1</sup>; В.О. Куренко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки*

В людино-машинних системах спеціального призначення, які забезпечують управління польотами літальних апаратів, існує складна задача прийняття ідентифікаційних та прогнозних рішень в особливих випадках польоту, як правило в умовах невизначеності. Подібні задачі можуть вирішувати, спираючись на інтуїцію, досвідчені льотчики та керівники польотів, але не завжди успішно, оскільки не існує загальних чи стандартних методів розпізнавання різнотипних параметрів при нестачі даних. Вирішити зазначену проблему можливо шляхом розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР), які здатні забезпечити заданий рівень безпеки польотів.

Для побудови ефективних ІСППР розроблена теорія моделей уявлення нечітких квантів знань, а також інформаційна технологія маніпулювання ними при вирішенні задач прийняття рішень в умовах невизначеності та неповноти даних, синтезовані алгоритми побудови бази модифікованих квантів знань (моделі предметної області) і ефективного маніпулювання побудованими моделями (генерування квантової мережі міркувань, логічного висновку по квантовій мережі міркувань та формування пояснення запропонованого рішення).

Розроблена алгоритмічна база використана при розробці ІСППР "ЕКСПЕРТ". Результати рішення тестових задач на базі ІСППР "ЕКСПЕРТ" підтвердили працездатність і ефективність розробленого комплексу алгоритмів.



**THE USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE  
CONSTRUCTION OF THE ATLAS OF THE DESTRUCTIVE  
TERRITORY OF THE CITY OF BAHMUT**

*S. Kochuk<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Andriyev<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. Shostak<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky  
"Kharkiv Aviation Institute"*

In order to improve the quality indicators of automatic control systems (ACS), there is an urgent need to develop adaptive algorithms for identifying the parameters of technical objects and controlling their motion. One of the ways to solve this problem is to use artificial neural networks (ANN).

Designing complex technical objects, including unmanned aerial vehicles (UAV), is virtually impossible without modelling their geometry and kinematics. Mathematical models are used both to analyse the properties of the object being created and to synthesise algorithms for UAV operation and movement. When creating a mathematical model of a UAV, as a rule, the values of many parameters are not generally known or precisely known and are replaced by approximate estimates from practice. Such parameter values may be very far from the true values and require further refinement. Such improvements can be made experimentally using the results of dynamic experiments. It is also possible to build mathematical models based on ANN using the initial data on UAV parameters.

Neural networks are a powerful mathematical tool and have been shown to be effective in solving a wide range of tasks, including pattern recognition, approximation, classification, and prediction. The most important advantages of ANN over traditional mathematical methods are, firstly, their ability to learn and find unknown relationships between input and output signals. Secondly, it is resistance to noise and input signal disturbances. Thirdly, in practical implementation, neural networks can be represented in the form of parallel operations.

When developing algorithms for diagnostics and design of ACS

based on ANN, a number of problems remain unsolved:

- the absence of a formal method for selecting the type of ANN that will be used to adequately solve a particular problem;
- insufficient adequacy of the choice of optimisation methods in the process of ANN training, which leads to large forecasting errors and training time.

One of the most promising solutions to these problems is an approach that uses ANN to identify mathematical models of UAV and synthesise algorithms for the ACS. This solution reduces the size of the neural network used, shortens the training time, and simplifies the overall appearance of the mathematical model.

The use of ANN to identify the parameters of mathematical models of both individual nodes and the dynamics of the entire UAV, as well as to synthesise adaptive algorithms for the ACS, allows to increase the reliability of the control system and its quality indicators, reduce the cost of equipment operation, maintenance and repair.

## **АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВТРАТИ УДАРНИХ БПЛА З СИСТЕМОЮ FPV**

*І.А. Пількевич, д.т.н., проф.; Р.І. Лобода; С.І. Мірошніченко  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Безпілотні технології є невід'ємною складовою сучасної війни. У 2019 році існувало чотири варіанти застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які прогресивно розвинулися до чотирнадцяти варіантів у 2024 році. На сьогоднішній день, від концепції до використання прототипу в бойових умовах проходить декілька місяців. Змагання в області технологічного розвитку між Україною та противником проходить із значною інтенсивністю. Це породжує необхідність швидкого та масового впровадження передового військового досвіду з метою ефективного нанесення ураження противнику. Широке застосування розвідувальних БПЛА суттєво посилило ситуаційну обізнаність та ефективність цілевказання, а ударні БПЛА з системою First Person View (FPV) стали ефективним інструментом ураження. Порівнюючи з альтернативними зразками озброєння, такими як міномет, гранатомет, ствольна артилерія, ефективність ударних БПЛА з системою FPV значно вища. Але існує ряд чинників, які негативно впливають на застосування ударних БПЛА. Відповідно до результатів досліджень, важливими чинниками, що впливають на втрати ударних БПЛА з системою FPV є:

– неспрацювання авіаційного засобу ураження чи передчасний підрий у повітрі. Цей чинник спричинений неякісними авіаційними засобами ураження, платами ініціації;

– втрата каналів управління, відеоінформації. Типовими причинами є застосування противником засобів радіоелектронної боротьби, обмеження радіогоризонту, неякісні ударні БПЛА з системою FPV, інтерференція дружніх сигналів;

– невлучання у ціль. Це зумовлено тим, що велика частка цілей є рухомими, або малогабаритними. Також має місце низький рівень підготовки операторів ударних БПЛА.

Якщо подолати описані чинники, то відсоток вдалих місій ударних БПЛА з системою FPV значно зросте.

## **INFLUENCE OF UAV THERMAL VISION PROPERTIES ON THE GROWTH OF NIGHT ATTACKS**

*S. Zaderienko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor  
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy*

Among the unsolved problems that arise during the execution of combat missions on the battlefield, one can also observe the increase in the number of unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with thermal imaging and night cameras. Careful monitoring confirms that the rotation of units at positions, the movement of equipment and combat vehicles, the replenishment of ammunition and fuel stocks are carried out at night. UAVs with night vision cameras make all covert military actions visible, and since the beginning of 2024, the proportion of night attacks on both sides has increased significantly.

The latest analog and digital cameras are installed on Ukrainian-made UAVs supplied to the Armed Forces of Ukraine by volunteers, private enterprises, and

Ukroboronprom State Concern. The enemy is in roughly the same situation. In late 2023 and early 2024, most of the dismantled cameras on downed Russian military UAVs turned out to be cheap analog RunCam Night Eagle cameras costing up to \$50, and sometimes more expensive digital cameras costing between \$250 and \$400 were also used. The differences between both camera types are significant.

Firstly, in low-visibility conditions, low-resolution analog cameras cannot detect an enemy where a digital camera can. Secondly, analog cameras have an unprotected video signal channel. The video signal from the analog camera potentially shows its position when the UAV is directed toward the target. Maybe anyone can pick up the UAV's TV signal with their TV and find out where the drone is flying. Finally, only the apparent low cost of analog cameras makes it easy for drone developers to use them as part of a core UAV design element.

### **КЕРОВАНІ ФАКТОРИ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СПІЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПІЛОТОВАНОЇ ТА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ АВІАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ**

*В.В. Герасименко, д.військ.н.; О.С. Блискун, д.філос.; О.М. Печененко  
Національний університет оборони України*

Застосування авіації для забезпечення військових операцій стає все більш актуальним у сучасному воєнному середовищі. При цьому поєднання пілотованих та безпілотних літальних апаратів (БЛА) викликає інтерес як з погляду технологічного розвитку, так і з погляду ефективності використання ресурсів.

Для аналізу факторів, що впливають на спільне застосування пілотованої та безпілотної авіації, застосовуються методи системного аналізу та моделювання, що дозволяють оцінити як некеровані, так і керовані впливи на результативність повітряних операцій.

Некеровані факторине піддаються безпосередньому впливу командування та можуть визначати умови виконання авіаційних завдань. Керовані факторизнаходяться під управлінням командування та можуть активно коригуватися для досягнення бажаних результатів.

Аналіз факторів, що впливають на спільне застосування пілотованої та безпілотної авіації в контексті виконання завдань авіаційної підтримки, виявив ключові аспекти, які необхідно враховувати для досягнення оптимальних результатів у військових операціях. Перш за все, необхідно визнати, що сучасна бойова обстановка вимагає поєднання технологічних та стратегічних підходів у використанні авіаційних ресурсів. Таке поєднання дозволяє ефективно використовувати переваги кожного типу авіації, забезпечуючи при цьому високий рівень захисту та маневреності.

Крім того, аналіз підтвердив, що ефективне застосування авіації залежить від комплексного підходу до управління різними аспектами, включаючи підготовку особового складу, забезпечення технічними засобами та логістичне забезпечення. Зокрема, підвищення ефективності можливе завдяки вдосконаленню системи управління літальними апаратами, оптимізації використання ресурсів та посиленню координації між пілотованою та безпілотною авіацією.

У майбутньому, дослідження та удосконалення вказаних аспектів може сприяти розробці та впровадженню нових підходів, які підвищать ефективність застосування авіації у воєнних конфліктах. Важливою

перспективою є розвиток інтегрованих систем управління, які забезпечать гнучкість та адаптивність в реалізації повітряних операцій.

Ключові слова: пілотована авіація, безпілотна авіація, авіаційна підтримка, системний аналіз.

## **ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ З ПРОТИДІЇ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Д.А. Рибчинський; В.О. Павленко; В.А. Рачкінда  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Аналіз досвіду бойових дій в ході повномасштабного вторгнення російської федерації свідчить про ефективність застосування сучасних безпілотних авіаційних комплексів (БпАК).

Під час виконання визначених завдань екіпажі виробів “Нота” забезпечують прикриття військових частин (підрозділів) від засобів повітряної розвідки противника, що сприяє недопущенню або суттєвому ускладненню нанесення по підрозділам прицільного вогневого ураження. Показником ефективності “Нота” є зменшення кількості застосування ударних БпАК по вогневим позиціям, зокрема артилерійським підрозділам. Для підвищення ефективності роботи, екіпажам комплексу “Нота” обов’язково необхідно вступати у взаємодію з екіпажами РЕБ, що виконують завдання в секторі відповідальності. Така взаємодія дозволяє вчасно виявляти сигнали ворожих БпАК, проводити швидший їх аналіз, та частково прибирати загрозу силами сусідніх екіпажів. Позиція обирається таким чином, щоб між комплексами протидії (подавлення) та об’єктом прикриття витримувалася дистанція від 1 до 1,5 кілометрів. У випадку близького розташування засобу до об’єкту прикриття (до 2 км), надзвичайно ефективно використання кругових завад паралельно з направленими, як додаткового захисту під час виявлення сигналів ворожих БпАК “Zala”, особливо після запуску баражуючих боеприпасів типу “Лансет”.

Аналіз сигналів ворожих БпАК після застосування подавлення доводить, що вплив завад змушує ворожі борти віддалятися від наших об’єктів, або ж хаотично змінювати напрямок руху.

## **МЕТОД ВИБОРУ КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ НА БПЛА І КЛАСУ В ОСОБЛИВИХ ВИПАДКАХ У ПОЛЬОТІ**

*О.М. Перегуда, к.т.н., с.н.с.; А.В. Родіонов  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Бойовий досвід набутий підрозділами Сил оборони України свідчить про значну роль безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у виконанні різноманітних бойових та спеціальних завдань. Польоти БпЛА виконуються в умовах протидії противника у тому числі із застосуванням засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Особливі випадки у польоті (ОВП) також можуть бути спричинені і іншими небезпечними факторами. При одночасному виникненні кількох різних ОВП суттєво зростає ризик втрати БпЛА. Відтак, актуальним є автоматичний вибір рішення на управління на борту БпЛА в ситуаціях коли через подавлення каналів управління оператор не може об’єктивно оцінювати умови польоту і стан БпЛА та / або коли управління людиною неможливе.

Розглядається ситуаційна мережа – зважений оргграф вершинами якого є ОВП а дуги зважені ризиком переходу з однієї ситуації в іншу. Ризик в свою чергу є комбінацією ймовірності наступання певної події та можливим її наслідком. Залежно від рівня глибини ситуації яка відповідає кількості одночасних ОВП, що можуть виникнути, здійснюється аналіз можливих комбінацій переходів між вершинами графа. В залежності від типу польотного завдання передбачається набір альтернатив щодо управління для досягнення стратегії управління.

Формалізоване завдання вибору рішення за якісними та кількісними критеріями розв'язується з урахуванням комбінації ОВП що спостерігаються, рівня впливу на політ та на можливість виконання завдання, етапу польоту, віддаленості БпЛА від району запуску та лінії бойового зіткнення, поточного стану та умов польоту БпЛА з використанням зменшення розмірності вхідних даних (згорток) певних наборів параметрів.

### **АЛГОРИТМ НАЗЕМНИХ ВИПРОБУВАНЬ ОКУЛЯРІВ НІЧНОГО БАЧЕННЯ**

*В.В. Коломієць*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Алгоритм наземних випробувань окулярів нічного бачення є важливим етапом у визначенні ефективності та якості такого обладнання перед його використанням в реальних умовах.

У доповіді розглянуто структуру властивостей об'єкта спостереження та основні чинники підвищення ефективності досліджень експлуатаційних характеристик бойової готовності і безпеки польотів вертольота під час ведення бойових дій в нічних умовах, проаналізовано підґрунтя для розробки математичної моделі візуального спостереження за допомогою приборів нічного бачення, що дозволяють алгоритмізувати методіку випробувань окулярів нічного.

Авіаційні окуляри нічного бачення розроблені на технології інфрачервоного бачення, яка дозволяє отримувати зображення з використанням інфрачервоного випромінювання. Ці окуляри збирають слабе випромінювання і перетворюють його в зображення, яке може бути сприйняте людським оком.

Моделі візуального спостереження – це програмні або апаратні системи, які призначені для аналізу та інтерпретації візуальної інформації з використанням обладнання для збору та обробки зображень. Ці моделі можуть виявляти об'єкти, рух та інші важливі деталі на зображеннях або в потоковому відео. Модель візуального розпізнавання об'єктів, яка знаходиться в закабінному просторі вертольота, може бути використана для різних цілей і завдань, в залежності від конкретних потреб операторів вертольота що дозволяє приймати швидкі та відповідні рішення для забезпечення безпеки польотів, навігації та виконання різних завдань.

Алгоритми забезпечення наземних випробувань бойових вертольотів, обладнаних окулярами нічного бачення, дозволяють підвищити якість і достовірність випробувань, а також будуть сприяти скороченню термінів, обсягів та витрат на їх проведення.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РОБІТ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ**

*А.В. Власов, к.т.н., ст.д.; О.Г. Матюченко, д.філос.;  
В.Г. Матюченко; О.О. Якимович  
Державний науково-дослідний інститут  
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Необхідність вдосконалення процесу науково-технічного супроводження (далі – НТС) дослідно-конструкторської роботи (далі – ДКР) з розроблення перспективних зразків озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) та організації випробувань викликано потребою прискореного їх постачання до ЗС України. Для підвищення ефективності координації дій усіх зацікавлених сторін, зменшення документообігу при організації та виконанні досліджень, робіт та заходів із НТС та проведення випробувань пропонується використовувати CALS-технології для інформаційного забезпечення підтримки.

Використання єдиного інформаційного середовища в системі Міністерства оборони України дозволить впровадити єдині способи взаємодії для всіх учасників: замовників продукції, постачальників (виробників) продукції, спеціалізованої випробувальної організації та інших, удосконалити процеси планування, виконання робіт і заходів, контролю їх виконання.

В доповіді подано результати досліджень з питань створення повнофункціональної інформаційної системи супроводження НТС ДКР та випробувань за прикладом інформаційної підтримки різних етапів життєвого циклу виробу та розвитку інтегрованих інформаційних систем за класами систем CAD/CAM, CAE, PDM, MRP-I, MRP-II, ERP, SCM, CRM і CPC.

## **УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ПЛАНУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПОЛЬОТУ ТАКТИЧНИХ БПАК В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ**

*Д.А. Рибчинський  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Одним із важливих завдань в системі розвідувального забезпечення підрозділів (частин) Збройних Сил (ЗС) України з використанням безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) є планування оптимальних маршрутів польоту із врахуванням особливостей тактико-технічних характеристик таких зразків озброєння та умов боротьби та протидії з ними противником. Саме тому удосконалення планування польотного завдання за рахунок оптимізації маршрутів БпАК з врахуванням особливих умов ведення розвідки є актуальним та важливим завданням.

Розглянуте завдання є комплексним, для вирішення якого необхідно виконати його декомпозицію та розв'язати окремі задачі. Першою такою задачею є планування оптимального за протяжністю і, як наслідок, за часом польоту маршруту. Для цього необхідно розв'язати класичну транспортну задачу комівояжера. Для досягнення ефективного результату необхідно

застосувати генетичний алгоритм пошуку найкоротшого шляху між точками маршруту. При цьому точки маршруту варто обирати як центри кластеризованих об'єктів розвідки за відстанню максимально допустимого огляду спостереження БпАК. Іншою задачею є пошук обходу зони систем протиповітряної оборони та/або маневрених груп, дані про яких отримуються під час попередніх розвідувальних операцій. Для вирішення такого завдання доцільно застосовувати алгоритм Беллмана-Форда.

Таким чином вирішення взаємопов'язаних завдань забезпечить оптимізацію планування польотних завдань та значно підвищить живучість комплексів в ході ведення розвідувальних операцій.

## **ДО ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ ОБЛИКУ ОБ'ЄКТІВ БОЙОВОЇ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ**

*В.Г. Сайко, д.т.н., проф.; В.О. Комаров, к.т.н.*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

Досвід двох років війни з російським агресором свідчить, що основні проблеми при створенні безпілотної бойової авіації лежать не в площині створення безпілотного літака як літального апарату. Основна складність полягає у створенні необхідних для застосування БпЛА алгоритмів, інформаційних датчиків, апаратури управління, зв'язку тощо. У цьому контексті слід особливо виділити проблему заміщення льотчика як датчика і як оператора управління на борту БпЛА. Частково цю проблему можна вирішити з допомогою дистанційного управління. Проте існують етапи польоту, де з різних причин політ можливий лише при повністю автономному управлінні та інформаційному забезпеченні. До них відносяться, наприклад, етапи безпосереднього бойового застосування (атаки наземної або повітряної цілі) – ключові з точки зору призначення і максимальні вимоги до характеристик (облику) БпЛА. Саме тому перспективні БПЛА зараз розглядаються як “автономні настільки, наскільки це можливо”. Очевидно, що ефективність автономного БпЛА визначатиметься значною мірою ефективністю алгоритмів автоматичного керування ним, і тим більше, чим вищим буде ступінь автономності БпЛА. З іншого боку, оптимальні алгоритми управління БпЛА можна синтезувати, спираючись лише з характеристики об'єкта управління. Методика зовнішнього проектування маневреного БпЛА має поєднувати взаємопов'язаність процесів формування вигляду (зовнішнього проектування) БпЛА та синтезу алгоритмів автоматичного управління ним.

Тому формування вигляду (зовнішнє проектування) БпЛА та синтез алгоритмів управління ним мають відбуватися паралельно та взаємопов'язано.

## **ЛАБОРАТОРНИЙ ЦИФРОВИЙ ПІД-РЕГУЛЯТОР**

*Д.В. Коваль, к.т.н.; М.В. Коваль; С.І. Мірошніченко  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Системи автоматичної стабілізації, що використовуються в сучасних безпілотних літальних апаратах (БпЛА), як правило, реалізовані за схемою цифрового ПІД-регулятора. Здійснення налаштування системи стабілізації необхідне, зокрема, для FPV-БпЛА, та доступне в конфігураторі польотного

контролера за основними каналами керування (“roll”, “pitch”, “yaw”). Налаштована система стабілізації дозволяє дрону дотримуватись заданої траєкторії руху, та врешті – забезпечити виконання бойового завдання.

Метою роботи є створення інструменту, що дозволить дослідити принципи роботи та отримати практичні навички налаштування системи стабілізації БпЛА.

Завданнями роботи є розроблення та створення діючого макету лабораторного цифрового ПІД-регулятора на прикладі системи термостабілізації. Стабілізація температури обрана навмисно, оскільки є достатньо повільним процесом, щоби бути достатньо наочним та зрозумілим.

Макет побудовано в екосистемі Arduino, з використанням плати прототипування, ніхромового нагрівача, джерела живлення та термопарі з цифровим інтерфейсом. Програмна частина формує сигнал ПІД-регулятора, що модулює живлення нагрівача сигналом з ШІМ.

Сигнал регулятора та поточна температура (результат стабілізації), передаються табличному процесору Microsoft Excel через COM-порт завдяки функціоналу скрипту PLX-DAQ для візуалізації, подальшого аналізу та корекції параметрів регулятора.

Створений діючий макет системи стабілізації дозволяє дослідити принципи її роботи та отримати практичні навички її налаштування.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БЕЗПІЛОТНІ ЛЕТАЛЬНІ АПАРАТИ**

*Ю.О. Камак; В.М. Феденько; О.М. Нідзій, к.ф.-м.н.; М.С. Юрченко  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) в безпілотні летальні апарати (БпЛА) може значно покращити їхні можливості та ефективність в різних сценаріях виконання завдання у складних та змінних умовах, забезпечуючи оптимальні результати та мінімізуючи ризики.

Ключові елементи ШІ, які можуть бути використані в БпЛА, включають автономність та ситуаційну обізнаність, машинне навчання на нейронних мережах, комп'ютерне зорове сприйняття та розпізнавання образів, аналіз великих обсягів даних в реальному часі, системи планування та координації, автономної навігації, системи відновлення та самодіагностики, комунікації інтелектуальних агентів тощо.

Це вимагає для вирішення ключових питань забезпечення безпеки та ефективності роботи більш жорстких та високотехнологічних методів самодіагностики, підвищення якості, швидкості виявлення і достовірності результатів, точної ідентифікації повітряних та наземних об'єктів, системи визначення “свій-чужий”. Слід очікувати, що в майбутньому збільшиться номенклатура БпЛА, а паралельно чисельність кваліфікованих експлуатантів, що зможуть швидко перепрофілюватися на зразки з оригінальними функціями.

Для того, щоб відповідати сучасним тенденціям на шляху до трансформації та адаптації ЗС України до війн сучасності потрібно мати на озброєнні сучасну автоматизовану техніку, що надасть переваги над противником, буде технологічною у виробництві та ремонті, забезпечить стійкість до вражаючих факторів існуючих і перспективних систем ураження, в тому числі розробленою на нових фізичних принципах.



## **ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНІСТІ ОПЕРАТОРІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ ДРОНІВ**

*В.М. Феденько; В.Т. Бояров; П.П. Кульба; О.М. Нідзій  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Ситуаційна обізнаність оператора дрону дозволяє оператору ефективно сприймати, аналізувати та реагувати на ситуації, що виникають під час виконання завдання. Це охоплює розуміння навколишнього середовища, в якому працює дрон, врахування потенційних небезпек, виявлення перешкод чи інших факторів, які можуть впливати на безпеку та ефективність випробувань.

Оператор дрону повинен взаємодіяти з різними даними, такими як зображення з камери дрона, дані з сенсорів, GPS-координати та іншою інформацією, враховуючи обмеження та правила експлуатації дронів у конкретних сферах.

Мета визначення чинників ситуаційної обізнаності операторів дронів при проведенні випробувань нових, більш флексібельних моделей з розширеними функціями та льотнотехнічними характеристиками полягає в визначенні та розумінні чинників ситуаційної обізнаності, що дозволяє оцінити, наскільки успішно нові функції взаємодіють з оператором у різних умовах та сценаріях. Це важливо для визначення ефективності та придатності нових моделей для конкретних завдань.

Врахування чинників ситуаційної обізнаності допомагає забезпечити ефективність пристосовуватися до різних сценаріїв використання, включаючи підвищену гнучкість управління та реакцію на зміни умов.

Отже, визначення чинників ситуаційної обізнаності допомагає покращити розробку, випробування та впровадження нових більш флексібельних моделей дронів, роблячи їх більш придатними для реальних умов та вимог користувачів.

## **ВИКОРИСТАННЯ УВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ТТХ БПАК ТЕХНІЧНИМ ВИМОГАМ МО УКРАЇНИ**

*С.В. Жданов, к.т.н., с.н.с.  
Державний науково-дослідний інститут авіації*

На сьогодні актуальним завданням перед науково-дослідними установами МО України та ЗС України стає науково-технічне супроводження процесу реалізації спрощених процедур постачання до ЗС України зразків БПАК, які розроблені промисловістю в рамках реалізації положень постанови Кабінету Міністрів України від 24 березня 2023 р. № 256.

Відповідно до положень даної постанови допуск до експлуатації БПАК здійснюється Міноборони: за результатами вивчення заявлених розробником ТТХ зразка, ознайомлення з результатами випробувань, проведених виробником, у разі відповідності технічним вимогам до типу БПАК.

Процес оцінки відповідності заявлених ТТХ БПАК технічним вимогам до типу БПАК може бути суттєво спрощеним (автоматизованим) та відповідно зменшений час для проведення оцінки за рахунок розроблення програмного модуля з використанням мови програмування Visual Basic for

Applications (VBA), що вбудована у програму Excel з пакету MS Office. При цьому елементи та конструкції VBA надають розробнику можливість створювати унікальні програмні модулі під задачу.

Програмний модуль, що був розроблений складається з форми користувача, тексту програми, форми для документування результатів розрахунку з оцінки ТТХ БпАК.

Подальша модернізація програмного модуля буде спрямована на удосконалення інтерфейсу форми роботи користувача з програмою, документування сенсу роботи, а саме електронного документу – звіту, з можливістю його подальшого друку. При цьому звітний документ повинен надавати користувачу об'єктивну та повну оцінку для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо допуску до експлуатації БпАК.

## **МУЛЬТИКОМПЛЕКТНІ АВІАЦІЙНІ ЗАСОБИ УРАЖЕННЯ HYDRA-70**

*Л.М. Кірдей; С.А. Калетнік; О.О. Гончаренко, к.е.н., доц.  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Військова допомога Україні від країн-партнерів, в тому числі, передбачає поставку авіаційних засобів ураження. У 2023 році пройшли випробування та допущені до експлуатації ракети Hydra-70 (70-мм авіаційна ракета, яку використовують для ураження техніки та живої сили), які, не зважаючи на “поважний вік”, залишаються актуальними завдяки своєчасним модернізаціям. Першими Hydra-70 були НАР типу FFAR (авіаційна ракета з хвостовим оперенням, що розкривається). Подальша їх модернізація була пов'язана із забезпеченням її стабілізації, збільшенням прицільної дальності та підвищенням точності за рахунок розробки універсального двигуна для всіх родів військ МК 66 MOD 4 та МК 66 MOD 6 з дворезимним РДТП, а також розробкою системи напівактивного лазерного самонаведення АРКWS, що перетворило НАР в КАР. Ракети встановлюються у 7- та 19-зарядні пускові установки різних типів (M260, M261, LWL-12, LAU-131/A, LAU-131A/A, LAU-61G/A, LAU-68F/A, LAND-LGR4, MLHS<sup>TM</sup>), які монтується на різні вертольоти, літаки та наземну техніку. Мультикомплектність АЗУ типу Hydra-70 дозволяє використовувати різні модифікації залежно від мети застосування, наявності та можливостей носіїв, а також обсягів фінансування. Проте, для підвищення, утримання, транспортування та безпечного застосування ракет з пускових установок на літальних апаратах знадобились перехідні пристрої, які були розроблені, виготовлені, пройшли випробування та допущені до експлуатації. Масовість виробу Hydra-70 та локалізація виробництв в країнах-партнерах, за умови стабільної передачі ракет, забезпечить підвищення бойової ефективності Збройних Сил України.

## **ОКРЕМІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БПЛА**

*В.М. Дихановський, д.т.н., с.н.с.; С.П. Почернін  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Застосування технологій штучного інтелекту (ШІ), зокрема на базі штучних нейронних мереж (ШНМ) в безпілотних літальних апаратах (БпЛА) включає в себе різноманітні аспекти, такі як автопілотування, навігація,

картографування, моніторинг місцевості (поля бою), підтримання тактичної обізнаності в реальному масштабі часу в якості елементів формування “єдиного цифрового поля бою” та/або елементів РУК (розвідувально-ударних комплексів) та багато інших аспектів.

Окремий інтерес становить питання тестування, прогнозування технічного (працездатного) стану джерел живлення БПЛА (акумуляторів), інтеграції в систему зінтегрованої логістичної підтримки (ILS) зразків ОВТ (БпЛА), моніторинг в реальному масштабі часу показників технічного стану джерел живлення під час польоту одиночних БПЛА та в групі (рої), алгоритми планування та виконання завдань з перехоплення і придушення ворожих БПЛА.

Технології ШІ дозволяють БПЛА працювати більш ефективно та самостійно, що робить їх надзвичайно корисними для різноманітних застосувань, включаючи військове використання, цивільний моніторинг та допомогу в надзвичайних ситуаціях та гуманітарних місіях.

Разом з тим варто зауважити, що застосування технологій ШІ (ШНМ) в БпЛА хоча і обіцяє надати розвідувально-ударним БпЛА, особливо FPV-дронам нових властивостей, що докорінно змінять рівновагу сил на полі бою, наразі не є таким “геймченжером”. Втім БпЛА з ШІ стають суттєвим фактором впливу на тактичну, а подекуди і оперативну обстановку в зоні бойових дій, по суті демонстратором технологій в реаліях майбутніх воєн.

## **СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО БЕЗПЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ РОЗВІДКИ ТА ПІДСВІЧУВАННЯ ЦІЛЕЙ**

*С.М. Андрухов*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Аналіз воєнних конфліктів останніх десятиліть свідчить про те, що стійкою тенденцією розвитку збройної боротьби є підвищення ролі високоточної зброї, яка дозволяє здійснювати ефективне вибіркове ураження найбільш важливих об’єктів противника.

Все це змушує вести активний пошук шляхів вирішення проблеми, одним з яких є розроблення сучасного безпілотного авіаційного комплексу розвідки та підсвічування цілей.

Призначення безпілотного авіаційного комплексу (БпАК) розвідки та підсвічування цілей обумовлюється результатами аналізу сучасних підходів до бойового застосування ракетних військ і артилерії (РВіА), досвідом ведення бойових дій зі збройними силами російської федерації та вимогами доктринальних документів.

Враховуючи зазначене, можна стверджувати, що основними завданнями, які виконує артилерійський підрозділ, оснащений БпАК розвідки та підсвічування цілей, будуть:

- ведення видової оптико-електронної розвідки наземних (надводних) цілей і об’єктів противника у видимому та інфрачервоному діапазонах;
- визначення координат, розмірів та інших характеристик об’єктів ураження (цілей);
- спостереження за положенням і діями противника;
- підсвічування нерухомих і рухомих спостережних одиночних броньованих та неброньованих цілей лазерним променем;
- цілевказання та коректування вогню артилерії;
- оцінювання результатів вогневого ураження противника.

## **РОЛЬ ТА МІСЦЕ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ СЬОГОДЕННЯ**

*Р.М. Животовський, к.т.н., ст.д.*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Досвід останніх локальних конфліктів свідчить про залучення великої кількості безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Проведений аналіз практики застосування БпЛА, дозволяє визначити їх основні задачі:

- ведення повітряної розвідки противника в реальному часі;
- стеження за найбільш важливими об'єктами (пунктами управління, пусковими установками та ін.);
- “підсвічування” цілей для засобів ураження;
- провокація використання вогневого ресурсу, боєприпасів засобами ураження та закидання засобів ураження;
- встановлення постановників перешкод, корегування вогню артилерії;
- ретрансляція сигналів між підрозділами, демонстраційні польоти БпЛА та ін.

З метою розширення можливостей наземних систем радіозв'язку та управління в доповіді проведено аналіз БпЛА вертолітного типу з вертикальним зльотом та посадкою.

На думку фахівців, БпЛА у ролі ретрансляторів мають бути здатні виконувати завдання ретрансляції протягом тривалого часу на значній висоті та споживати мінімально можливу кількість енергії. Тільки у цьому випадку БпЛА здатні забезпечити збільшення радіусу дії систем обміну інформацією протягом усього терміну виконання поставлених завдань.

## **НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ПАРАМЕТРІВ РУХУ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІЛОТОВАНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ – БПЛА**

*А.Л. Зірка, к.т.н.; О.О. Расстригін, д.т.н., проф.*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Складність обґрунтування льотно-технічних вимог до безпілотного літального апарату (БпЛА) при реалізації режиму сумісного польоту у бойових порядках з пілотованими літаками, а відповідно, і вимог до льотно-тактичних характеристик (ЛТХ) такого БпЛА, пов'язано з багатьма невідомими, є слідством того, що цьому питанню фактично не приділялося уваги у зв'язку з невизначеністю у такій потребі. Війна, що розв'язана рф проти України, підтвердила [1] перспективність цього напрямку та прискорила проведення відповідних досліджень.

Тому, ні досвіду експлуатації, а і тим більш володіння технікою пілотування при сумісних польотах у змішаних порядках пілотованої та безпілотної на даний час немає. Крім того, відсутній сучасний науково-методичний апарат дослідження процесів функціонування системи пілотований ЛА – БпЛА при виконанні бойових завдань.

За таких умов з метою обґрунтування та визначення вимог до динамічної системи пілотований літальний апарат – БпЛА при польотах у щільних

бойових порядках, необхідно розробити удосконалений науково-методичний апарат (НМА), що будується на використанні математичних моделей (ММ) та методик, що побудовані з урахуванням дослідження основного етапу функціонування запропонованої тактичної одиниці – пілотований ЛА – БпЛА при польоті у спільних порядках. Такий НМА, на відміну від існуючих, дозволить, крім обґрунтування вимог до обмежень значень параметрів БпЛА, що обумовлені впливом збурених вихрових слідів за ЛА, здійснювати оцінку можливості реалізації вимог, що обумовлені визначеними завданнями за призначенням.

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЗРАЗКІВ ІНОЗЕМНИХ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ КЛАСУ “ПОВІТРЯ-ПОВЕРХНЯ”, ЯКІ ДОЦІЛЬНО ІНТЕГРУВАТИ В СИСТЕМИ ОЗБРОЄННЯ ЛІТАКІВ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ**

*О.М. Каплюк; Є.В. Гончаренко, д.філос.  
Національний університет оборони України*

Після надходження в Україну зразків іноземних авіаційних засобів ураження, постало завдання щодо необхідності їх інтеграції в системи авіаційного озброєння наявного парку літаків Повітряних Сил Збройних Сил України.

Вирішено це завдання шляхом виготовлення спеціальних перехідних пристроїв і використанням штатних для зразків озброєння балкових тримачів і пускових пристроїв іноземного виробництва.

Приклади успішної інтеграції зразків іноземних авіаційних засобів ураження в системи авіаційного озброєння літаків радянського виробництва надали можливість подальшого розширення їх номенклатури.

З урахуванням набутого досвіду та наявності відпрацьованих конструктивних рішень визначено доцільність інтеграції в системи озброєння літаків тактичної авіації Повітряних Сил Збройних Сил України таких зразків іноземних авіаційних засобів ураження класу “повітря-поверхня”:

– літаки типів МіГ-29 та Су-27 – авіаційні бомби BLU-110/МК 83 з комплектами JDAM-ER GBU-32;

– літаки типу Су-25 – некеровані авіаційні ракети типів CRV7, Zuni та Hydra-70 з комплектами лазерного наведення;

– літаки типу Су-24 – авіаційні бомби BLU-109/МК 84 з комплектами JDAM-ER GBU-31, крилаті ракети AGM-158 JASSM-ER, TAURUS KEPD 350 та AGM-84K SLAM-ER.

### **РОЛЬ І МІСЦЕ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ У ВІЙНІ З РФ**

*В.В. Ісенко  
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Після двох років повномасштабної війни України проти російських загарбників, а особливо в нинішній час коли ракети, артилерійські снаряди та міни у Сил оборони по всій лінії бойового зіткнення з противником в обмеженій кількості, безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) стали одним з основних засобів за допомогою яких наноситься прицільне (точкове) ураження

противника на полі бою. З їхньою допомогою проводиться розвідка території, корегується стрільба артилерії і ракетні удари та безпосередньо знищуються важливі об'єкти, військова техніка, особовий склад противника, з мінімальною витратою боєприпасів та дронів.

Всі розуміють, що це війна новітніх технологій та нестандартних підходів до її ведення. Той хто краще в подальшому буде розвивати напрямок БпАК і масово та якісно їх застосовувати, матиме перевагу на полі бою та збереже життя своїм військовослужбовцям.

На даний час на фронті застосовують в частинах та підрозділах Сил оборони близько 90 різних типів БпАК. FPV працюють на відстані в глибину противника до 20 кілометрів, розвідувальні та коригувальні летять до 200 кілометрів, а ударні – до 800 кілометрів. Виробництво кожного з цих типів БпАК коштує великих фінансових витрат та ресурсів, але втрати противника, за допомогою яких вони завдаються, набагато більші, а збереженні життя та здоров'я наших військовослужбовців неоціненні.

В Україні виробники та волонтери значно збільшили виробництво БпАК, а науковці та інженери постійно шукають нові технологічні рішення та покращують їхні тактико-технічні характеристики.

Але на даний час наші військові частини та підрозділи Сил оборони відчують гостру потребу та нестачу в цих засобах. Тому задля пришвидшення нашої перемоги та звільнення окупованої території від загарбників, Україні необхідно приділяти уваги набагато більше такому виду озброєння як БпАК.

## **ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ПРОТИДІЇ**

*М.Г. Конвісар*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Успішне протистояння збройній агресії РФ на Україну можливе за умови розвитку військового мистецтва в умовах стрімкого розвитку технологій, появи нового озброєння та військової техніки.

Особливістю цієї війни є широке застосування військами Сил оборони України міні безпілотних літальних апаратів (БпЛА) тактичного рівня як для розвідки, так і для цілевказання та виконання інших бойових завдань. Наприклад, застосовуються міні-БпЛА для скидання саморобних міні-авіабомб, які кріпляться до підвісу.

Застосування даного типу БпЛА супроводжують ряд проблем:

– слабка потужність сигналу між БпЛА і пультом управління (чим сильніша потужність сигналу, тим складніше перехоплення);

– обмеження, пов'язані з польотними зонами, внаслідок чого за допомогою електронної гвинтівки можливе приземлення БпЛА;

– трансляція в ефір БпЛА свого ID і координат вихідної точки вильоту, що дає можливість противнику завдати удару по координатах вильоту.

Без усунення цих проблем міні-БпЛА з великою ймовірністю стане трофеєм, а оператор та особовий склад, що знаходиться поруч, стане ціллю для артилерійського або мінометного вогню.

Перспективними варіантами застосування сучасних ударних БпЛА є:

– обхід зон з розвиненою системою ППО;

– нанесення ударів великою кількістю БпЛА;

– координація діяльності з БпЛА вищого класу, що зависає на значній висоті і виступає своєрідним ретранслятором.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Д.В. Савчук*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Розвиток військових безпілотних авіаційних комплексів є важливим напрямком в сучасній військовій технології. Нижче подано деякі рекомендації щодо їхнього розвитку:

- продовжувати активно впроваджувати передові технології, такі як штучний інтелект;
- впроваджувати технічні рішення, які сприяють виконанню різноманітних завдань, такі як розвідка, атака та електронна боротьба;
- збільшувати рівень автономії для зменшення потреби в людському втручанні в операціях;
- забезпечити їх сумісність з іншими системами та озброєнням;
- розробляти стандартизовані протоколи комунікації для забезпечення ефективної взаємодії між різними видами військ;
- спрощувати інтерфейс управління для полегшення тренування операторів та зменшення часу, необхідного для вивчення системи;
- розглядати можливості використання віртуальної реальності та симуляторів для тренувань операторів;
- створювати робочі групи для вивчення й обговорення міжнародних стандартів та правил їх використання;
- поширювати досвід та співпрацювати із партнерами з інших країн для спільного розвитку цієї технології;
- залучати приватний сектор та науково-дослідні установи до спільних проєктів з їх розроблення та вдосконалення;
- сприяти створенню інноваційних технологій через грантові програми та конкурси.

Ці рекомендації можуть бути використані для подальшого розвитку військових безпілотних авіаційних комплексів, сприяючи збільшенню їхньої ефективності та універсальності в бойових умовах.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

*Т.В. Паращенко, д.філос.; В.В. Коломісць; Р.В. Місценко*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Існуюча практика забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) обладнання літальних апаратів вирішується пред'явленням визначених вимог по параметрам ЕМС до усього обладнання, що встановлюється на літальні апарати. Однак забезпечення цих вимог може призводити до суттєвого ускладнення та подорожчання обладнання а іноді – до неможливості створення обладнання, яке відповідає вимогам ЕМС. Разом з тим відсутня

повна гарантія, що знов встановлене обладнання буде ефективно функціонувати в конкретних умовах, оскільки більшість обладнання являє собою складні багатоблочні вироби, які мають протяжні з'єднувальні кабельні траси. Ці обставини не дозволяють проводити комплексні випробування ЕМС у лабораторних умовах, де розміри стендів обмежені. Крім того, стендові випробування ЕМС не враховують вплив реального розміщення об'єкту випробувань на літальному апараті.

У доповіді обґрунтовано напрями удосконалення методів оцінки електромагнітної сумісності при проведенні випробувань літальних апаратів Державної авіації України.

## **ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ БЕЗПЛОТНОГО ЛА**

*В.І. Сілков, к.т.н., доц.*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Стрімкий розвиток БпЛА вимагає безперервне їх удосконалення і оцінювання характеристик. Традиційні методики з розрахунку дальності та тривалості польоту вимагають використання таких компонентів як аеродинамічна якість апарату ( $K$ ), коефіцієнти корисної дії двигуна ( $\eta_{\text{дв}}$ ) та повітряного гвинта ( $\eta_{\text{г}}$ ). Це потребує для одержання аеродинамічної якості використання продуктів моделі ЛА в аеродинамічних трубах та складних методик для визначення ККД гвинта.

Для подолання цих недоліків у ЦНДІ ОВТ ЗСУ розроблена методика визначення аеродинамічних та льотних характеристик моделі в реальному польоті. По запису параметрів польоту, що визначають потужність двигуна, швидкість і висоту польоту пропонується визначити добуток коефіцієнтів  $K\eta_{\text{дв}}\eta_{\text{г}}$ , що складає так званий інтегральний показник якості ЛА ( $K_e$ ).

Іншими словами,  $K_e$  визначає загальну економічність ЛА в цілому з урахуванням його аеродинаміки, економічності двигуна витрат на повітряному гвинті.

Якщо знайти спосіб визначення  $K_e$  безпосереднє, то загальна економічність ЛА може бути визначена кількісно єдиним числом, що спрощує оцінку економічності як одного конкретного ЛА, так і порівняльну оцінку декількох апаратів по їх технічному рівню. Величина інтегрального показника якості спрощує особі, що приймає рішення, надавати об'єктивну оцінку зразку при прийнятті його на озброєння.

Досягнутий технічний рівень ЛА також може бути виражений більш повно величиною інтегрального показника якості  $K_e$ .

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АКУСТИЧНО-ОПТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ У СКЛАДІ АПАРАТУРИ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*О.В. Степаненко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Відомо, що за допомогою акустично-оптичних приладів здійснюється управління такими основними характеристиками оптичного випромінювання, як амплітуда, частота, фаза, поляризація та напрямок поширення світлового



пучка. Акустично-оптичні фільтри виділяють зі світла, що до них потрапляє з суцільним, лінійчастим або змішаним спектром, вузький інтервал оптичних довжин хвиль  $\Delta\lambda$  і забезпечують електронне переналаштування цього спектрального інтервала в широкому діапазоні оптичних частот.

Основною перевагою акустично-оптичних фільтрів, що переналаштовуються, є можливість швидкого, у реальному масштабі часу, електронного перетворення довжини хвилі відфільтрованого випромінювання.

До інших переваг фільтрів належить широкий діапазон електронного переналаштування довжини хвилі, робота у реальному масштабі часу, компактність і мала вага, мале енергоспоживання, можливість селекції випромінювання з поляризації світла, широке поле зору, велика світлосила, комп'ютерне керування пристроєм, можливість обробки оптичних зображень тощо.

Беручи до уваги перелічені особливості роботи акустично-оптичних фільтрів, що переналаштовуються, можна зробити висновок про перспективність їх застосування в системах дистанційного контролю над різними об'єктами. Ці прилади можна використовувати для спектрально-поляризаційного аналізу зображень за допомогою систем контролю, розміщених на різних платформах. Зокрема, акустично-оптичні фільтри зазначеного типу доцільно включати до комплексу апаратури, що встановлюється на безпілотних літальних апаратах.

## **ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РЕКОГНОСЦІРОВКИ НА МІСЦЕВОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*О.О. Болюбаш<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; В.В. Шулежко<sup>1</sup>, к.військ.н., доц.;  
О.В. Беспалько<sup>1</sup>; А.В. Шулежко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

<sup>2</sup>*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Досвід, отриманий під час локальних війн та конфліктів останнього десятиріччя, особливо в ході відбиття російської агресії проти України, свідчить про зростання впливу безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на ефективність бойових дій підрозділів, частин і з'єднань ЗС України. Різноманітні можливості БПЛА дозволяють вирішувати складні завдання повітряної розвідки, всебічного висвітлення обстановки на полі бою, корегування вогню, пошуку та знищення груп живої сили і техніки противника, цілевказівки, корегування вогню артилерії.

При діях щодо рекогносцировки командири відповідного рівня досить часто вирішують організаційні питання щодо забезпечення підрозділів, частин БПЛА та їхнього використання на свій розсуд, що призводить до зниження ефективності бойового застосування безпілотних літальних апаратів.

Дослідження можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для проведення рекогносцировки на місцевості в умовах війни показало, що ця технологія має великий потенціал у поліпшенні оперативної розвідки та забезпеченні безпеки військовослужбовців.

Переваги використання безпілотних літальних апаратів для рекогносцировки очевидні. Вони здатні швидко та ефективно проникати на ворожу територію, збирати інформацію та передавати її в реальному часі.

## **ЗАСТОСУВАННЯ РОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ІМІТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*А.В. Шулежко; В.В. Шевага; С.М. Казначей; О.В. Журна  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

У сучасному військовому конфлікті, де технології стають все більш ключовими, розвиток та вдосконалення безпілотних літальних апаратів (БпЛА) стає невід'ємною складовою стратегічного планування та виконання бойових операцій. Однією з передових технік використання БпЛА є їх застосування для імітації повітряних цілей умовах війни.

Можна виділити 4 основних напрямки застосування:

- тренування та симуляція;
- тестування та валідація систем;
- військові навчання та вправи;
- технічна розвідка та збір інформації.

Рої БпЛА, що імітують повітряні цілі, можуть використовуватися для проведення технічної розвідки та збору інформації про ворожі сили. Вони можуть виявляти розташування ворожих цілей, наглядати за їх рухом та діяльністю, що надає військовим командирам важливі дані для прийняття стратегічних рішень.

Застосування рою БпЛА також дозволяє проводити тестування та валідацію систем протиповітряної оборони. Використання реальних БпЛА для імітації реальних повітряних цілей надає можливість перевіряти ефективність та надійність радарів, систем керування вогнем та інших компонентів протиповітряної оборони у реальних умовах.

Застосування рою БпЛА для імітації повітряних цілей в умовах війни надає військовим силам значні переваги у тренуванні, тестуванні та виконанні бойових операцій. Дозволяє підвищити ефективність та надійність військових сил, зменшуючи ризики для життя військових пілотів та операторів забезпечуючи важливою інформацією для стратегічного планування та виконання операцій в умовах війни.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ БОЙОВИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ**

*В.А. Григоренко  
Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та  
судових експертиз Служби безпеки України*

Створення роботизованих систем під час відсічі збройної агресії з боку росії є питанням актуальним. В цей час засоби пересування в аерокосмічній галузі за сучасних умов виявляються широко насиченими різними електронними засобами, об'єднаними в єдиний програмно-апаратний комплекс, який часто називають бортовою інформаційно-керуючою системою (БІКС). Структура сучасних БІКС багато в чому визначена заздалегідь, тому завдання створення нових БІКС полягає в пошуку такого варіанту реалізації, який крім виконання визначеного функціоналу, який покладений на конкретний виріб, використовує сучасні технології, доступну елементну базу, галузеві стандарти тощо. За своєю функціональною

структурою БКС має складатися з сукупності таких елементів: комплект датчиків, контролери, бортовий комп'ютер, пристрої відображення інформації та сукупність виконавчих елементів системи керування транспортних засобів.

Під час обробки інформації від датчиків необхідно здійснити попередню обробку сигналів: їхнє нормування, посилення, фільтрацію, лінеаризацію, аналого-цифрове перетворення та інше. Наведена система має суттєвий недолік. Якщо вся обробка даних здійснюється у єдиному обчислювачі, він виявляється занадто перевантаженим, тому що багато часу витрачається на формування інформаційних повідомлень, що може призвести до втрати інформації з датчиків у критичних ситуаціях.

Тому доцільно функції збору та попередньої обробки інформації з датчиків і формування інформаційних повідомлень та виконувати ці функції різними обчислювачами. Розглядаються пропозиції стосовно удосконалення структури бойових роботизованих систем з використанням так званих “розумних” датчиків.

## **БОЄПРИПАСИ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*М.М. Середенко; В.І. Кисільов; Р.В. Юрченко*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

В технологічному плані, війна РФ проти України спричинила фактичну появу нового роду військ – безпілотної ударної авіації, що стало результатом усвідомлення виключної важливості БпЛА на полі бою.

Досить швидко після початку повномасштабної агресії проти України, військовослужбовці Сил Оборони України (СОУ) дійшли висновку, що БпЛА, навіть неспеціалізовані і невійськові, можуть допомагати на полі бою і завдавати точних і руйнівних ударів по противнику. Разом з тим, виявилось, що боєприпасів, які могли б бути використаними для прицільних бомбардувань противника з цивільних дронів на озброєнні немає, та, власне, і штатних дронів для таких бомбардувань немає.

Як наслідок, потреба військовослужбовців у засобах ураження з дронів спричинила появу низки саморобних пристроїв на основі перероблених гранатометних пострілів ВОГ-17 та ВОГ-25, а також використання кумулятивних гранатометних пострілів під скид з дронів.

Процес подібних трансформацій вимагає високої професійної майстерності і знання будови пострілу від механіка (оператора) дрона.

Досить прикро визнавати, що, незважаючи на те, що першопрохідцями у питанні бомбардування ворога скиданням з цивільних дронів були СОУ, перші спеціалізовані боєприпаси для таких потреб потрапили на фронт російсько-української війни з російського боку літакового типу влітку 2022 року. Перші ж українські спеціалізовані боєприпаси потрапили на фронт восени 2023 року і досить лімітованою партією.

Літо 2023 року засвідчило черговий етап ризвитку безпілотних систем ураження (БСУ) в ході російсько-української війни. Цього разу фактором, який видозмінив поле бою з обох боків можна назвати масову появу FPV-дронів.

Якісними перевагами FPV-дронів перед цивільними невійськовими, а також допущеними до експлуатації в СОУ спеціальними БпЛА є їх низька вартість, можливість налаштувати під користувача, більша (порівняно з цивільними БпЛА) вага корисного навантаження.

Водночас, низька собівартість на більше корисне навантаження перетворили FPV-дрони на масове явище на полі бою.

З огляду на низьку собівартість та можливість забезпечення підрозділів СОУ FPV-дронами та комплектуючими для їх виготовлення в польових умовах з мінімальним залученням державного апарату, поки що ситуація з насиченістю бойових порядків подібними системами можна назвати паритетною.

Як бачимо, на кожному етапі еволюції БЗУ в ході російсько-української війни, Україна, завдяки більшій мобільності громадянського суспільства і активному долученню приватної (волонтерської) ініціативи до забезпечення СОУ необхідним, виступала локомотивом внесення змін у характер збройної боротьби з використанням зазначених засобів.

## **WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF TRAINING OF FLIGHT AND ENGINEERING STAFF THROUGH THE USE OF SPECIALIZED MATHEMATICAL SOFTWARE PPV-1**

*R. Kozyrev; R. Godunov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the results of the analysis of the process of flight crew (FC) operation with the PPV-1 pilot sighting sight, it was determined that the preparation of FC for the use of the sighting sight will be reasonably effective with the help of the specialized mathematical software (SMS), which provides simulation of its operation in certain modes in the conditions of combat flight of these aircraft.

The developed SMS is built on a modular principle with the use of object-oriented programming technologies and allows visualization of the operation of the Su-24M airborne sighting sight PPV-1 using a personal electronic computer (PC) in the Windows operating environment, and visual simulation of the operation of the PPV-1 airborne sighting sight in certain sighting modes.

Based on the results of the research, a simulation system for simulating the operation of the PPV-1 pilot sighting sight was developed.

The introduction of interactive teaching methods in the training of flight personnel creates the basis for optimizing the educational process and increasing its effectiveness.

The report presents the results of the development using the SMS and methodological recommendations for the use of the created SMS, proposals for amendments to the curriculum of the disciplines "PNS-24M targeting and navigation system and its combat use" and "PNS-24M targeting and navigation system".

## **ВИБІР МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГОМОСТІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*О.Є. Мавренков, д.т.н., с.н.с.; С.В. Матвійчук  
Державний науково-дослідний інститут авіації*

Проведено аналіз відомих методів визначення коефіцієнтів вагомості (КВ) показників технічної досконалості/тактико-технічних характеристик (ПТД/ТТХ) при оцінюванні властивостей безпілотних

авіаційних комплексів (БпАК). Визначено переваги і недоліки таких методів та особливості їх застосування.

Зазначені методи класифіковані авторами як: неформальні, в основу яких покладаються аспекти виявлення, узагальнення та оброблення думок експертів, шляхом їх опитування; формальні, які оперують аналітичними (математичними) виразами показників, що характеризують ефективність застосування (якість) БпАК як функціональну залежність від їх ПТД/ТТХ і дозволяють математично описати процес функціонування БпАК.

Дослідження авторів було зосереджено на аналізі формальних методів, які значною мірою дозволяють уникнути недоліків неформальних методів, пов'язаних з негативним впливом суб'єктивного фактору при формуванні думок експертів.

Серед формальних методів виділено метод теорії чутливості, що дозволяє кількісно оцінити відносну важливість (вагомість) за величиною приросту узагальненого показника ефективності застосування (якості) БпАК при варіюванні кожного окремого ПТД/ТТХ від його (її) мінімального до максимального значення.

Використання методу теорії чутливості для розрахунку КВ передбачає проведення експериментів на математичній (імітаційній) моделі бойового застосування БпАК. Подальші дослідження авторів зосереджено на розробленні такої математичної моделі.

## **КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ПРИДАТНОСТІ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПЛОТНИХ АВАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ДО РОБОТИ ЗА ФАХОМ ЗА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ**

*С.М. Пашковський<sup>1</sup>, к.мед.н., доц.; Н.В. Коваль<sup>1,2</sup>;  
Г.Л. Богуш<sup>1,2</sup>; В.Ю. Ангельська<sup>1,2</sup>*

*<sup>1</sup>Військово-медичний клінічний центр Центрального регіону;*

*<sup>2</sup>Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*

Розвиток сучасних технологій, зокрема безпілотних авіаційних комплексів (БпАК), набуває все більш вагомого значення. Такі сучасні системи є складними для безпечної експлуатації, тому для операторів важливо отримати якісне навчання та пройти професійний відбір. Для розробки нових підходів до психофізіологічного відбору операторів було обстежено 219 таких спеціалістів віком від 18 до 40 років, які мали досвід управління БпАК та залучались до виконання широкого спектру професійних завдань. Для визначення їх психофізіологічного стану використовували програмно-апаратний комплекс "ПФИ-2". При цьому реєструвались наступні показники: швидкість реакції на рухомий об'єкт, концентрацію уваги, просторове орієнтування, оперативну пам'ять, зорово-моторні реакції, функціональну рухливість та силу нервових процесів, тощо. Для виділення комплексу інформативних показників, які можуть найкраще ділити операторів на 3 кластери, був застосований покроковий дискримінантний аналіз. Розроблено технологію отримання психофізіологічних профілів професійної придатності. Показано шляхи оцінки потужності цих профілів. Запропоновано принцип "необхідного різноманіття" при здійсненні професійного психофізіологічного відбору операторів, які працюють в умовах з підвищеною небезпечкою. Розроблено технологію графічного представлення психофізіологічних

профілів операторів БпАК з метою визначення ступеня їх придатності до роботи за фахом.

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ РОЗВІДУВАЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*С.М. Усенко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Розвиток розвідувальних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є важливим напрямком у сучасній технології. Однак, існують деякі проблемні питання, які потребують уваги для подальшого розвитку цієї галузі.

Однією з ключових проблем є підвищення рівня автономності БПЛА для забезпечення їх ефективної роботи без постійного керування оператором. Це можливо шляхом вдосконалення систем штучного інтелекту та автопілотів для прийняття рішень у складних ситуаціях.

Забезпечення захисту конфіденційності та цілісності зібраних даних є важливою проблемою. Шляхи вирішення включають шифрування даних, захист від хакерських атак та розроблення безпеки на рівні апаратної частини.

Підвищення дальності польоту та енергоефективність роботи БПЛА. Використання новітніх матеріалів та оптимізація систем керування енергією дозволять їм працювати довше та далі, зменшуючи залежність від заряду.

Проблеми, пов'язані з регулюванням використання БПЛА в цивільних та військових сферах, вимагають розроблення відповідних законодавчих актів та стандартів безпеки.

Розвиток нових технологій у сфері сенсорів, камер, радіоелектроніки та механічних систем є ключовим для покращення функціональності та ефективності БПЛА.

Шляхи вирішення цих проблем включають інвестиції у дослідження та розвиток, міжнародне співробітництво для обміну найкращими практиками, а також регулярне оцінювання ризиків та вдосконалення систем безпеки.

## СЕКЦІЯ 6

### ТАКТИКА ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК, РОЗВИТОК, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, РЕМОНТ ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗРВ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: полковник Палагута В.В.  
д.т.н. проф. підполковник Лук'янчук В.В.  
Секретар секції: підполковник Луценко А.С.

### ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПРИКРИТТЯ ДЕРЖАВНИХ ТА ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ

*С.В. Шамко<sup>1</sup>; А.О. Бережний<sup>2</sup>, к.т.н.; К.С. Васюта<sup>2</sup>, д.т.н., проф.*

*<sup>1</sup>Командування Повітряних Сил Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Повітряні Сили Збройних Сил України від початку повномасштабної збройної агресії набули значного досвіду з організації протиповітряної оборони (далі – ППО), ведення протиповітряних боїв із сучасними складними для ураження засобами повітряного нападу, створення змішаних, мобільних підрозділів зенітних ракетних військ (далі – ЗРВ), підготовки бойової обслуги на новітні зенітні ракетні комплекси країн-партнерів, створення нової організації логістичного забезпечення.

В ході застосування частин і підрозділів ЗРВ засвоєні нові способи і прийоми вогневого ураження широкого спектру засобів повітряного нападу (далі – ЗПН), від балістичних і крилатих ракет до малорозмірних малопомітних малошвидкісних безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА).

У доповіді наводиться аналіз: досвіду досягнення отриманих результатів із набуття спроможності ППО і протиракетної оборони (далі – ПРО) оборони важливих державних і військових об'єктів, об'єктів критичної інфраструктури та угруповань військ (сил); шляхів подальшого розвитку системи зенітного ракетного прикриття, здатної ефективно протидіяти ЗПН у майбутньому; особливостей виконання завдань із зенітного ракетного прикриття об'єктів і військ силами ЗРВ від ударів ЗПН різних типів; взаємодії ЗРВ з частинами і підрозділами ППО Сухопутних військ Збройних Сил України і Військово-Морськими Силами Збройних Сил України.

Надається аналіз тенденцій розвитку ЗПН противника, змінювання їх чисельного і якісного складу, тактики їх застосування. Окремо розглядаються загрози застосування гіперзвукової зброї, балістичних ракет і масованого застосування БпЛА та шляхи протидії цим загрозам силами та засобами ЗРВ.

Надаються оцінки бойових спроможностей ЗРВ на перспективу щодо захисту важливих державних, військових і інших об'єктів від ударів ЗПН, результати аналізу можливостей створення вітчизняних зенітних ракетних комплексів і отримання зенітного ракетного озброєння від країн-партнерів.

Зроблено висновок, що тенденції розвитку збройної боротьби в повітрі потребують комплексного вирішення питань розвитку спроможностей

розвідки ЗПН, управління силами і засобами ППО та ЗРВ зокрема. Перспективними викликами для ЗРВ є балістичні, аеробалістичні та гіперзвукові ракети, керовані планеруючі авіабомби, масовані групи БпЛА.

Удосконалення системи зенітного ракетного прикриття є важливим завданням для забезпечення національної безпеки і оборони України та потребує негайного розв'язання на державному рівні.

## **METHODOLOGICAL BASICS FOR ESTABLISHING DESIGNATED INDICATORS OF THE ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES**

*V. Lukianchuk<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor; S. Balychev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

During the development of anti-aircraft guided missiles (AAGM), simultaneously with the requirements for functional properties, the requirements for reliability indicators and assigned indicators must be substantiated. Correctly set parameters of the control system and its components will ensure their safe operation with the specified efficiency. At this time, the existing scientific and methodological apparatus for setting the designated indicators of the AAGM does not allow them to be optimally set, which leads to significant costs of financial, time and other resources, and requires improvement.

The requirements for the reliability of AAGM and their confirmation methods at all stages of the life cycle are a component of the AAGM reliability management mechanism, therefore they must be interconnected and based on single "test models" when standardizing reliability and during their control at all stages of the life cycle.

The report examines the main methodological aspects (the concept of "requirements for the reliability of AAGM", "setting requirements", etc.), a generalized scheme for the comprehensive justification of requirements for the reliability of AAGM and the establishment of their assigned indicators, methods of monitoring their implementation.

Variants of setting requirements for the reliability of AAGM and their main parts are analyzed, taking into account the possibilities of their confirmation at the stages of the life cycle, a rational nomenclature of their assigned indicators is provided. The rational form of the requirements for the reliability indicators of the AAGM and their constituent parts is substantiated.

Examples of setting requirements for reliability indicators and assigned indicators of medium-range air defense systems are given, the economic effect of the implementation of the proposed methodological bases for establishing the assigned indicators based on the results of modeling is evaluated.

## **ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF COUNTERING ENEMY PRECISION WEAPONS**

*S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; M. Kondratiuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the Russian-Ukrainian war shows that a decisive role in achieving military and political goals is played by precision weapons as the main means of delivering precision strikes.



The adoption of modern models of weapons and military equipment into service with the armed forces implies the emergence of new forms and methods of its use.

The introduction of indicators and criteria for assessing the effectiveness of combating high-precision enemy weapons will allow us to assess the rationality of organizing anti-aircraft missile defense. The following indicators can be considered: the probability of an object being hit, the probability of air defense systems being detected by enemy aerial intelligence, the probability of a unit escaping from the attack after the use of high-precision weapons, the probability of a defensive structure being penetrated by a high-precision weapon, and the indicator of the vulnerability of objects to enemy high-precision weapons.

In order to determine the criterion of enemy's precision weapons counteracting effectiveness' during the organization of anti-aircraft missile defense of units and objects, it is necessary to calculate the achievable values of the introduced indicators for specific conditions (type of air defense unit, availability of air target reconnaissance means and their characteristics, type of air attack means).

The probability of defeating a unit by enemy high-precision weapons can be reduced by creating decoy positions, increasing the range of detection of enemy air attack means, and reducing the time for air defense systems to be employed.

Approaching the indicator values of objects vulnerability to enemy precision weapons strikes to certain criteria allows to negate the advantages of precision weapons, and neglecting measures aimed at reducing any of its components increases the enemy's chances of destroying the objects of attack.

### **PECULIARITIES OF ASSESSMENT AND CONTROL OF RELIABILITY OF PROPULSION SYSTEMS OF SOVIET-MADE ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES DURING RESTORATION WORK**

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
I. Koval, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Popov,  
M. Dolyna, Candidate of Military Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The requirements for restoring the performance of Soviet-made anti-aircraft guided missiles (AAGM) for further safe operation create certain difficulties in making decisions on the safety and reliability of their components, which are not tested with instrumentation and, accordingly, for which the designer has established the designated indicators. The operational documentation (OD) defines the procedure for operating these AAGMs only within the specified warranty periods. In addition, the operational documentation for these electronic devices does not provide for the procedure for monitoring the technical condition and reliability of components that are high-risk products, which directly affects the safety and service life of AAGMs. Such products include the engine system as a whole and its components, warhead, safety and executive mechanism, etc.

The report, using the example of AAGM 9M83, considers the peculiarities of assessing and controlling the reliability of their propulsion systems during restoration work based on the analysis of their composition, design, functional relationships of structural elements, and operating results. The nomenclature of reliability indicators of propulsion systems and their main components is determined, their structural and functional reliability schemes are developed, taking into account the functional interconnections of the elements of the propulsion system

and the processes occurring in solid rocket engines and the possibility of monitoring the technical condition of its components and elements. The main design relations are given and the necessary types of work are determined to obtain reliable estimates of the reliability of the components of the AAGM 9M83 rocket engine, as well as methods for monitoring the determined reliability indicators.

The use of these features will ensure the required level of danger of the AAGMs during further operation.

### **PROSPECTIVE AIR DEFENCE MISSILE BRIGADE' CONTROL POINTS SYSTEM STRUCTURE WITH MIXED UNITS**

*S. Yarosh<sup>1</sup>, Doctor of Military Science, Professor;*

*O. Reznichenko<sup>1</sup>; V. Palahuta<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

According to the analysis of the experience gained during the Russian-Ukrainian war, an anti-aircraft missile brigade (AAMB) should have a sufficient number of units armed with various types of air defense systems capable of performing the tasks of anti-aircraft and anti-cruise missile defense, tactical missile defense and anti-UAV operations.

The main factors influencing the prospective air defense missile brigade' control points system structure are its mixed configuration and significant spatial dispersion of tactical fire units' groups that make up its configuration.

In the course of the study, the advanced air defense missile brigade' control points system structure with mixed configuration is pro-posed. The main elements of this structure can be: the primary control point (including a mobile one); tactical control point (of different forms and functions depending on the situation) and logistics control point.

The functions distribution between different control points and the order of their relocation in the course of combat operations of a prospective AAMB with mixed configuration are pro-posed.

The main problematic issues of AAMB management organization with mixed configuration are as follows: a significant spatial dispersion of the tactical fire units positional areas; a variety of tasks performed by the brigade in the course of anti-aircraft, anti-cruise missile and tactical missile defense; a variety of defense objects (important state facilities, infrastructure facilities, forces groupings); the need to control different types of air defense systems of different ranges; the need to organize missile technical support with a significant number of different types of missiles, etc.

### **GROUNDING METHODOLOGY A RATIONAL OPTION OF THE COMBAT ORDER TACTICAL PART AIRCRAFT MISSILE TROOPS FOR ANTI-AIRCRAFT MISSILE DEFENSE**

*S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; O. Rohulia*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The destruction of cruise missiles in the process of flight to the objects of impact determined by them takes place, as a rule, on linear sections of the routes of their movement. This is achieved, first of all, by the correct selection of positions, the

rational construction of battle orders of units that are part of the anti-aircraft missile forces, and the creation of conditions for the maximum realization of their combat capabilities.

In order to organize uniform circular anti-aircraft missile, cover of the object to repel the impact of cruise missiles, it is necessary to determine the minimum required number of TFU (tactical fire units). In the course of increasing the distance of the location of the military unit from the boundary of the cover object, when reducing the mathematical expectation of the number of targets destroyed by the tactical part per unit, one more military unit must be added to cover the object to ensure the invariance of the effectiveness of the cover. It is advisable to calculate the increase in the number of tfu from two or more using the geometric method using templates of tfu damage zones and their angular spread. The results of the calculations and simulation-statistical modeling indicate that the distances of the air defense positions from the boundary of the object, at which the maximum effectiveness of combat operations is achieved in the implementation of anti-aircraft defense and anti-cruise missile defense at extremely low altitudes, are different. The novelty of the method lies in the fact that, unlike the known ones, it takes into account the peculiarities of the implementation of air defense zones for such a specific type of air attack as a cruise missile, determines the minimum necessary number of air defenses to cover objects of different sizes, subject to the condition of their mutual cover, when choosing the order of battle, the tfu allows you to take into account the averaged effectiveness of all missile-dangerous directions for each analyzed option.

### **THE IMPACT ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS' OPEN ARCHITECTURE ON THE FIREPOWER CAPABILITIES OF TACTICAL FIRE UNITS ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCES**

*S. Yarosh, Doctor of Military Sciences, Professor; D. Melenti  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat use of tactical fire units (TFUs) of anti-aircraft missile forces (AAMF) shows a steady increase in the dynamics and rapidity of combat operations, which dictates the need to make informed and prompt decisions on the use of anti-aircraft missile weapons. At the same time, it is necessary to ensure not only the destruction of modern air attack means (AAM), but also the preservation of the main subsystems – information, fire and control.

A set of kill zones built relative to launchers, self-cover zones, mutual cover forms the structure of the firing space of the (TFUs). Units with different structures of the firing space have different values of indicators that characterize the firepower capabilities.

The open architecture of the latest anti-aircraft missile systems requires changes in approaches to the organization of the anti-aircraft missile cover system, in particular to the choice of options for building combat formations.

The main indicators for assessing the impact of anti-aircraft missile systems' architecture on firepower are the size of the unit's fire zone (as opposed to the kill zone), the mathematical expectation of the number of enemy AAMs destroyed, the number of firings of the TFU, the density of anti-aircraft missile fire to a given boundary, and the firepower of the TFU of AAMF.

When substantiating the rational combat order of an open-architecture TFU, the task of assessing the effectiveness of its combat operations for different options for

constructing these formations arises. In this case, the relevant indicators and criteria need to be substantiated, the values of which will be influenced by the size and configuration of the firing zone of the TFU of AAMF, as well as its layering and stability during an anti-aircraft combat.

### **PROBLEM ISSUES OF THE OPERATION AND REPAIR OF FOREIGN-MANUFACTURED ANTI-AIRCRAFT MISSILE WEAPONS**

*V. Lukianchuk<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
B. Vasyliiev<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; S. Balychev<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military Unit A3017;  
<sup>3</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

The help of the partner countries during the full-scale invasion of the Russian Federation by means of air defense, along with an undeniable positive effect, led to the emergence of a number of problematic issues due to the difference in approaches to maintaining the combat readiness of anti-aircraft missile weapons samples. For example, differences in procedures, periodicity of maintenance activities, current repairs, requirements for the qualification of service personnel, etc. The importance of ensuring the speed of recovery of samples of anti-aircraft missile weapons after operational failures and combat damage require significant elaboration of measures for the technical operation of anti-aircraft missile weapons samples.

Proposals have been developed to solve problematic issues of operation of the specified weapons by creating a single integrated system of technical operation and repair of anti-aircraft missile weapons samples. The components of the specified system, their functions, and main tasks are considered. Measures for the integration of the elements of this system for each type of weaponry into a single system for maintaining the combat readiness of anti-aircraft missile forces at the tactical and operational levels and the procedure for their implementation are given.

### **APPLICATION OF PASSIVE RECEIVERS BY UNITS OF THE AIRCRAFT MISSILE FORCES IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR**

*M. Popov; V. Maliuha, Doctor of Military Sciences, Senior Researcher;  
O. Porokhonchuk; N. Popova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war proved the effectiveness of using passive receivers to solve some combat tasks by units of anti-aircraft missile forces. During the execution of tasks, individual anti-aircraft missile divisions, and more recently mobile fire groups, interacted with radio-electronic intelligence units, which made it possible to track the trajectory of enemy unmanned aerial vehicles without radiation. This makes it possible to reduce the working time of the anti-aircraft missile complex, to accompany unmanned aerial vehicles, to destroy them and to ensure high survivability of the unit.

Systematic radio interception makes it possible to detect the fact of the approach of a strike group of air attack means to the area of hostilities due to the radio exchange of this group with the cover group and orientation of units of radio technical troops. Using this method of detecting new means of enemy air attack, there is additional time for alerting our troops (up to 10 minutes), and units of radio

engineering troops have the opportunity to orientate themselves on the detection of targets from the appropriate direction.

The system of passive receivers can be used as a separate source of information about the coordinates of an inconspicuous aerial object, or as an addition to the main radar station.

The mentioned positive experience of combining passive radar information and information about the air enemy, obtained by radio interception, shows the need for the comprehensive use of all forces and means of reconnaissance of the air enemy and allows to significantly increase the timeliness and reliability of information issued to consumers.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE USE OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS TO DESTROY ENEMY GUIDED AIRCRAFT (AIRPLANE) BOMBS AND THEIR CARRIERS**

*V. Voronin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Tretiak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Over the past few months, aircraft of the Russian occupation forces have intensified their attacks on military facilities and critical infrastructure of our country along the line of contact and the state border.

The report analyses the aircraft carrying guided aerial bombs and the ways in which such bombs are used by the Russian occupation forces, and considers the capabilities of the anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine to destroy guided aerial bombs and their carriers. Proposals are made on the tactics of the anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine armed with medium-range anti-aircraft missile systems to combat aircraft carrying guided aircraft bombs and recommendations for firing on such air targets, taking into account advanced aviation weapons.

Thus, by destroying aircraft carrying guided aerial bombs, the anti-aircraft missile units of the Air Forces of Ukraine provide anti-aircraft missile cover for military facilities and critical infrastructure of our country and reduce damage from air strikes within their sectors (zones) of responsibility.

### **METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS ON THE USE OF FOREIGN-MADE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS**

*S. Novichenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; D. Dovhaliuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report provides methodological recommendations on how to deploy elements of anti-aircraft missile systems, create a radar reconnaissance system and perform manoeuvres.

The principles that guide the deployment of elements of anti-aircraft missile systems of the NASAMS type and the implementation of which allows to build an effective anti-aircraft missile cover for objects (troops) are presented. These principles include "mutual support", "overlapping of kill zones", "balanced firing zone", "weighted cover", "advance destruction" and "defence echeloning".

The report states that the radar reconnaissance of the anti-aircraft missile unit of the Air Force of Ukraine, which is equipped with the NASAMS anti-aircraft missile

system, is provided by regular radar stations and stations of other NASAMS units through a single data transmission network. The radar reconnaissance system also includes radar information sources that can be used to guide anti-aircraft guided missiles at air targets and are connected via the appropriate data transmission channel using the Asterix protocol.

It is noted that the periodic change of positions by elements of the combat order of the anti-aircraft missile troops of the Air Force of Ukraine, which is armed with the NASAMS anti-aircraft missile system, should be carried out alternately, avoiding the simultaneous movement of several of its elements, which will maximise the firepower of the unit in the event of a sudden air strike by air attack.

### **METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING COMBAT CAPABILITIES OF VARIOUS TYPES OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES DURING LONG-TERM OPERATION**

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*I. Koval, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*V. Popov; D. Kalugin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At present, the Air Force of Ukraine operates both physically and morally obsolete Soviet-made anti-aircraft missile complexes (AAMCs) of the last century and modern (new) foreign-made AAMCs. These types of AAMCs have different calendar durations of operation and are characterized by different levels of technical condition and reliability of ground combat vehicles (GCVs) and anti-aircraft guided missiles (AAGMs), which significantly affects the effectiveness of their intended use. In this regard, when substantiating programs for the development of anti-aircraft missile weapons, in terms of determining the quantitative and qualitative composition of AAMCs required to effectively address the task of air defense of Ukraine, it is advisable to use estimates of the combat potential of AAMCs, taking into account the calendar duration of their operation.

The report discusses the methodological aspects of assessing the combat potential of air defense systems during their calendar operation, as a function of the level of technical condition and reliability of their GCVs and AAGMs. In addition, when calculating the combat potential of each type of AAMC, the parameters of its typical cyclogram of intended use and the tactical and technical characteristics of enemy air attack assets and AAMC of this type are taken into account. This takes into account the initial technical condition of the GCVs of AAMCs and AAGMs, its changes in the process of waiting for the intended use, as well as changes in their technical condition and level of reliability depending on the calendar duration of operation. The results of modeling the dynamics of the combat potential of air defense systems in service with the Air Force of Ukraine in the destruction of ballistic, aeroballistic, cruise missiles of various types and striking unmanned aerial vehicles are presented.

The developed methodological aspects of assessing the combat capabilities of various types of air defense systems during long-term operation should be used in the development of plans for the technical re-equipment of the Ukrainian Air Force with air defense systems and air defense systems, which will make it possible to create a highly effective air defense system of Ukraine.

**JUSTIFICATION OF THE OUTLINE OF SUBSYSTEMS  
OF FIRE AFFECTION OF SYSTEMS FOR FIGHTING  
WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
I. Nikolaev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
H. Misiuk, Ph.D.; S. Doncov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the important issues of creating a complex system for combating unmanned aerial vehicles (UAVs) is the substantiation of the composition and structure of the subsystem of anti-aircraft missile and artillery fire damage of small-sized UAVs during their mass application. In order to successfully destroy these targets, a special subsystem for combating small UAVs should be created within the framework of the unified air defense system, which should be structurally and functionally interconnected with other subsystems as part of the unified air defense system of objects and military formations. It is shown that a successful fight against UAVs is possible on the basis of the creation of a multi-echelon anti-UAV fire system, which should include various types of anti-aircraft missile and anti-aircraft artillery complexes that have relatively high reconnaissance and fire capabilities for detecting and firing at small targets. In order to detect UAVs, a promising anti-UAV system should include intelligence tools that have better reconnaissance capabilities when working with targets with extremely small effective dispersion areas, as well as create special channels for priority transmission and exchange of intelligence information about UAV flights. It is shown that the development of specialized anti-aircraft weapon systems is necessary to increase the effectiveness of defeating small UAVs with anti-aircraft fire. The main directions of improvement of means of fire damage to UAVs are the development of small, cheap anti-aircraft guided missiles, as well as increasing the efficiency of destruction of small-sized, low-speed air targets by anti-aircraft means on their flight trajectories.

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF JUSTIFICATION  
OPERATIONAL AND STRATEGIC REQUIREMENTS  
AND OUTLINE NON-STRATEGIC MISSILE DEFENSE SYSTEMS**

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
I. Terebukha, Candidate of Technical Sciences;  
I. Nikolaev, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The continuous growth of the combat capabilities of the enemy's non-strategic ballistic weapons (NSBW) and methods of their combat use necessitates the improvement of the scientific and methodological apparatus for substantiating the outline and operational-strategic requirements (OSR) for the non-strategic missile defense system (NSMD).

The report describes a methodological approach to solving the problem of substantiating the OSR to the NSMD system, the essence of which is to determine a set of quantitative and qualitative indicators of the most important functional properties of this system, in which it should ensure the reflection of enemy antiaircraft missile strikes in the predicted conditions of conducting an anti-aircraft operation with the required efficiency. The content of the requirements is

information that should contain the purpose and composition of the system, the conditions of its operation and the required values of the characteristics of the functional properties of the system.

It is shown that in order to justify the outline and OSR to the NSMD system, it is necessary to develop a system of simulated mathematical modeling (SMM) of the processes of conflict and information interaction of the NMD system, its subsystems and elements with the enemy's system of various types of NSBW in the calculated conditions of conducting an anti-aircraft operation.

The SMM system should contain a set of simulation and conventional mathematical models that describe the process of the combat functioning of the non-strategic missile defense system when performing a set of combat tasks with alternative variants of its composition in the predicted conditions of the conduct of hostilities, as well as scenario models of the spatio-temporal patterns of raids by the enemy's NSBW.

### **METHODOLOGICAL ASPECTS OF JUSTIFICATION OF THE EFFICIENCY INDICATORS OF THE FIGHT WITH UNMANNED AVIATION COMPLEXES**

*A. Berezhnyi, Candidate of Technical Sciences;*

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*I. Nikolaev, Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher; V. Tkachyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the important issues of creating a system for combating unmanned aerial systems is the assessment of its expected effectiveness. The evaluation of the effectiveness of this system includes solving the following tasks: 1) substantiation of the system of performance indicators from the standpoint of their maximum compliance with the goals of air defense; 2) evaluation of the values of efficiency indicators based on the results of simulation of combat operations; 3) substantiation of the efficiency criterion agreed with the purpose of the air defense; 4) assessment of the achievement of the objectives of the air defense with the calculated values of the performance indicators using the accepted performance criterion. It is shown that the variety of tasks of combating the enemy's unmanned aerial systems requires different indicators and criteria for the combat effectiveness of a prospective air defense system at the strategic, operational, and tactical levels.

It is shown that the selection of indicators and criteria for assessing the effectiveness of the combating unmanned aerial systems at the strategic level should be carried out based on the goals, objectives and content of the anti-aircraft operation. At the same time, as an indicator of the effectiveness of this system, it is advisable to use the amount of prevented damage to defending objects (troops). The calculation of relative damage to objects and groups of troops can be carried out based on the expected relative number of affected (saved) objects, taking into account their relative importance. The relative importance of objects can be determined by directive or expert method.

It is shown that the value of the relative damage indicator depends on the characteristics of the combat properties of anti-aircraft missile weapons of the air defense group.



**STUDY OF METHODS OF VERIFYING THE PERFORMANCE  
OF DIGITAL TYPICAL ELEMENTS OF EQUIPMENT  
REPLACEMENT OF AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES**

*S. Voluyvach, Candidate of Technical Sciences; S. Lapii; K. Voytenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is known that the combat readiness ratio of an anti-aircraft missile complex (AAMC) depends on the time of the trouble-free operation AAMC and the time of the recovery AAMC in the event of malfunctions. In turn, the time to restore the air defense system depends on the time of finding the fault (defective element) and the time of eliminating the fault (repair). A significant share of about 70% of the time, restoring the serviceable state of the air defense system equipment, takes the time of searching for a faulty element. The presence of foreign-made air defense systems in the Air Force, which may also require ongoing repair, the lack of repair documentation for them, require the development of ways to check the performance of digital standard replacement elements (SRE) of their equipment. Thus, finding ways to reduce the time to search for a faulty element is an urgent task. The paper proposes a method of automated performance testing of Soviet and foreign-made digital SRE air defense systems. The investigated methods of diagnosing digital SRE take into account the features of transistor-transistor logic (TTL), levels of logical zero (0.1-0.45 V), logical one (2.4-4.0 V). Also, the unconnected TTL logic input has a level (1.4-1.6 V) and is perceived as a logic one. When switching elements of TTL logic, quite powerful current surges occur in the power bus. Analysis in the frequency domain of the level of the spectral density of the signal power that occurs in the power bus when the TTL logic elements are switched can be used to check the working condition of digital SRE. It is proposed to develop a device that would automatically learn to check the condition of digital electronic control systems based on a reference (a working control system), which can be used during the ongoing repair of air defense equipment. The choice of effective methods of checking the working condition of digital SRE requires further research.

**FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF A TYPICAL MODEL  
OF THE EXPLOITATION OF AN ANTI-AIRCRAFT  
MISSILE COMPLEX WITH OPEN ARCHITECTURE**

*V. Lukianchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Ponomarov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When setting requirements for reliability, operational manufacturability, and other properties of the anti-aircraft missile complex, it is necessary to develop a typical model of operation of the anti-aircraft missile complex in accordance with the governing documents.

Issues of development of a typical model of operation of air defense systems with an open architecture, in relation to which requirements for reliability indicators, the concept of "output effect" of the anti-aircraft missile complex, nomenclature and numerical values of reliability indicators, peculiarities of checking the fulfillment of requirements during the life cycle, etc. are considered. The features of the anti-aircraft missile complex with open architecture, as an object of reliability requirements, a typical sequence of stages of its operation, a typical cyclogram of its intended use, and its parameters are given.

The influence of the parameters of the typical model of operation of the anti-aircraft missile complex with an open architecture on the selection of the nomenclature of operational-tactical and technical requirements for the reliability indicators of the anti-aircraft missile complex, the procedure for developing mathematical models of the functioning of the anti-aircraft missile complex and its means at different intervals of the typical cyclogram of intended use is considered.

A typical model of operation of the anti-aircraft missile complex with an open architecture is given, general provisions are formed on the assignment of requirements for indicators of reliability and operational manufacturability of the anti-aircraft missile complex with an open architecture and its ground combat equipment.

### **MANEUVER OF ANTI AIRCRAFT MISSILE UNITS AS A WAY OF INCREASING SURVIVABILITY**

*M. Romaniuk, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
D. Limonchenko; M. Pohodina  
Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force*

Analysis of the hostilities during the Russian-Ukrainian war reveals the growing role of maneuverable actions.

The characteristic features of today's combat operations of anti-aircraft missile troops are influenced by the enemy's use of modern air attack means, namely, various high-tech reconnaissance means in combination with high-precision weapons (HPW).

Taking into account the available range of modern means of destruction, methods and forms of using high-precision weapons by the enemy, it is necessary for anti-aircraft missile units to make a maneuver on time to provide survivability.

Making a decision to maneuver can lead to the loss of the material part of the unit while maneuvering. Risk assessment can be carried out with the help of acceptable risk concept or the principle of "ALARP" ("As Low As Reasonably Practicable").

In order to assess risk factors, it is necessary to take into account both organizational and technical measures aimed at increasing the survivability of anti-aircraft missile units, in particular, the possibility of using means of imitation and aerosols, using different routes for maneuvering, column dispersing and constant air observation.

The most important thing here is advance preparation of different maneuvers and determination of conditions for their implementation. The level of risk from the danger factors caused by the maneuver is "acceptable" if it is small or if the commander is ready to take a risk to achieve the goal.

### **UNAMBIGUOUS IDENTIFICATION OF RADAR DATA AT THE SAM COMMAND POST FROM EXTERNAL SOURCES TAKING INTO ACCOUNT THE TIME DELAY**

*S. Bondarenko; M. Romaniuk, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
O. Kalyta  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The resilience of the air defense missile system depends on the availability of additional sources of air situation data during fire suppression by the enemy's reconnaissance assets of air defense missile systems and anti-aircraft missile systems.

Receiving radar data from multiple sources at the command post of air defense brigade/regiment and anti-aircraft missile systems involves its software-based identification with subsequent selection of the most accurate source for target distribution among fire assets.

External sources of air situation data may include radars of radar reconnaissance battalions and radio-technical troops.

Information from such radars undergoes several processing and issuance points of radio-technical troops and anti-aircraft missile systems, which significantly increases the delay in delivering this data to the fire assets of the anti-aircraft missile system.

In the conditions of modern air defense battle, the use of maneuvering by the air enemy becomes one of the factors for achieving success in completing the combat mission of destroying objects protected by anti-aircraft missile systems.

In the conditions of air enemy maneuvering, delays in receiving radar information leads to significant errors between target coordinates and target designations for anti-aircraft missile system fire assets.

The algorithm for unique identification of radar data from multiple sources takes into account the location of the radar and the time of target detection is developed.

### **RADAR CHARACTERISTICS STUDY OF THE X-47M2 "KINZHAL" GUIDED MISSILE IN THE CENTIMETRE AND DECIMETRE WAVELENGTH RANGES**

*O. Sukharevsky, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*V. Vasilets, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*S. Nechytailo, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; A. Reznichenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The first use of the X-47M2 Kinzhal missile in Russia's war against Ukraine was registered on 18 March 2022. The mass use of X-47M2 aerial ballistic missiles began after Ukraine received the first Patriot anti-aircraft missile system from its partners. In total, according to various estimates, as of March 2024, the Russian aviation used about 70 X-47M2 missiles against targets in Ukraine. The first case of destruction of the X-47M2 Kinzhal missile took place on the night of 4 May 2023 in the sky over Kyiv region.

Estimating the capabilities of air defence systems to detect and destroy such targets requires a priori data on the characteristics of their secondary radiation. This information can be obtained experimentally or by mathematical modelling.

Each of the proposed methods is associated with certain difficulties. For example, conducting full-scale (physical) experiments requires significant material, organisational and time costs and requires the availability of an intact object or its model. The main difficulties in mathematical modelling of secondary radiation from models of airborne objects are related to the accuracy of the model itself, the correctness of its mathematical description, etc.

With the help of methods developed at the Kharkov National Air Force University, based on integral representations of classical electrodynamics, radar characteristics of the model of aeroballistic missile X-47M2 "Kinzhal" in the centimetre and decimetre wavelength ranges are obtained. The obtained results are of practical importance for the developers of radar equipment and commanders of anti-aircraft missile units.

**PROPOSALS FOR THE TRAINING OF PERSONNEL OF VISUAL  
OBSERVATION POSTS AND MOBILE FIRE GROUPS  
TO PERFORM ASSIGNED TASKS IN THE CONDITIONS  
OF MANEUVERABLE AIR DEFENSE**

*O. Tkachuk; O. Meleshenko; O. Skopintsev;  
V. Shulezhko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of unmanned aerial vehicles and cruise missiles usage by the Russian Federation to destroy assets in the territory of Ukraine shows that the total number of threat areas will exceed the number of available forces and means. One of the ways to counteract this is the deployment of visual observation posts (VOP) and mobile fire groups (MFG) in places, the advance from which will minimize the deployment of air defense and MFG in the directions corresponding to the strike based on the results of the alert.

This requires training equipped personnel to perform the necessary actions under the influence of unusual physical overload and providing measures to prevent injuries, wounds, mutilations, and deaths. The enemy strikes analysis shows that the training should mainly consider the nighttime for executing the air attack countering tasks.

The main qualities of the personnel of VOP and MFG, which ensure the fulfillment of the assigned tasks at the specified time, are speed and endurance, orientation skills, and possession of skills in handling weapons at night.

The report contains proposals to ensure the acquisition of the necessary qualities by the personnel of VOP and MFG and measures to relieve tension (relaxation), including when moving between positions in the conduct of maneuverable air defense.

**STUDYING THE POSSIBILITY OF INCREASING THE JAMMING  
RESISTANCE OF SDR STATIONS BY USING PSEUDO-RANDOM  
RADIO SIGNALS**

*O. Shapovalov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Zarutskiy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Jamming immunity in SDR (Software Defined Radio) refers to the ability of radio systems to ensure that information transmission is resistant to various electromagnetic interference or noise in the transmission channel.

The software-defined radios of modern ground based air defense systems have the ability to use pseudo-random radio signals for data transmission, which leads to the expansion of their spectra. Pseudo-random radio signals are created in such a way that their statistical properties are similar to those of real random signals.

The authors analyzed a discrete signal with fractional power-law angular modulation, which is defined on a set of time values with a uniform sampling step, which gives it the properties of pseudorandom sequences. The signal properties are modeled and evaluated using GNU Radio.

The report presents a mathematical model of a pseudorandom radio signal receiver taking into account a broadband stationary interference and recommendations for improving the jamming resistance of SDR radio stations.

**STUDYING THE POSSIBILITY OF INCREASING THE SECRECY  
OF DATA TRANSMISSION IN SDR STATIONS BY USING  
PSEUDO-RANDOM RADIO SIGNALS**

*O. Shapovalov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Bondarenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In SDR (Software Defined Radio) stations, data transmission secrecy is considered to be the protection of information from unauthorized access or interception during its transmission.

The software-defined radios of modern ground based air defense systems have the ability to use pseudo-random radio signals to transmit data. Pseudo-random radio signals are created in such a way that their statistical properties are similar to those of real random signals.

The authors analyzed a discrete signal with fractional power-law angular modulation, which is defined on a set of time values with a uniform sampling step, which gives it the properties of pseudorandom sequences. The signal properties are modeled and evaluated using GNU Radio.

The report presents a mathematical model of the IQ component of a pseudorandom radio signal with noise-like spectrum properties and recommendations for increasing the secrecy of data transmission in SDR stations.

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING THE INFORMATION  
OF SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEMS AS REFERENCE  
EXTERNAL TRAJECTORY MEASUREMENTS FOR CERTIFICATION  
OF RADAR ACCURACY AFTER REPAIR IN THE FIELD**

*A. Bidun; O. Petrenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Kombarov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When operating modern radars, especially after repair work in the field and in the absence of the possibility to test them at a training ground, it becomes necessary to assess the degree of compliance of the actual characteristics in terms of the accuracy of measuring the target coordinates with the required values. The paper considers the option of radar certification by conducting control flights by an appropriate aircraft with satellite radio navigation systems equipment. The relevant coordinates and parameters of the aircraft movement should be known with an accuracy sufficient to assess the accuracy of the radar under test.

A method for solving the problem of determining the position vector of an aircraft relative to a radar using the differential correction mode is considered. The influence of topo-referencing errors of the radar being certified is analyzed.

The authors proposed a method for solving the problem of determining the coordinates of an aircraft directly in the radar coordinate system, which allows obtaining estimates of the aircraft coordinates with an accuracy sufficient for certification of a given type of radar.

The results of the simulation, which took into account ephemeral errors and errors introduced on the navigation signal propagation path, as well as the geometric factor of the system, showed that the proposed method, compared to the conventional differential mode, can increase the accuracy of determining the aircraft position vector by an order of magnitude.

**OPTIMIZATION OF ILLUMINATION AND GUIDANCE RADAR  
POSITION SELECTION USING INFORMATION ON CRUISE MISSILE  
SECONDARY RETURN RADIATION DIAGRAMS**

*O. Latonov; M. Surgay, Ph.D.*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The results of modeling diagrams of secondary return radiation of Kh-101 and 3M-14 cruise missiles in the centimeter wave band (SHF) are demonstrated.

The possibility of using the method for determining the optimal radar position by the criterion of the maximum secondary radiation of the cruise missiles under consideration for the 5N63S illumination and guidance radar is shown.

Using mathematical modeling of the process of selecting the position of the 5N63S illumination and guidance radar, optimal by the criterion of ensuring the maximum intensity of secondary radiation of radar objects, it was found that the intensity of secondary radiation of the objects under consideration can increase several times.

**ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF GROUND BASED  
AIR DEFENSE SYSTEMS DAMAGED DURING COMBAT OPERATIONS**

*O. Doska, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Balabukha; M. Oleksyn*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

High efficiency in the use of ground based air defense systems cannot be achieved without maintaining them in a combat-ready state. The solution to this task is entrusted to the maintenance and repair system, one of the elements of which is maintenance and repair equipment. The overwhelming majority of the anti-aircraft missile forces maintenance and repair equipment is made up of equipment developed by former Soviet manufacturers and supplied along with weapons samples. At present, for objective reasons, the condition of the maintenance and repair facilities is not the best.

At the same time, the anti-aircraft missile forces are constantly receiving foreign-made ground based air defense systems. This, in turn, requires changes to the existing maintenance and repair system. There is a need to develop new guiding documents and methodological support that regulate the organization of activities and provide the necessary information to the relevant repair and restoration units in the conditions of combat use of ground based air defense systems.

The report discusses the main provisions of the methodology for assessing the technical condition of ground based air defense systems damaged during combat operations.

The implementation of the proposed methodology makes it possible to assess the condition of damaged weapons and formulate requirements for the organization of restorative repair of ground based air defense systems, including foreign-made ones.

## **DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR JUSTIFYING THE DEPLOYMENT OF AIR DEFENSE UNITS ON THE GROUND USING GAME THEORY**

*V. Shulezhko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; R. Zayika  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Choosing air defense battalion (ADB) combat positions on the terrain generally, boils down to finding a place for the ADB in the position area that will meet the established requirements for the effectiveness of the ADB's combat operations.

Using GIS "Argument-2024" the ADB's combat positions on the ground are selected to implement the largest kill zone at low altitudes, considering the terrain.

The formation of a set of strategies "A" of the operating side is associated with the deployment of ADB on the ground from the point of view of the most practical implementation of the combat capabilities of the ADB.

Set of strategies "B" is related to air attack means distribution by the respective percentage of cruise missiles and UAVs.

Having conducted the simulation of ADB combat operations for various combinations of battle order and strike variants by the AAM, a table of the opposing sides' victories for the criterion of the difference between the statistical estimate of the mathematical expectation of the number of struck assets on side "B" and side "A" has been built.

By calculating the difference between the statistical estimation of the mathematical expectation of the number of affected assets from the side of the AAM group and the estimate of the mathematical expectation of the number of affected assets from the side of the ADB when applying the strategy of side A and the strategy of side B, we get the matrix of the game.

Using the MATLAB package and its extension (Toolbox), we will find a solution and get the best option for the radar emplacement on the ground.

## **ALGORITHM FOR FAULT ISOLATION DETECTED DURING THE ELECTRONIC SHOT IN THE ILLUMINATION AND GUIDANCE RADAR 5N63S**

*V. Borisov; V. Shulezhko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
V. Dzhus, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Moroz  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of intense combat operations, the task of rapid restoration of weapons and military equipment that failed is extremely important.

During the electronic shot' test, a large number of different malfunctions can occur in the illumination and guidance radar, as this test covers all the equipment of the missile guidance circuit. Thus, troubleshooting can take a long time.

Electronic shot can be carried out in different modes, which allows to control the performance of individual units of the illumination and guidance radar – the F2K hardware container and the F1C antenna post. To visually monitor the commands and signals generated to ensure the operation of the missile guidance circuit, the F2K hardware container has a register for monitoring data exchange, which allows us to draw preliminary conclusions about the cause of the malfunction.

On the basis of this information, the proposed algorithm solves the problem of fault isolation to a specific functional unit. This reduces the amount of technical documentation used and minimizes the time required to fix the fault.

## **WAYS TO INCREASE THE RESOLUTION AND ACCURACY OF DETERMINING THE ANGULAR COORDINATES OF ACTIVE NOISE JAMMERS OPERATING AT LOW ALTITUDES**

*D. Isaev; V. Dzhus, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the Russian-Ukrainian war, the aggressor country is using electronic jamming devices systematically. During massive strikes, air attack means operate at low and extremely low altitudes. To detect such means, the air defense forces use radar stations for detecting low-altitude targets, such as the 5N66M low-altitude detector. At the same time, in the conditions of the enemy's use of active electronic noise interference, the ability to detect the target is significantly reduced. To eliminate this drawback, it is advisable to use modern methods of radar information processing, which involve using modern phased array antennas (PAR) in these detectors.

Using phased arrays in difficult jamming conditions primarily involves determining the number and angular coordinates of the jamming devices. Modern methods of spatial spectral analysis offer a promising way to solve this problem.

A low-altitude jamming locator model has been developed to obtain quantitative indicators for assessing the resolution and accuracy of determining the angular coordinates of the jamming devices. This model includes an input signal generation unit, a mathematical model of a low-altitude jamming locator, and a simulation processing unit.

Using the developed model to improve target detection radars at low altitudes is expedient, particularly for modernizing the 5N66M low-altitude detector.

## **METHOD OF SUBSTANTIATION OF RATIONAL COMPOSITION AND FORMATION OF AN ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCE GROUPING WHEN COVERING TARGETS**

*K. Zakutin, Candidate of Military Sciences; V. Aliexsieiev;  
A. Kolomiets; R. Tytarenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The growing role of air attack means in achieving the goals of wars, the constant improvement of their qualitative characteristics, forms and methods of combat use, determines the need to improve groups of anti-aircraft missile forces to ensure a certain level of countermeasures against threats in the air space, taking into account the economic capabilities of the state, that is, resource restrictions. One of the most important tasks of improving the quantitative and qualitative parameters of groups of anti-aircraft missile forces is the justification of their rational composition and operational structure. On the basis of accounting for the uneven placement of cover objects from enemy air attack strikes and the spatial characteristics of anti-aircraft missile complexes and systems, a method of substantiating the rational composition and operational construction of anti-aircraft missile forces is proposed. The method makes it possible to evaluate the effectiveness of anti-aircraft missile cover with a wide variety of options for covering objects and anti-aircraft missile complexes and systems. The developed method of substantiating the rational composition and operational construction of a group of anti-aircraft missile troops based on the formation of agglomerations of cover objects is a set of methods with a high degree



of formalization, the consistent application of which ensures the transformation of initial data into results. This method can be used to solve partial tasks that arise in the process of conducting research on the justification of building groups of anti-aircraft missile troops when covering objects.

### **DETERMINATION OF THE UNAMBIGUOUS IDENTIFICATION ZONE COORDINATES OF TARGETS OBTAINED FROM SOURCES OF COMBAT RADAR DATA AT THE AIR DEFENSE COMMAND POST**

*V. Burtsev, Candidate of Technical Sciences, Professor; O. Kalyta; G. Kudryashov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At present, for assignment of aerial targets by the higher command post, target numbering issued by the alert system in automated mode is used. However, different target numbering in data processing and transmission systems, different time delays of alert data (AD) and combat radiolocation data (CRD) from providing or own radiolocation sources (target designation radar systems) create significant difficulties for target identification at the air defense command post, especially during massive air raids. Therefore, there is a need to solve the problem of matching the received trajectory data from different sources at the air defense command post.

Although the solution to such a task is not provided in the algorithms of existing software of air defense command posts, it can be addressed in supplementary modules for processing and displaying AD and CRD.

A methodology for constructing trajectory trends obtained from various AD and CRD sources using interpolation considering the time delay of data and finding the spatial zone where the trends of trajectories from different sources converge is considered.

The proposed methodology determines the dependence of the size of the identification zone on the established probability of making the correct decision on the identification of data from two converging trajectories. An example is given, where with a probability of making the correct decision not less than 0.9, the radius of the identification zone is less than 900 m.

### **AN IMPROVED MATHEMATICAL MODEL OF THE GUIDANCE CONTOUR OF AN ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILE OF A PROSPECTIVE MEDIUM-RANGE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM**

*I. Pomohaiev; E. Morgun; Y. Korobkov;  
M. Kamchatny, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An improved mathematical model of the guidance contour is proposed for consideration, which provides for the development of a control system for an anti-aircraft guided missile of a prospective medium-range anti-aircraft missile system, which, unlike the known ones, takes into account the dynamics of the missile flight and the influence of interference when obtaining information about the spatial position of the target and the missile.

In this system, unlike the known ones, additionally takes into account the dynamics of the missile flight based on the concept of the inverse dynamics problem, the presence of active interference, which provides firing at targets with high flight speed, manoeuvrability, the ability to approach the target at an extremely

low altitude, or along a steep dive trajectory, or along any trajectory that requires intensive manoeuvring of the missile immediately before the point of intersection with the target.

In the conclusions show that, according to the results of the research, the efficiency of the functioning of the control system of the anti-aircraft guided missile of a prospective medium-range anti-aircraft missile system increases, depending on the air situation.

### **ANALYTICAL METHODOLOGY FOR ESTIMATING THE ACCURACY OF ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILE BRINGING INTO THE TARGET SEARCH AREA BY AN ACTIVE HOMING HEAD**

*I. Pomohaiev; O. Galitsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
B. Gaibadulov; D. Molchanov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The accuracy of the control contour at the stage of inertial control with radio correction is determined by the following factors: the law of change of the setting effect (coordinates of the trajectory of the required missile movement), which depends on the nature of the change in the target coordinates and the guidance method adopted in the system. The laws of change of the target's coordinates, in turn, are functions of such parameters of the target's movement as altitude, speed and target heading. The nature of the target's manoeuvre and the range of the expected intercept point with the target, as well as the accuracy of determination of the target and missile coordinates, should also be taken into account. These factors affect the magnitude of dynamic, fluctuation and instrumental errors and determine the required dynamic characteristics of all elements and devices included in the closed control contour. In addition, the nature and magnitude of disturbing influences that occur within the control contour elements affect the accuracy of the control contour.

Based on this, when firing at the outer edge of the zone, it is often advisable to use a combined control law. At the initial guidance section, the missile is guided autonomously along a reference trajectory, followed by a modified law of proportional approach.

When firing at short and medium ranges, a variable navigation coefficient is used (the value varies from 3 to 5). In the immediate vicinity of the intersection point, the control system gain is reduced to reduce fluctuating noise in the guidance command.

### **SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE TRACKING QUALITY OF MODERN MANOEUVRABLE AIR ATTACK MEANS BY THE 9S32 MULTICHANNEL MISSILE GUIDANCE RADAR**

*V. Vykydanets<sup>1</sup>; M. Gorobinsky<sup>1</sup>; O. Ovcharenko<sup>1</sup>;  
S. Kukobko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State Research Institute for Testing and Certification  
of Weapons and Military Equipment*

An analysis of the use of modern air attack means in military conflicts over the past decade has revealed their high maneuverability, which is used to strike at targets.

Counteraction to these means is possible with reliable tracking of air objects, which necessitates the search for ways to track highly maneuverable targets.

This issue can be solved by improving both the hardware and software (algorithmic) components of RF radars.

To accomplish the hardware method, it is proposed in MMGR 9C32 to use additional units in the tracking coordinate system that allow estimating the second derivative (acceleration) of the primary coordinate being estimated.

To accomplish the software method, it is proposed to use two additional algorithms in the 9C32 multi-channel missile guidance radar (MMGR) along with the existing manoeuvre detection algorithm. The first of them is based on the estimation of the full velocity vector based on the results of previous estimates of the radial velocity; the second is based on the acceleration estimation based on the results of trajectory measurements. This requires the implementation of additional algorithms into the computer.

### **SUGGESTIONS REGARDING THE OPERATION OF SAM UNITS FROM AMBUSHES**

*G. Kudryashov; O. Kalyta; S. Bondarenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of combat operations during the Russian-Ukrainian war indicates the adversary's attempt to gain air superiority. The enemy, while carrying out tasks, tries to avoid entering the zone of action of the Ukrainian air defense system (ADS). However, the effective use of anti-aircraft missile systems provided by partner countries requires new forms and methods of their tactical application. Research shows the effectiveness of using anti-aircraft missile units from ambushes, as confirmed by the loss dynamics of aircraft, helicopters, and unmanned aerial vehicles (UAVs) by the Russian Federation. Along with this, there are several aspects that require special attention, such as the adversary's use of reconnaissance flights by UAVs to expose the structure of Ukraine's ADS, aiming to increase the effectiveness of missile strikes on critical infrastructure and the military-industrial complex.

Therefore, effective deployment of SAM units from ambushes is efficient when utilizing covert maneuvering, active camouflage, and a robust command system based on modern information and telecommunication technologies, ensuring management and interaction with control points of all links with corresponding throughput capacity, reliability, and trustworthiness.

### **THE MAIN STAGES OF STUDYING AIR DEFENCE FORCES GROUPS EQUIPPED WITH MOBILE AIR DEFENCE SYSTEMS, ASSESSING THE IMPACT OF MANOEUVRE TECHNIQUES ON THE EFFECTIVENESS OF AIR DEFENCE MISSILE COVER**

*E. Ryapolov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of provisions for the combat employment of units and subunits of air defense missile forces (ADMF) armed with highly maneuverable air defense missile systems involves determining not only effective methods and tactical techniques of their actions, but also reasonable recommendations for the preparation

and practical implementation of such actions. An important task is to correctly assess the tactical feasibility of the manoeuvre and determine its impact on the effectiveness of anti-aircraft missile defense.

In turn, the design features of mobile air defense systems determine the characteristics of planning, preparing and conducting manoeuvre actions, and require commanders and staffs of air defense formations (units) to take these features into account in the organization and conduct of combat operations.

The process of studying the ADMF groups equipped with mobile air defense systems, developing practical recommendations on the use of manoeuvre methods and tactics, and assessing the impact of the latter on the effectiveness of the anti-aircraft missile defense should be divided into several stages, the main ones being:

determination of rational manoeuvre options depending on the current situation and assessment of their impact on the effectiveness of anti-aircraft missile defense;

development of practical recommendations and regulations for determining the size of the positional areas of mobile air defense systems;

determination of the peculiarities of preparation and development of recommendations on the organization of the commander and staff work of the ADMF formations (units) equipped with mobile air defense systems decision-making and planning of combat operations.

### **POLYERGATIC CONTROL METHOD IN DATA-CENTRIC ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS**

*A. Skoryk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Galitsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report focuses on the development and modernisation of weapons samples in the context of hostilities against the Russian Federation, the methodology of military testing of weapons samples by conducting combat test launches against Russian invaders.

The report proposes new approaches to the lifecycle (LC) management of data-centric air defense missile systems (ADMS). The prospects for the development of systems are analysed, attention is focused on the connection of modern 3rd generation of system thinking with the theory of data-centric operation. The author emphasises the priority of development of complex systems – weapons systems and the implementation of the control of such systems on the basis of a multi-intelligent model. It is proposed to consider ADMS and their lifecycle support systems within a single socio-cultural ecosystem.

The issue of control of such ecosystems is formulated as a scientific problem. In the report, as part of the development of a method of polyergic control of the ADMS LC, the conceptual apparatus of data centre eco-systems is substantiated, the concept of polyergic control is introduced. A metamodel of the polyergic LC control system for the data-centric eco-system of the ADMS is proposed, the structure of which is adapted to the application of model-based system design. As the main idea underlying the polyergetic control system, the article considers the assumption that the control hierarchy, which was previously largely formed on the basis of hierarchical access to information, in data-centric systems is transformed into a hierarchy of competences.

**SUGGESTIONS FOR INCREASING THE EFFICIENCY  
OF THE WORK OF THE AIR DEFENSE MISSILE UNIT COMMANDER  
AND HEADQUARTERS WHILE PERFORMING TASKS BEYOND  
THE PLACE OF PERMANENT STATIONING**

*G. Kudriashov; P. Kushch; O. Vyhivskiy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Russian forces continue to conduct so-called a special military operation, the main efforts of which are aimed at the occupation of Donbas within the administrative borders of the Luhansk and Donetsk regions. One of the main tasks of the Ukrainian Defense Forces is to repel enemy air attack assets. The rapidly changing situation complicates the work of commanders of anti-aircraft missile units (SAM). An analysis of the activities of SAM unit commanders during the Russian-Ukrainian war reveals the need for improvement and implementation of non-standard ways and means of task execution, as well as a review of existing decision-making methods. As practice shows, at the present stage, SAM units carry out their tasks beyond the bounds of permanent deployment points, and the commander's work is focused on implementing the decision made by him.

The basis of managing decentralized units is ensuring communication, and given the adversary's use of modern electronic warfare means, there is a need for modern secure communication tools. The commander and staff of the SAM unit must have communication tools with them at all times that allow for constant and stable communication with subordinates in case of changing circumstances, as well as backup options for transmitting and receiving information with subordinate personnel. Research shows that the optimal option for information provision is the combined use of satellite, radio, and secure mobile communication.

**SUGGESTIONS FOR IMPROVING AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS  
IN ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCES**

*O. Vyhivskiy; G. Kudryashov; P. Kushch  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of combat operations during the Russian full-scale aggression against Ukraine has shown that the anti-aircraft missile forces have significantly increased their combat potential due to the acquisition of modern anti-aircraft missile systems provided by partner countries. Along with this, there has been a significant intensification of efforts to modernize existing SAM systems in modern conditions. One of the directions of this modernization is the implementation of modern digital automatic control systems (ACS). The use of digital ACS in anti-aircraft missile armament (AAM) allows a significant reduction in the size of the hardware and increases its performance. Improvement of ACS is achieved through the use of advanced sensors, optimization of control algorithms, implementation of artificial intelligence technologies, and modern data transmission systems.

The use of digital ACS in existing anti-aircraft missile complexes will significantly impact the effectiveness and reliability of AAM systems and provide the opportunity for continuous work on their modernization and versatility.

**ANALYSIS OF POSSIBLE WAYS TO IMPLEMENT PROPOSALS  
TO IMPROVE THE 9S32 MULTICHANNEL MISSILE GUIDANCE  
RADAR AIMED AT INCREASING THE ABILITY TO DETECT  
AND TRACK MODERN AIR ATTACK MEANS**

*B. Marchenko; A. Shvydky; O. Kisil;*

*E. Roshchupkin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the results of units' combat operations equipped with the S-300V1 anti-aircraft missile system revealed the feasibility of research aimed at improving the capabilities of the 9S32 multi-channel missile guidance radar (MCGR) to detect and track modern air attack means.

Based on the results of preliminary studies to improve the characteristics of the 9C32 MCGR, proposals were received, the essence of which is as follows:

- receiving tract improvement with the introduction of a phase-compensating method (Hartley's method) of suppressing the mirror channel;
- receiving device improvement by implementing a digital processing device for the type 1B echo signal from the target;
- improvement station's sync equipment when implementing a modern element base.

At the same time, the ways of implementing the proposed solutions were not given.

The report presents the results of the analysis of possible ways to implement the above proposals for improving the 9C32 MCGR, their advantages and disadvantages.

**SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE PERFORMANCE  
OF THE 9S32 MULTICHANNEL MISSILE GUIDANCE RADAR  
FOR DETECTING MODERN AIR ATTACK MEANS**

*Yu. Vursta; M. Sobole; P. Kushch;*

*O. Galitsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of modern air attack means used in military conflicts over the past decade has revealed the need to find ways to improve the detection of air targets by radar means of air defense missile systems (ADMS).

When considering this issue in relation to the S-300V1 ADMS, it was proposed to use an improved primary processing device (PPD) and an active phased array (APA) in the 9S32 multichannel missile guidance station (MMGS).

The PPD improvement consists in building it on a modern element base, which will allow, in addition to reducing the weight and size characteristics of the device, to introduce additional algorithms for processing radar information.

The APA use, in addition to improving the accuracy of primary coordinates' measurement by the ADMS, will solve the problematic issue associated with the consumption of the assigned resource by the existing elements of the transmitting, receiving and antenna-waveguide systems.

With regard to the PPD and APA, proposed for implementation in the 9C32 ADMS, the report contains proposals for a possible element base.

The functioning algorithms proposed to be implemented in the 9C32 ADMS in the implementation of the proposed solutions are considered.

**COMPARISON OF DOMESTICALLY MANUFACTURED MODERN  
RADAR SYSTEMS AND SUGGESTIONS FOR THEIR USE IN THE  
"VIRAZH-PLANSHET" SYSTEM FOR EXPANDING INFORMATIONAL  
SUPPORT OF AIR DEFENSE MISSILE SYSTEMS**

*S. Bondarenko; O. Vyhivskiy; P. Kushch  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The air reconnaissance and airborne threats warning system is a crucial component of the existing air defense system. It consists of ground-based single-position surveillance radars in standby and combat modes of air defense units, as well as reconnaissance radars and command vehicles of SAM units.

The successful operation of SAM systems significantly depends on the speed and quality of reconnaissance and combat radars. Therefore, the technical design of combat radar sources for SAM units is determined not only by the state, nature, and perspectives of development and application of air reconnaissance means but also by the requirements for combat radars.

The main requirements imposed on radars used as sources of combat radar information include determining the coordinates and parameters of movement of airborne objects with precision ensuring effective fire control of units.

A comparative analysis of modern domestically produced radars such as 35D6(M), 79K6, and 80K6M is provided, along with suggestions for their use in the "VIRAZH-PLANSHET" system to expand the information support capability of SAM command posts.

**SUGGESTIONS FOR INCREASING THE SURVIVABILITY  
OF THE S-300V1 AIR DEFENCE MISSILE SYSTEM  
AT AN UNEQUIPPED POSITION**

*K. Vursta; M. Panko; D. Kriuchkov; R. Tytarenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the results of the combat operations analysis of the S-300V1 air defense missile system (ADMS), it was found that the increase in its survivability significantly depends, in addition to the trained personnel, on the time of emplacement of ADMS units at an unequipped position and the distance between them.

The research has shown that when emplaced at an unequipped position, the orientation and leveling of the units, followed by the input of the results into the computer, significantly affect the time spent on topographic preparation and the results of ADMS firing. The normative maximum distance between combat units is mostly limited by the characteristics of the ADMS's communications equipment.

To accelerate the orientation and leveling of ADMS, it is proposed to use optical means (optical gyroscopes and rangefinders), which not only reduces the

emplacement time but also increases the accuracy of measuring the angles required for further calculations.

It is proposed to solve the problematic issue of the distance between the ADMS combat units by using modern digital communications.

The report contains proposals for:

– optical means for orientation and leveling of combat units and methods for their use;

– the required nomenclature and number of communication means, the design of their interface devices with computers, and algorithms for their operation.

### **OPTIMISATION OF THE PLACEMENT OF VISUAL OBSERVATION POSTS AND MOBILE FIRE GROUPS IN SOLVING THE PROBLEM OF COVERING ASSETS FROM LOW-SPEED AIR ATTACK MEANS WITH SMALL RADAR CROSS SECTION**

*O. Skopintsev<sup>1</sup>; M. Oboronov<sup>1</sup>;*

*S. Gerasymov<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*V. Shulezhko<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

Models of the scattering properties of air attack means for different wave bands, given a known air defense systems coverage, make it possible to identify the most likely approach paths of the low-speed threats with small radar cross section (RCS), such as cruise missiles and unmanned aerial vehicles.

The RCS properties (namely, the dependence of the reflected signal power on the angle of the target relative to the air defense system's position and orientation) allow one to calculate the detection zones for each air defense means.

It is likely that the total number of threat areas will exceed the number of available forces and means.

Based on the alert statistics, it is proposed to deploy visual observation posts (VOP) and mobile fire groups (MFG) to places, the advance from which will minimize the deployment time of the VOP and MFG towards the direction of the strikes.

It is proposed that the deployment problem be solved using linear programming methods. The initial data are the time of advance to the desired locations, the time of bringing air defense systems into readiness, their detection zones, and others.

### **OPTIMIZATION OF DIAGNOSTIC PARAMETERS FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF RADIO EQUIPMENT AND JUSTIFICATION OF THEIR WEIGHTS**

*O. Grechka*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Calculating the reliability of radio equipment technical condition monitoring using a limited list of diagnostic parameters involves considering the influence of the parameters taken into account on the overall result. At the same time, the parameters excluded from the list of diagnostic parameters can significantly affect the reliability of radio equipment technical condition monitoring. The optimal list of



diagnostic parameters of the radio equipment's technical condition should correspond to the specified reliability value (level) during its operation.

It is proposed to consider the influence factors (weights) of each of the possible radio equipment diagnostic parameters when optimizing; for this, it is expedient to consider the influence factors of the diagnostic parameters on the result of the technical condition monitoring. To do this, a ranking is conducted consisting of two methods:

– to collect statistical information about the radio equipment's operational malfunction, a regression model of its components and general functionality is developed;

– to process statistical information about radio equipment operational malfunctions, the probability of a malfunction occurrence for each of the predetermined diagnostic parameters is calculated (ranking is conducted by increasing such probability).

After accumulating the necessary statistical information with the required reliability, the impact of the diagnostic parameters on the result of the radio equipment functionality is determined. Estimation of the weight of each diagnostic parameter in terms of the radio equipment serviceability (malfunction, i.e., the presence of a failure or occurrence of a failure for a duration of time) is calculated based on the results of the study of system capabilities changes due to different operating conditions.

**RATIONALE FOR RECOMMENDATIONS ON IMPROVING WEAPONS  
AND MILITARY EQUIPMENT RECOVERY  
EFFICIENCY OF MIXED COMPOSITION AIR DEFENSE  
UNITS DURING THE EXECUTION OF THE AIR DEFENSE TASKS  
OR COVERING IMPORTANT STATE AND MILITARY FACILITIES**

*P. Drannyk<sup>1</sup>; E. Roshchupkin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Kalyta<sup>2</sup>; D. Kriuchkov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>National Defense University of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of the results of hostilities confirmed the feasibility of creating mixed composition air defense groups (ADGs). At the same time, the issue of restoring the armament of these groups has become acute due to the lack of unification of weapons and military equipment in the constituent parts.

Based on the analysis of the use of weapons and military equipment for their intended purpose, the main factors influencing the effectiveness of weapons and military equipment restoration in and outside the combat zone were identified. It has been established that the weight of factors varies significantly depending on the group's location.

The results made it possible to assess the effectiveness of restoring weapons and military equipment for mixed ADGs. The coefficient of technical use of weapons and military equipment was taken as an indicator of efficiency, the increase of which is possible due to the improvement of maintenance and the restoration of weapons and military equipment.

Based on the research results, the report contains proposals for improving the maintenance and restoration of weapons and military equipment in air defense cases, covering critical state and military facilities, and providing recommendations for their implementation.

**PROPOSALS FOR IMPROVING THE TECHNICAL OPERATION  
AND REPAIR OF FOREIGN-MADE RADIO EQUIPMENT  
RECEIVED BY THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*D. Kriuchkov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Repelling the Russian Federation's armed aggression revealed the insufficiency of available radio equipment to meet the needs of the Ukrainian Armed Forces. This issue has been partially resolved by obtaining a certain amount of foreign-made radio equipment. At the same time, the question of their technical operation and repair arose.

The peculiarity was that the obtained means had not yet been operated with the appropriate intensity in extreme conditions, or there was no information about such operation. In this regard, the question arose regarding the frequency and scope of maintenance and repair of foreign-made equipment.

The intervals of use of these means for their intended purpose are significantly affected by the need to involve foreign specialists in carrying out certain types of work during maintenance or repair and (or) the possibility of performing these measures exclusively in other countries.

One of the ways to reduce the inactivity time between the intervals of use is to predict the technical condition of the radio. To improve forecasting quality, it is proposed that a database for each sample of technical equipment be created, considering operating conditions, the value of diagnostic standards, and other data. The results are proposed to be processed using the apparatus of fuzzy logic.

**METHODOLOGY FOR STUDYING THE MUTUAL INFLUENCE  
OF ELEMENTS OF PHASED ARRAY ANTENNAS  
IN THE COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM  
CST STUDIO SUITE**

*D. Sternat<sup>1</sup>; O. Vishar<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A3730*

Analytical methods give an idea of the characteristics of an antenna under the assumption that it is isolated from external factors. In modern conditions, such methods do not allow for the high-quality design of antenna radiators for use in phased array. Therefore, the global trend is the widespread use of modern computer-aided design (CAD) systems, such as CST Studio Suite, at the design stage, which makes it possible to obtain the most accurate parameters of the elements and components of a complex system before the development stage.

The authors proposed a methodology for studying the mutual influence of phased array elements in CAD CST Studio Suite, which includes:

- creation of a CAD model of an antenna radiator taking into account the characteristics and parameters of materials;
- breakdown of the antenna emitter structure using appropriate meshes (Tetrahedral or Hexahedral);
- calculation of the directivity characteristics of the antenna radiator by the appropriate calculator (Transient Solver or Frequency Solver) and method (Finite Integration Technique, Finite Element Method);

- creating the structure of the phased array using the System Assembly and Modeling (SAM) package;
- calculation of the directional characteristics of the phased array taking into account the directional characteristics of the antenna radiators and their mutual influence.

### **USE OF GENERATIVE MODELS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MAINTENANCE AND REPAIR OF MILITARY WEAPONS AND EQUIPMENT**

*A. Nemchyn; S. Klevtsov; S. Kombarov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Due to the constant development and sophistication of defense technologies, maintenance and repair of military equipment and weapons is an important task to ensure the required levels of combat readiness. A significant increase of amount of technical documentation and the refusal of paper-based versions causes an increase in troubleshooting time, which can be a critical factor in modern combat. In the context of modern technologies, the use of artificial intelligence (AI), ChatGPT generative models in particular, can significantly facilitate and speed up repair processes, ensuring efficient use of resources and reducing the time spent on technical documentation.

The authors propose to use a local implementation of the generative AI model, which may have several advantages and opportunities:

Data privacy: all data remains in the system and is not transferred to external servers.

Speed: Running on a local machine can provide faster speed.

Modification and customization: You can easily modify and customize the model, change the model architecture and training data.

The report analyzes the existing implementations of generative AI models, provides an example of their use, and outlines their advantages and disadvantages.

### **STUDYING THE CAPABILITIES OF RECOGNIZING GROUP TARGETS OF RECONNAISSANCE AND TARGETING RADARS OF PARTNER COUNTRIES**

*R. Gordienko; D. Shumylo; S. Trushyn; A. Shymko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Ukrainian-Russian war has shown that the enemy uses various means of air attack during massive and targeted attacks, and the enemy also manages to improve means of air attack. The enemy develops and applies new ways and methods to overcome the air defense system, namely, the use of UAVs and cruise missiles operating in small groups in the breakthrough echelon.

Given these trends, it is important to note that the use of these means of air attack can have a significant impact on the course of combat operations. UAVs and cruise missiles can cause significant destruction and casualties, so to effectively reduce impact of attack, air defense units need to know their number and types.

The issue of group target recognition is to detect a group of targets in a timely manner and to decide how many targets are actually in the area of responsibility. Therefore, reconnaissance and targeting radars must have high resolutions in angular coordinates, as well as in range and speed, but partner countries do not provide

complete information about radars, including methods and algorithms for processing radar data.

The development of an algorithm that will increase the resolution of radar can be based on a combination of signal processing methods that allow for high accuracy in the process of recognizing group targets.

Distinguishing group targets in order to expand information capabilities and improve radar accuracy.

### **ANALYSIS OF HYPERSONIC WEAPONS AS TARGETS FOR AIR & MISSILE DEFENCE SYSTEMS**

*A. Dudush<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Reznychenko<sup>1</sup>; R. Snovydyvych<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A4680*

The Russian-Ukrainian war proved the reality of the threat of use of hypersonic weapons to achieve operational and even tactical goals. The research gives the definition of three main types of hypersonic weapons – hypersonic cruise missile, hypersonic glide vehicle, hypersonic quasiballistic missile. The distinctive features of the main characteristics of the hypersonic weapons in comparison with other means of airborne & space weapons are highlighted. The potential capabilities of the hypersonic weapons in the context of existing scientific challenges and physical constraints have been analysed. The main problems for existing air & missile defence systems on the detection and interception of the hypersonic weapons are highlighted. Perspective directions of scientific researches in the field of countering to this type of weapons have been identified.

The analysis conducted in the article allowed to identify the following perspective areas of research in the field of countering the hypersonic weapons:

1) development of trajectories models of the hypersonic weapons, taking into account the possibilities for manoeuvring;

2) development of methods of radar resource management optimization for detection and tracking the hypersonic weapons;

3) development of methods of adaptive radar signals forming, taking into account the features of trajectories and RCS characteristics of the hypersonic weapons at different phases of flight;

4) development of methods of adaptive volume search using phased arrays.

### **THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT OF PORTABLE ANTI-DRONE SYSTEMS AS A PERSPECTIVE TYPE OF WEAPONRY OF DEFENSE UNITS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS**

*A. Lutsenko; D. Molchanov; I. Boyko; D. Kirichenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are one of the priority directions for the development of weapons and military equipment for the world's leading countries. In modern combat operations, which can certainly be traced during the war with the Russian Federation, UAVs play a significant role in conducting aerial reconnaissance, adjusting artillery fire, and delivering air strikes on enemy targets, military equipment, and manpower.

Based on the combat experience of the use of anti-aircraft missile units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine during the war with the Russian Federation, the need to find effective methods of counter and combat UAVs during the cover of anti-aircraft missile units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the areas of combat missions became urgent. At present, the task of covering the positions of anti-aircraft missile units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the areas of combat missions is assigned to anti-aircraft missile divisions (batteries) protection units.

The report analyzes the current state of development of portable anti-drone systems (anti-drone guns) and presents ways and views on their further development, the possibility of using these systems of counteraction to UAVs as a promising type of weaponry of defense units of anti-aircraft missile troops.

### **FURTHER IMPROVEMENT OF THE ARGUMENT INFORMATION AND SETTLEMENT SYSTEM**

*A. Saveliev; V. Kryvchun*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report presents an advanced information and calculation system for assessing the effectiveness of organising the interaction of units and subunits of the anti-aircraft missile forces of the Air Force of Ukraine "Argument-2023", taking into account the use of foreign-made anti-aircraft missile systems.

Due to the improvement of the software module of the model of combat use of units (subunits) of the anti-aircraft missile forces of the Air Force and air defence of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine, the Argument-2023 information and calculation system now allows setting the composition of units (subunits), taking into account the use of foreign-made complexes such as PATRIOT, SAMP-T, NASAMS, IRIS-T, MiM-23 HAWK, Gepard-1A2 and others.

Also, the Argument-2023 information and calculation system now allows changing the characteristics of combat orders, tactical and technical characteristics of firearms, as well as simulating combat operations of units (subunits) of the Air Force anti-aircraft missile forces and air defence of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine in the model of combat operations of the air component of the defence forces.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE CONCEPTUAL APPARATUS OF THE THEORY OF INTERACTION OF MILITARY UNITS (SUBUNITS) OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE FORCES IN THE PREPARATION AND CONDUCT OF COMBAT OPERATIONS**

*M. Demenko<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*D. Babenko<sup>1</sup>; V. Mosolov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>National Defence University of Ukraine*

The problematic of the subject area of interaction of anti-aircraft missile forces of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine during the operation (combat actions) of the defence forces is formed by a set of interrelated problems of scientific, methodological, organisational and technical nature, covering a set of issues of improving the theory and meeting the needs of practice of countering the

enemy in the airspace sphere. The problems of the use of interspecies (interagency) formations and the inclusion of foreign-made anti-aircraft missile systems in the Air Force of the Armed Forces of Ukraine have a decisive influence on the content and structure of the issues of interaction of the anti-aircraft missile forces of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

The decomposition of the studied issues allowed to identify two specific groups formed by theoretical and practical problems. The specificity of the study and the search for ways to solve methodological problems is determined by: the lack of unity of views on a number of the most important terminological definitions and provisions in the theory and practice of interaction of troops; insufficient development of the methodology for organising and maintaining the interaction of anti-aircraft missile forces; the need to improve the methodological basis for assessing the effectiveness of interaction of anti-aircraft missile forces of the Air Force of Ukraine.

The report examines a number of problematic categories, concepts, terms and definitions, and proposals for the conceptual apparatus of the issue under study.

## **ТАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ ЗЕНІТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЗУ-23-2 В РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ**

*П.В. Ткачук*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Збройна агресія росії проти України є складною ситуацією, яка вимагає відповідного застосування різних засобів оборони. Серед різноманітних систем вогневої підтримки, підрозділи ЗУ-23-2 виділяються своєю маневреністю, високим вогневим ураженням та можливістю швидкої зміни вогневих позицій.

Управління підрозділами ЗУ-23-2 вимагає визначення стратегічних точок розташування, що охоплюють ключові напрямки атаки та об'єкти, які потрібно захистити. Це може включати території важливої інфраструктури, військові об'єкти та населені пункти. Ефективне використання ЗУ-23-2 передбачає правильне розгортання комплексів в зоні можливого нападу. Це може включати встановлення на підвищених позиціях для забезпечення кращого огляду, а також маскування для ухилення від виявлення супротивником. Використання природних факторів приховування ЗУ-23-2 є важливим тактичним елементом.

Якісне використання ЗУ-23-2 вимагає визначення оптимальних точок обстрілу та раціонального використання боєприпасів. Щоб максимізувати ефективність підрозділів ЗУ-23-2 необхідна стійка взаємодія з іншими системами ППО, такими як ПЗРК, радіолокаційні станції та системи ідентифікації супротивника. Спільна робота та взаємодія підвищують загальну ефективність ведення бою.

Як висновок можна визначити те, що підрозділи ЗУ-23-2, вірно використані та інтегровані у систему ППО, можуть стати ефективним засобом знищення ворога. Важливо розуміти їх можливості та обмеження, а також забезпечити координацію з іншими оборонними засобами для досягнення максимальної ефективності в умовах військового конфлікту.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРИ ПЛАНУВАННІ ДКР В ІНТЕРЕСАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*А.В. Власов, к.т.н., ст.д.; О.Г. Матющенко, д.філос.;*

*І.О. Жуков; О.О. Якимович*

*Державний науково-дослідний інститут  
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

В системі виконання дослідно-конструкторських робіт (далі – ДКР) в інтересах Збройних Сил України та проведення випробувань перспективних зразків озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) на теперішній час зміни відбулись не тільки відносно процесів замовлення, організації та виконання науково-технічного супроводження (далі – НТС) ДКР, а і відповідно щодо організації й проведення різних видів випробувань. Пропонується в системі інформаційної підтримки НТС ДКР та випробувань застосовувати методи стратегічного планування та моніторингу, які базуються на методології системно-цільового підходу.

В доповіді подано результати аналізу застосування методів SWOT-аналізу (впливи, слабкості, можливості, загрози) для формування планів виконання кожного окремого проекту з визначенням термінів (оцінювання та прогнозування тривалості їх виконання) та необхідних ресурсів. Структурована інформація щодо кожного проекту (за напрямками аналізу) оцінюється кількісними величинами, на основі яких за допомогою функцій корисності обчислюється потенціал проекту (або його окремих елементів) по кожному напрямку, визначаються основні напрямки розвитку проекту та проблеми. Підсумкові показники SWOT-аналізу доцільно використовувати при організації замовлення та плануванні ДКР в інтересах Збройних Сил України (в “стратегічному” розумінні) для координації дій замовника і виконавців ДКР та організації випробувань.

## **ПОГЛЯДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО МОБІЛЬНОГО ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ АВІАЦІЙНИХ РАКЕТ**

*О.О. Зверєв, к.т.н., доц.; С.М. Петрук, к.т.н., ст.д.;*

*А.А. Орлянський; С.Й. Слободенюк*

*Центральний науково-дослідний інститут  
озброєння та військової техніки Збройних Сил України*

Аналіз світового досвіду свідчить, що окремі аналоги іноземних зенітних ракетних комплексів (ЗРК) (зокрема IRIS-T SLS/SLM, NASAMS, SL-AMRAAM, SPYDER) створювались на базі ракети класу “повітря-повітря”, що підтверджує можливість їх застосування у класі “поверхня-повітря”.

Для України в умовах воєнного стану цілком виправданим є розроблення у стислі терміни мобільного ЗРК на базі авіаційних ракет типу Р-27Р, Р-60, Р-73. При цьому, створення комплексу має передбачати можливість поступового нарощування його бойових спроможностей.

Загальний підхід до створення вітчизняного мобільного ЗРК полягає у наступному:

– створення мобільного ЗРК для виконання завдань протиповітряної оборони пропонується здійснювати із використанням наявних засобів виявлення та їх комплексування, існуючих логістичних запасів та потужностей оборонно-промислового комплексу;

– комплекс може бути нарощений іншими засобами виявлення та ураження насамперед крилатих ракет і малорозмірних цілей, об'єднаний у локальну мережу та мати зв'язок для обміну тактичними даними з системою управління старшого рівня.

У доповіді розглядаються питання аналізу досвіду світових розробників мобільних ЗРК, а також можливостей підприємств обороно-промислового комплексу України щодо створення вітчизняного мобільного ЗРК на базі авіаційних ракет Р-27Р, Р-60, Р-73 в інтересах протиповітряної оборони, насамперед для боротьби з крилатими ракетами.

## **ВПЛИВ ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ПРОТИВНИКА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ІЗ НАНЕСЕННЯ РАКЕТНИХ УДАРІВ**

*М.В. Виговський*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Досвід, отриманий під час відбиття агресії російської федерації, продемонстрував, що ефективність здійснення вогневого впливу на противника шляхом нанесення ракетних ударів значною мірою залежить від спроможностей противника уражати ракети на траєкторії засобами протиповітряної оборони (ППО).

Застосування ракетними підрозділами ЗС України ракет сімейства GMLRS змусило противника шукати можливості підвищення ступеня протиповітряного захисту своїх об'єктів. Як результат, військами РФ було проведено комплекс відповідних заходів щодо:

- оновлення програмного забезпечення засобів ППО;
- пошуку нової та більш ефективної тактики побудови своїх бойових порядків.

Аналіз застосування противником засобів ППО вказує на те, що система ППО РФ носить ешелонально-зональний характер. Особливістю зазначеної тактики є прагнення противника до створення суцільної смуги ППО вздовж лінії бойового зіткнення (ЛБЗ) та державного кордону між РФ та Україною, а також розміщення окремих протиповітряних засобів навколо своїх найбільш важливих об'єктів (пунктів управління, навчальних і логістичних центрів, об'єктів критичної інфраструктури тощо).

На даний час, з метою підвищення ефективності виконання завдань із нанесення ракетних ударів, продовжуються дослідження особливостей застосування підрозділів ракетних військ в умовах активного застосування противником засобів ППО. Результати досліджень дозволять надати військам дієві рекомендації щодо подолання протиракетної оборони противника та, як наслідок, значно підвищити ефективність нанесення ракетних ударів ракетними підрозділами ЗС України.



## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БОРОТБІ З КРИЛАТИМИ РАКЕТАМИ**

*Т.О. Івахненко<sup>1</sup>, к.т.н., ст.д., О.О. Хмелевська<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Центральний науково-дослідний інститут*

*озброєння та військової техніки Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Характерними властивостями крилатих ракет (КР) є високі швидкості, маневреність, скритність, застосування в широкому спектрі висот.

Протидію таким ракетах слід організувати використовуючи авіаційні і ракетні засоби. При цьому основну роль у відбитті нальоту грають зенітні ракетні комплекси. Фактор часу, високі швидкості КР, швидкоплинність атаки пред'являють якісно нові вимоги до точності наведення зенітних керованих ракет (ЗКР). Традиційне аеродинамічне управління недостатньо ефективне для боротьби з сучасними засобами повітряного нападу.

Сучасні ЗКР повинні мати:

- інерційно-командний спосіб наведення на початковій ділянці і активну радіолокацію самонаведення на кінцевій ділянці польоту;
- поперечний газодинамічний спосіб управління;
- малий час реакції;
- високу точність;
- малі габарити і високий показник перевантажень ЗКР.

Наведені характеристики ЗКР вже реалізовані в зенітних ракетних комплексах що постачаються партнерами до Збройних Сил України. Ефективність знищення повітряних цілей РФ підтверджена бойовим застосуванням.

Тож перед вітчизняним оборонно-промисловим комплексом стоїть завдання двосторонньої співпраці з промисловим комплексом країн-партнерів України.

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ-РЕТРАНСЛЯТОРІВ КОМПЛЕКСІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ**

*О.С. Моміт*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Аналіз перспектив і завдань удосконалювання безпілотних авіаційних комплексів Збройних Сил України, показав, що перспективні безпілотних авіаційних комплексів (БпАК), що використовуються як ретранслятори комплексів протиповітряної оборони (ППО) повинні забезпечувати передачу інформації в складній радіоелектронній обстановці.

Одним з перспективних шляхів вирішення проблеми є використання систем з рознесеними передавальними і приймальними антенами – системи МІМО з поєднанні з шумоподібними сигналами.

Їх використання дозволяє проводити просторову і часову обробку сигналів, ефективніше використовувати випромінювану передавачем потужність, підвищити скритність системи зв'язку, знижувати негативний вплив завад.

Запропонована модель дозволяє дослідити питання функціонування БпАК-ретрансляторів комплексів ППО під впливом шумових, гармонійних та імпульсних завад.

В результаті моделювання отримано:

- кількісну оцінку негативного впливу різних видів завад на якість зв'язку;
- математичне співвідношення дії інших видів завад;
- пропозиції заходів спрямованих на боротьбу з навмисними завадами;
- можливість прогнозування ймовірної стратегії постановника завад (на найгірший випадок);
- можливість проведення імітаційного моделювання радіоліній БпАК з кодовим розділенням каналів в умовах дії навмисних завад.

### **PRINCIPLES OF THE CONSTRUCTION OF MODERN AIRCRAFT MISCELLANEOUS COMPLEXES WITH OPEN ARCHITECTURE AS AN EXAMPLE OF THE NASAMS SAM**

*V. Lisovenko; M. Fisun; Y. Trofimenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The role of air defense systems in the Russian-Ukrainian war is very significant. Ground-based anti-aircraft missile complexes and mobile fire groups are the backbone of Ukrainian air defense.

Modern air defense systems, such as IRIS-T, RBS-23, Crotale-NG and one of the most interesting complexes of our time – the American-Norwegian NASAMS air defense system, are built as complex technical systems (STS) with open architecture. The use of such an approach to the creation of STS is currently most deeply developed in the field of information technologies and computing tools, however, it has become widely used in the creation of other complex special purpose systems.

The report presents the general properties of systems with open architecture and their features in relation to modern air defense systems.

The following are defined as the basic principles of the open air defense architecture:

- the design provides for the possibility of expanding the system;
- the use of technical solutions and technologies does not require license costs, i.e. it involves the maximum use of previously developed components;
- in the process of operation, it is possible to change the basic composition of the system by the user himself.

This approach makes it possible to create modern air defense systems with minimal time and cost and operate them with maximum efficiency, which is confirmed by the example of the NASAMS air defense system, for which, in particular, this year, flight tests of the new AMRAAM-Extended Range (ER) missile were successfully conducted.

### **USE OF SURVEILLANCE MEANS FOR MONITORING THE AIR SITUATION**

*D. Ramshov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; D. Oparin<sup>1</sup>;*

*A. Piechkin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*V. Tiutiunnyk<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*P. Bieliaiev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Military unit 4629;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the characteristics of video surveillance means shows that they can be used to monitor the air situation – detection and recognition of surface-to-surface missile launches. Thus, with the help of the software module, based on the

results of processing the video stream from IP cameras, automatic detection of missile launches against the background of natural obstacles and automated formation of warning signals about missile danger is carried out.

To implement the automatic detection algorithm in real time, the software module uses a model with an open architecture, which is based on the use of convolutional neural network algorithms and elements of artificial intelligence.

Detection and recognition of missile launches, using the software module, can be carried out only in conditions of optical visibility (providing optical contrast against the background of the sky). Limitations are related to the technical characteristics of IP cameras used for video surveillance.

The software module is made in the Python programming language. It allows you to receive information from video surveillance cameras and display it on the monitor in automatic mode. The options for recording video information and its subsequent analysis also are present.

Further development of the capabilities of the software module of the air situation monitoring system is possible by the additional connection of various sensors (thermal imaging, radio-technical, etc.) and the use of all unmasking features inherent in missile launches.

#### **PROPOSITIONS FOR CREATION OF UNIVERSAL HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR THE TECHNICAL DIAGNOSTIC OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE WEAPONS**

*V. Kobzjev<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*A. Kovtunov<sup>1</sup>, Ph.D.;*

*B. Vasyliiev<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A3017*

The full-scale invasion of the Russian Federation led to an increase in requirements for the recovery speed of anti-aircraft missile weapons. The vast majority of specialized technical diagnostic (TD) equipment equipped with the repair and restoration units of anti-aircraft missile forces, made on an outdated element base, have a high level of selectivity of application (which determines their sufficiently large nomenclature) and low adaptability to diagnosing weapons samples, which are supplied by partner countries.

A promising way to solve this problem is the creation of a universal hardware and software complex (HSC) of the TD with the possibility of its application in relation to a wide range of weapons. The hardware component of such an HSC TD contains an indication and control module, a test signal generation (TSG) module, an output signal analysis (OSA) module, submodules (shields) for conjugation of the above-mentioned modules with blocks that must be diagnosed. The software component of such HSC TD contains interactive modules for preparation for testing and its implementation, a database of programs for TSG and OSA modules.

For the described structure of the HSC TD, taking into account the purpose of each module and the principles of its construction, the order of interaction of the elements of the HSC TD is determined, as well as the necessary nomenclature of sub-modules (shields). Propositions have been developed regarding user (operator) interfaces of HSC TD, use of the potential element base of HSC TD elements.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МОДАЛЬНОГО КРИТЕРІЮ ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПРИКРИТТЯ**

*О.В. Глоба, д.філос.*

*Національний університет оборони України*

Важливим застосуванням теорії очікуваної корисності вважається використання можливості формалізації процесу прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності. Існує твердження, що при наявності фундаментальної погодженості, тобто, коли невизначеність викликана однаковими причинами, екстенсивна і нормальна форми задачі прийняття рішення стають еквівалентними з погляду очікуваної корисності розглянутих альтернатив. Таке твердження, з урахуванням того, що невизначеність у середовищі функціонування системи зенітного ракетного прикриття також можна вважати причиною впливу однакових факторів, значно спрощує логіку вибору критерію прийняття рішень під час визначення вихідних умов функціонування системи.

Тому, пропонується використовувати модальний критерій прийняття рішення (модальний критерій корисності). Його сутність полягає у виборі альтернативи, виходячи з найбільш імовірного стану середовища. При використанні цього критерію особа, яка приймає рішення вважає, що середовище знаходиться у певному стані  $v^i$  та обирає відповідну альтернативу.

Запропонований критерій має суттєві переваги:

- достатньо визначити лише найбільш імовірний стан середовища без визначення імовірності його виникнення;
- зменшується об'єм обчислень внаслідок відсутності необхідності розрахунку імовірностей станів середовища.

Найбільш імовірним станом середовища пропонується обирати найбільш важкий, з точки зору протидії, варіант дій повітряного противника, що передбачає одночасне застосування всіх його засобів з одночасним їх входженням до зон ураження створюваної системи прикриття із різних напрямків і висот.

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК**

*О.В. Глоба, д.філос.; М.А. Левченко, к.військ.н., доц.;*

*В.С. Мельниченко, к.військ.н., доц.*

*Національний університет оборони України*

Результати аналізу бойового застосування зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України в російсько-українській війні свідчать про те, що у протиборстві з повітряним противником відбуваються суттєві зміни. Противник застосовує такі засоби ураження, у яких рубіж виконання завдання визначається межами об'єктів прикриття або межами угруповань військ, а за неможливості уразити певні типи засобів повітряного нападу – дальністю їх пуску.

Переважна більшість засобів ураження противника здатна маневрувати курсом і висотою, “обходити” зони ураження зенітних ракетних комплексів,

що ускладнює виявлення таких цілей і визначення “імовірних” напрямків удару. Це призводить до того, що використання принципу зосередження основних зусиль на найбільш імовірних напрямках та висотах дій повітряного противника може привести до значних втрат внаслідок неврного прогнозу напрямків і висот. Також, доволі ускладненим стає здійснення вибіркового знищення найбільш важливих цілей, що у поєднанні із вже відпрацьованою тактикою завдання одночасних ударів різнотипними засобами ураження противника створює новий виклик існуючій системі зенітного ракетного прикриття, призводить до розсіювання її зусиль та збільшення витрати ресурсів.

Зазначені зміни з урахуванням функціонування системи зенітного ракетного прикриття в умовах періодичного оновлення засобів повітряного нападу, оновлення парку зенітного ракетного озброєння потребують додаткового вивчення питання створення такої системи, особливо тоді, коли не вдається забезпечити дотримання відразу кількох принципів бойового застосування зенітних ракетних військ і яка, при цьому, здатна успішно протидіяти повітряному противнику.

### **ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО (РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО) ПРИКРИТТЯ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ВАЖЛИВИХ ДЕРЖАВНИХ І ВОЄННИХ ОБ’ЄКТІВ**

*О.Б. Титаренко; В.М. Стогній; О.М. Шинкарук  
Національний університет оборони України*

Сьогодні в умовах повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України, коли агресором здійснюються постійні обстріли території держави з використанням крилатих ракет та безпілотних літальних апаратів, виникає необхідність у зосередженні основних зусиль на підвищенні ефективності протиповітряної оборони щодо прикриття важливих державних і воєнних об’єктів.

Проведені розрахунки з використанням існуючих методик оцінювання ефективності протиповітряної оборони дозволяють стверджувати, що для підвищення ефективності функціонування системи зенітного ракетного (ракетно-артилерійського) прикриття об’єктів, необхідно створити ешелоновану систему прикриття у складі зенітних ракетних комплексів різних типів, здатних знищувати засоби повітряного нападу різних типів у всьому діапазоні висот, з урахуванням тактико-технічних характеристик комплексів, характеристик об’єкту прикриття та рельєфу місцевості. Застосування зенітних ракетних комплексів ближньої дії у складі угруповання зенітних ракетних військ, дозволить підвищити живучість зенітних ракетних комплексів в цілому, що в свою чергу, також впливає на ефективність прикриття об’єктів.

Практична реалізація рекомендацій дозволить підвищити ефективність зенітного ракетного (ракетно-артилерійського) прикриття важливих державних і воєнних об’єктів до рівня, який забезпечить виконання бойових завдань під час ведення протиповітряної оборони держави.

## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ТА ПРОТИРАКЕТНОЇ ОБОРОНИ УКРАЇНИ**

*В.Г. Паталаха, к.військ.н., доц.  
Національний університет оборони України*

В ході російсько-української війни противник намагається наносити ракетно-авіаційні удари по всій території України з застосуванням всього наявного спектру засобів повітряного нападу (ЗПН). Відбувається періодична зміна тактики їх нанесення, застосовуються новітні аеробалістичні та гіперзвукові засоби ураження. Отже, з урахуванням існуючих та потенційних загроз, питання посилення протиповітряної та протиракетної оборони (ПП та ПРО) України набувають першочергового значення.

Надходження західних зразків озброєння ПП та ПРО обумовлюють актуальність питання щодо їх інтеграції в єдину систему для ефективної боротьби з усіма наявними та перспективними ЗПН противника, у тому числі з новітніми аеробалістичними та гіперзвуковими ракетами.

Грунтуючись на досвіді країн-партнерів, можливо визначити основні напрямки створення та розвитку інтегрованої системи ПП та ПРО України. Серед них основними можуть бути: посилення ПП та ПРО за рахунок сучасних західних систем, створення ешелонованої “трирівневої” системи ПП та ПРО: ближнього, середнього та дальнього радіуса дії, інтеграція сучасних західних зенітних ракетних комплексів (ЗРК), створення єдиної автоматизованої інформаційної мережі, створення єдиної автоматизованої системи управління бойовими засобами з інтеграцією різних типів ЗРК, створення інтегрованої підсистеми некінетичної зброї (засоби радіоелектронної боротьби та електронної антидроновної боротьби), посилення безпосереднього прикриття позицій засобів ПП та ПРО.

## **УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ БОЙОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ УЗГОДЖЕНОЇ ВЗАЄМОДІЇ**

*Д.В. Резнік, к.військ.н., доц.  
Національний університет оборони України*

Інтеграція зенітних ракетних військ (ЗРВ) з винищувальною авіацією (ВА) в одній зоні, відповідно синергетики теорії взаємодії, має надати системі ППО додатковий системний ефект – емерджентність. Для підвищення ефективності виконання поставлених завдань, необхідно збільшувати цей системний ефект, який майже пропорційно залежить від підвищення ефективності взаємодії елементів системи ППО.

Дослідження узгодженої взаємодії проводиться на моделі багатоелементної системи яка включає керуючу підсистему верхнього рівня – управляючий елемент і керовані підсистеми нижнього рівня – активні бойові елементи зі складу ЗРВ та ВА що беруть участь у протиповітряній обороні за єдиним замислом. Командний центр координує роботу елементів видаючи їм план, завдання та стимулюючі дії (розподіл ресурсів), а активні бойові елементи здійснюють реалізацію цих завдань, визначаючи при цьому свої фактичні стани з позиції власних інтересів. В якості стимулюючих впливів можуть виступати різні ресурси, які виділяються підсистемам для виконання завдання а також всебічне їх забезпечення, або стимулювання можна

реалізувати побічно, шляхом зміни різних параметрів моделей функціонування бойових елементів, наприклад, шляхом перерозподілу цілей між бойовими елементами. Умовою реалізації узгодженої взаємодії є перетиналися множин стимулюючих впливів, що враховують одночасно інтереси командного центру і всіх бойових елементів.

Отже, вибір моделі узгодженої взаємодії надає можливість провести розрахунок ефективності взаємодії через оцінку перевищення додаткового (синергетичного) ефекту всіх елементів системи над їх витратами (втратами).

### **ОБГРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ВПЛИВУ ОБСТАНОВКИ НА БЕЗПЕКУ СПІЛЬНИХ ДІЙ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК ТА ВИНИЩУВАЛЬНОЮ АВІАЦІЄЮ**

*Б.Ж. Шкурат, д.філос.; Ю.П. Целищев, к.т.н., доц.  
Національний університет оборони України*

В умовах ведення протиповітряної оборони може поширюватися не тільки на зону проведення операції, але й вглиб території країни, що вимагає залучення всіх доступних вогневих засобів, зокрема зенітних ракетних військ та винищувальної авіації. Як доводить практика, спільному застосуванню наземних та повітряних засобів притаманна можливість знаходження винищувачів в зонах вогню зенітних ракетних комплексів, тому організація спільних дій зенітних ракетних військ та винищувальної авіації вимагає урахування додаткових факторів обстановки, які впливають, зокрема на безпеку таких дій, що характеризується імовірністю знищення своїх літальних апаратів (“дружного вогню”), яка потребує врахування при прийнятті рішень на організацію ППО.

Одним зі складових цієї імовірності є коефіцієнт врахування впливу обстановки на імовірність обстрілу своїх літальних апаратів. Тому при його розрахунку запропоновано враховувати показники (коефіцієнти) впливу поточних факторів, зокрема впливу варіанту розподілу зусиль, умов передачі інформації, інформованості посадових осіб про обстановку, особливості впізнання державної належності, підготовки особового складу відповідних ланок управління до спільного застосування підпорядкованих сил та засобів. При обґрунтуванні значень коефіцієнтів використано методи теорії імовірностей, агрегації показників, тактико-технічні дані апаратних засобів та спеціального програмного забезпечення, а також технічні умови забезпечення якості зв'язку та вимог до програмних продуктів.

### **МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

*Р.М. Животовський, к.т.н., ст.д.; О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Представлені результати проведеної роботи з вироблення пропозицій щодо покращення стану захисту (оборони) об'єктів енергетичної інфраструктури України від ударів крилатими ракетами та баражуючими

боеприпасами (БпЛА-камікадзе) на основі пропозицій іноземних компаній щодо постачання відповідних засобів захисту (оборони).

Кінцева мета заходів – зниження імовірності ураження визначених об'єктів енергетичної інфраструктури внаслідок ударів засобів повітряного нападу (ЗПН) противника. Підсистеми ЗПН, які підлягають впливу: засоби супутникової радіонавігації, радіолокаційні головки наведення ракет, оптико-електронні головки наведення ракет, корпус та аеродинамічні засоби ЗПН під час польоту.

Методика вироблення пропозицій щодо покращення стану захисту (оборони) об'єктів полягала в обґрунтуванні варіантів кількісного складу засобів протидії (оборони). Пропозиції містили мінімальний, максимальний та раціональний склад засобів.

Основний зміст робіт: усвідомлення характеристик засобів протидії (оборони); оцінювання характеристик об'єкта та місцевості; аналіз досвіду попередніх ударів; визначення існуючої системи оборони (сили і засоби військово-цивільної адміністрації, НГ України, ЗС України); рекогносцювання місцевості та визначення можливих пунктів розміщення засобів; експертне обговорення розміщення пунктів протидії (оборони) та варіантів складу засобів кожного пункту; узагальнення отриманих результатів.

## **ШЛЯХИ ОЦІНЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ СПРОМОЖНОСТЕЙ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПРИКРИТТЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

*П.С. Чернявський  
Військова частина А3730*

Спираючись на досвід ведення сучасних протиповітряних боїв та враховуючі наявність засобів зенітного ракетного озброєння для прикриття території України, постає нагальна потреба постійного розвитку та удосконалення системи зенітного ракетного прикриття. Під час створення системи зенітного ракетного прикриття важливим кроком є оцінювання реалізації бойових спроможностей, які підлягають створенню (розвитку) з охорони повітряного простору та протиповітряного прикриття важливих державних та військових об'єктів, що в свою чергу вимагає комплексного підходу.

У доповіді для оцінювання реалізації забезпечення бойових спроможностей під час створення системи зенітного ракетного прикриття пропонується врахувати наступні аспекти: аналіз технічних характеристик зенітних ракетних комплексів (ЗРК), їх можливості щодо виявлення та знищення повітряних цілей; програми навчання та тренування операторів ЗРК, здобуття ними необхідних знань та навичок для ефективного застосування зенітного ракетного озброєння; системи зв'язку та інтеграція нових ЗРК в існуючу систему протиповітряної оборони; доступність технічної підтримки та безперервного отримання оновлень ЗРК та їх модернізації; ефективність та стійкість системи зенітного ракетного прикриття в реальних умовах та взаємодія з іншими підрозділами сил оборони; здатність до оперативного реагування на загрози, мобільність; взаємусумісність з системами протиповітряної оборони країн-членів НАТО.



**АНАЛІЗ ХАРАКТЕРНИХ ДЕМАСКУЮЧИХ ОЗНАК  
УГРУПОВАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*О.Б. Титаренко, к.військ.н., доц.; Ю.О. Горобець, к.військ.н., доц.;  
Є.В. Власенко*

*Національний університет оборони України*

Вивчення досвіду широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти нашої держави, сучасних збройних конфліктів, де відбувалося застосування засобів повітряного нападу (ЗПН), дозволяє зробити висновки, що в умовах суттєвої переваги сучасних ЗПН над силами і засобами протиповітряної оборони, втрати зенітних ракетних військ (ЗРВ) в операціях зросли до критичного рівня. У першому ударі ЗПН знищується орієнтовно до 60% зенітних ракетних засобів, що унеможливило виконання завдань зенітного ракетного прикриття військ та об'єктів. Саме цей факт підкреслює актуальність внесення радикальних змін в основні принципи ведення боротьби з повітряним противником і, перш за все, якісного та нового підходу до питань забезпечення живучості ЗРВ.

У доповіді проведений аналіз характерних демаскуючих ознак угруповання ЗРВ Повітряних Сил Збройних Сил України. Акцентовано увагу на тому, що аналіз сукупності характерних демаскуючих ознак угруповання ЗРВ дозволяє противнику розкрити оперативну побудову, істинний стан і можливості сил та засобів, їх розташування, наміри і характер дій, ступінь бойової готовності і боздатності, характер інженерного обладнання місцевості.

До того ж, з досвіду російсько-української війни визначено, що найбільше застосування під час вирішення завдань виявлення угруповання ЗРВ отримали оптична і радіоелектронна розвідка, які спрямовані на пошук та виявлення характерних збурень та змін електромагнітних полів, відбиття хвиль у видимому, інфрачервоному та радіодіапазоні.

Напрямами подальших досліджень є пошук шляхів підвищення живучості угруповання ЗРВ під час відбиття ударів ЗПН противника до рівня, що забезпечить виконання покладених на нього бойових завдань.

**ПРОБЛЕМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ В УМОВАХ  
ШИРОКОМАСШТАБНОЇ АГРЕСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ**

*В.В. Ткачов, к.військ.н., проф.; Г.С. Степанов, к.військ.н., доц.;*

*В.В. Камінський, к.військ.н., доц.; П.В. Орхівський*

*Національний університет оборони України*

Аналіз збройних конфліктів другої половини ХХ-го і початку ХХІ ст., а також досвід широкомасштабної агресії російської федерації проти України свідчать, що засоби повітряного нападу набули практично вирішального впливу на хід і результат бойових дій.

Застосування засобів повітряного нападу, дозволяє країнам найбільш ефективно реалізувати свою військово-технологічну перевагу над менш розвинутими противниками, а також суттєво знижує військово-політичні втрати і супутні витрати.

В сучасних умовах провідна роль у збройних конфліктах відводиться засобам повітряного нападу, які здатні вирішувати не тільки оперативні, а й стратегічні завдання.

Противник, постійно удосконалюючи велике різноманіття засобів повітряного нападу, домагається створення якісно нових засобів:

– тактичних крилатих ракет повітряного, наземного і морського базування, здатних здійснювати політ до об'єктів удару по заданих маршрутах на малих та гранично малих висотах;

– малопомітних для РЛС ППО літаків тактичної та стратегічної авіації і крилатих ракет, які виконані по технології “Стелс”;

– безпілотних літальних апаратів різного цільового призначення, здатних здійснювати польоти на малих, середніх та великих висотах.

Наростивши високоточні засоби ураження дальньої дії, насамперед крилаті ракети та безпілотні літальні апарати, агресор намагається вирішити важливі стратегічні завдання, такі як: знищення основних угруповань військ, стратегічних та оперативних резервів, порушення державного і військового управління та нанесення військово-економічному потенціалу шкоди стратегічного значення, створення обставин, які примусять піти на мирну згоду на вигідних для агресора умовах.

Виходячи з цих обставин, проблема протиповітряної оборони держави стала ще більш актуальною та набула загальнодержавного масштабу.

Протиповітряна оборона держави (протиповітряна оборона важливих державних об'єктів та угруповань військ) перетворилася в першочергове стратегічне завдання, без надійного вирішення якого неможливе ні успішне ведення операцій сил оборони, ні збереження державного і військового управління, ні функціонування на належному рівні економіки держави.

Таким чином, з військово-політичної точки зору, протиповітряна оборона держави є одним із стратегічних факторів стримування агресора та потребує подальшого дослідження та розвитку.

## **ТАКТИКА ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПЗРК**

*С.В. Пантюхін; Л.М. Германенко; Д.О. Василюк  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

На початку повномасштабного вторгнення РФ одним із основних видів озброєння у сухопутних підрозділах ЗС України був переносний зенітно-ракетний комплекс (далі – ПЗРК) “Ігла”. Це зброя для знищення низьколітаючих повітряних цілей противника, яка є одним із інструментів партизанської війни та дії з засідок, тому що у реальних бойових умовах не завжди є можливість використати повністю потенціал ПЗРК. Зазвичай це пов'язано зі складністю бойової обстановки, коли оператор ПЗРК може знаходитись під обстрілом, відсутністю зв'язку та цілевказання від центральних пунктів, а також рельєфом місцевості. Але основним фактором повноцінного використання ПЗРК є навченість оператора. Якщо він не має повної картини повітряної обстановки, то в нього залишається вкрай обмежений час для пострілу. Для того, щоб помітити ціль, привести ПЗРК до пострілу та зробити сам постріл, є до 10 секунд, а блок живлення працює лише

30 секунд. Тому трапляються випадки, коли блок живлення згорає після активації. Також важливо дотримуватися умов зберігання та транспортування як самих блоків живлення, так і ПЗРК, оскільки вони чутливі до ударів і тряски під час перевезення. З переваг комплексів ПЗРК – це в першу чергу їх мобільність. Розрахунки ПЗРК використовуються як мобільними групами ППО, яким після стрільби необхідно негайно змінювати позицію, так і для прикриття переміщення військових ешелонів та колон. Отже, мобільність ПЗРК у поєднанні з тактикою застосування мобільних вогневих груп робить цей тип зброї ефективним у прикритті повітряного простору України, зокрема від крилатих ракет та ударних дронів, що підтверджують звіти ППО. Створення нових зразків зенітного ракетного озброєння вітчизняного виробництва та модернізація існуючих значно посилять протиповітряні можливості військових підрозділів.

## СЕКЦІЯ 7

### ТАКТИКА РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК, РОЗВИТОК ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ РТВ. ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ В ХОДІ БОЙОВИХ ДІЙ

Керівники секції: бригадний генерал Донченко М.М.;  
д.т.н. проф. полковник Худов Г.В.  
Секретар секції: майор Денисенко С.В.

### ASSESSMENT OF THE CAPABILITIES OF DETECTING KALIBR CRUISE MISSILES BY RADARS IN THE SOUTHERN DIRECTION

*M. Donchenko<sup>1</sup>; K. Zadereĭ<sup>2</sup>; H. Kudryashov<sup>2</sup>;  
H. Khudov<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor  
<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the war against Ukraine, the Russian Federation has been using precision-guided cruise missiles to strike military and civilian targets. Approximately 80% of the cruise missiles used are Kalibr cruise missiles. The percentage of Kalibr cruise missiles used is particularly high in the southern direction.

The experience of the Russian-Ukrainian war proved that modern Kalibr cruise missiles (of various modifications) can change their trajectory, altitude and direction to mislead air defence systems.

As for the southern direction, it has been established that Russia's strategic goal is to stop the export of Ukrainian grain through the Black Sea. Intensive shelling of Ukrainian ports used as part of the Black Sea Grain Initiative and the port of Reni is proof of this.

Therefore, the detection of Kalibr cruise missiles in the southern direction is relevant because it is the carriers of these missiles that are located in the Black Sea area.

Using the special mathematical software "Virazh-RD", the flight paths of the Kalibr cruise missiles were calculated. It was found that their routes are quite complex, as they can change the trajectory, altitude, speed and direction. In accordance with the calculated flight trajectories, the detection zones of radars in the southern direction were calculated.

The process of detection of air objects (Kalibr cruise missiles) by radars at low and extremely low altitudes is modelled and analysed. The shortcomings in the location of radars are identified and recommendations for the construction of a radar field in the southern direction are given.

## **METHODOLOGY FOR CHOOSING THE RESULTING IMAGE IN MULTISPECTRAL OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*V. Tarshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; M. Kyravskiy; R. Lukianiuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main requirements for optical-electronic reconnaissance systems are the speed of processing and the accuracy of determining the coordinates of reconnaissance objects in the input images. The presence of separate optical and infrared optical channels in such systems does not always allow to fulfill the tasks in difficult observation conditions.

One of the solutions to this problem is multispectral image fusion, which takes into account the color space of the television image representation, preliminary image preparation, selection of weighting coefficients during fusion, taking into account the brightness and structural dependence of the source images, which will increase the peak signal-to-noise ratio of the source image in conditions of low contrast and adversary countermeasures.

Based on the results of the conducted research, a methodology for selecting the resulting image in multispectral optoelectronic surveillance systems for unmanned aerial vehicles is proposed. This methodology pays special attention to the initial state of the input images, and the results of the performed compilation. Based on the quality assessment of the input images and the fused image, the image with the best information content and signal-to-noise ratio is chosen.

## **PROPOSALS FOR RADAR TARGET RECOGNITION BASED ON BDS STATISTICS**

*K. Vasyuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
F. Zots, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Liashenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Information about the class or type of radar target allows prioritizing targets from a multitude of others during mass raids or distinguishing false targets from true ones. Solving the problem of recognition during radar detection of targets enables optimizing target distribution tasks and adapting the means of impact considering the characteristics of the target class (type). Therefore, the relevant task is to complement existing approaches to air target recognition based on range profiles and echo signals by applying non-parametric BDS statistics.

The authors propose to perform the recognition of radar targets by types through estimating the degree of correlation between elements of the observed echo signal (time series). This measure of correlation is manifested in the value of BDS statistics. The dependency of BDS statistics values for range profiles (echo signals) of cruise missiles (AGM-86C and TAURUS KEPD 350) and artillery shells (Grad system with a caliber of 122 mm and OF25 with a caliber of 152 mm) depending on the target aspect in vertical and horizontal polarization is obtained. BDS statistics values in horizontal polarization significantly depend on the target aspect, complicating recognition as the value ranges for different targets overlap. It is shown that in vertical polarization, the obtained BDS statistics values for the echo signals of each target correspond to a specific range. The obtained data on the value range for each target type indicate the potential for high-confidence target recognition,

regardless of the target aspect. The lateral aspect of the target is particularly ambiguous in some cases, but even under such conditions, recognition can be performed based on the calculation of BDS statistics values. BDS statistics values are proportional to the size and complexity of the target shape, manifested in the structure of the echo signal under conditions of high range resolution capability. The main difference from known methods is that it does not involve comparing standard range profiles, frequency spectra of echo signals, which vary depending on the target aspect, but determines the range of BDS statistics values for a specific airborne object, taking into account changes with the aspect.

The results of this work can be applied in developing recognition algorithms for classes (types) of airborne targets in radar systems employing broadband signals. Subsequently, the authors will explore the potential applications of the proposed approach for recognizing a broader spectrum of target classes.

### **ANALYSIS OF SIGNALS OF ON-BOARD RADIO ELECTRONIC SYSTEMS OF UNMANNED AIRCRAFT AS A SOURCE OF INFORMATION FOR A PASSIVE LOCATION SYSTEM**

*Y. Biernik; Y. Shevchenko; H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of using unmanned aerial vehicles (UAVs) during the Russian-Ukrainian war is analyzed. An analysis of known UAV detection methods was carried out. The capabilities of radar stations to detect operational and tactical UAVs have been investigated. It was established that the existing radar stations do not meet the requirements for detection indicators and determining the accuracy of UAV coordinates.

It is proposed to use the receiver system as an additional source of information on UAV detection. Analyzed signals of on-board UAV systems as sources of information for the system of passive receivers. It was established that the main sources of signals for the system of passive receivers are the signals of command, telemetry, target channels, manual control channels and satellite navigation.

The spectrum and spectrogram of the signal of the telemetry channel of the "Orlan-10" UAV are given. The term "spectrogram" means an image that highlights the dependence of the spectral density of the signal power on time. The spectrum and spectrogram were obtained under the condition of a spectrum width of 1 MHz at frequencies from 921 MHz to 922 MHz. It was concluded that the signal-to-noise ratio for telemetry channel signals is approximately 24 dB. It is known that when detecting UAV "Orlan-10" by radar stations of the P-18MA, P-19MA type it is on average from 8 dB to 13 dB, depending on the detection conditions. This indicates an increase in the signal-to-noise ratio due to the use of on-board equipment signals of inconspicuous aerial objects.

The spectrum and spectrogram of the telemetry channel signal of the Eleron-3SV UAV are given. The spectrum and spectrogram were obtained under the condition of using 10 frequencies in the band from 915 MHz to 920 MHz. It was concluded that the signal-to-noise ratio for telemetry channel signals is approximately 17 dB. It is known that when the Eleron-3SV UAV is detected by radar stations of the P-18MA, P-19MA type, it averages from 6 dB to 12 dB, depending on the detection conditions. This indicates an increase in the signal-to-noise ratio due to the use of on-board equipment signals of inconspicuous aerial objects.

## **COMPUTER MODELING OF THE RADAR SCATTERING CHARACTERISTICS OF 3M-14 "KALIBR" AND X-101 CRUISE MISSILES IN THE VHF AND UHF FREQUENCY BANDS**

*G. Zalevsky, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Borysenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The results of computer modeling the radar scattering characteristics of 3M-14 "Kalibr" and X-101 cruise missiles are considered.

Computer models of the 3M-14 "Kalibr" and X-101 cruise missiles were created for computer modeling their radar scattering characteristics. The models are adapted to the electrodynamic method based on the magnetic field integral equation solution. The method makes it possible to obtain electromagnetic responses of cruise missiles with specified polarization, spatial and time-frequency parameters of the probing signal.

The back scattering diagrams (the radar cross section) of 3M-14 "Kalibr" and X-101 cruise missiles in the VHF (wavelength  $\lambda=1.67$  m) and UHF (wavelength  $\lambda=0.1$  m) wave ranges on two orthogonal polarizations are discussed. The impact of the detailing the surfaces models of the 3M-14 "Kalibr" and X-101 cruise missiles on the precision of modeling the radar scattering characteristics is discussed. The values of the mean and median values of the radar cross section of cruise missiles 3M-14 "Kalibr" and X-101 in the main azimuthal sectors was carried out.

The obtained results can be used to replenish the database of radar scattering characteristics of cruise missiles, for the purpose of providing proposals for improving the effectiveness of detecting and guiding cruise missiles by units of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, which are armed with VHF and UHF-band radars, as well as at the stage of developing domestic radars of the mentioned frequency band.

## **MODERN METHODS OF FORMING SENSING SIGNALS IN RADARS OF THE METER WAVE RANGE**

*I. Leonov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Kostianets, Candidate of Technical Sciences;  
V. Zakharchenko; A. Halahanyuk; R. Husar  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the experience of the Russian-Ukrainian war shows that in armed conflicts, the opposing parties use a whole range of measures related to intelligence, the purpose of which is to identify the location, means and forces of the enemy. For this purpose, both sabotage and reconnaissance groups and electronic intelligence are widely used. The latter involve the use of these means not only on land and sea, but also in the air, by placing them on both manned and unmanned aircraft. The small size and materials used to make unmanned aerial vehicles, as well as the low altitudes at which they are used, make them more advantageous than other intelligence assets. The existing fleet of radars often fails to detect such unmanned aerial vehicles. To eliminate this drawback, it is advisable to use multifunctional radars with shapers capable of changing the frequency and time parameters of the sensing signals, and thus adapting to the detection conditions, which will allow them to distinguish targets against the background of interference. Traditionally, signals

with high range resolution are used to solve these problems. However, there are no universal signals capable of solving all radar problems.

The paper analyzes signals with phase and frequency modulation that can provide a low level of side lobes of a compressed signal. To solve this problem, it is proposed to use multifrequency signals with different types of partial component coding. Practical options for the implementation of digital multifrequency signal generators with the required parameters are proposed.

## **WAYS TO IMPROVE THE DETECTION OF AEROBALLISTIC MISSILES BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*T. Grabovsky; Yu. Oliynyk; D. Zhuikov, Ph.D.;*  
*H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor*  
*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In connection with the war between Russia and Ukraine, the detection of aeroballistic missiles is becoming a very important task. It is important to keep in mind that improving the detection of these missiles requires a combination of different technologies and approaches.

Radar. Radars are a key element of aeroballistic missile detection. They can be used to detect missiles at long ranges, as well as to track missile trajectories. Radar improvements are aimed at increasing the quality of detection, accuracy and speed of response.

Data visualisation and analysis systems: Large volumes of data from radar and other sources require efficient visualisation and analysis systems to quickly detect and identify aeroballistic missiles among other objects.

Satellite systems. The use of satellite systems to detect and track missile trajectories can be very effective, especially in monitoring remote areas and detecting missile launches in remote locations.

Electronic warfare. Electronic warfare systems can be used to intercept and interfere with communications links that control aerial ballistic missiles, as well as to use decoys and spoof signals.

Analysing sensor data and using artificial intelligence. The use of data analysis from a variety of sensors, such as radars and satellites, as well as the use of artificial intelligence techniques to recognise patterns and predict possible missile manoeuvres, can significantly improve the effectiveness of detecting and responding to aeroballistic threats.

A key part of deterring, defending against, and overcoming the threat posed by hypersonic missiles will be advanced global and continuous sensing – the ability to detect and track threats at all stages of flight.

The United States, China, Russia and possibly even North Korea already have hypersonic weapons at their disposal, which means that they all need to develop detection and countermeasures.

According to Erin Kokurek, senior director of hypersonic requirements and capabilities for Raytheon Missiles & Defence, the future architecture of missile defence systems must evolve to adapt to the proliferation of unpredictable, survivable and agile threats.

A key part of deterring, defending against, and overcoming the threat posed by hypersonic missiles will be advanced global and continuous sensing – the ability to detect and track threats at all stages of flight.



The United States, China, Russia and possibly even North Korea already have hypersonic weapons at their disposal, which means that they all need to develop detection and countermeasures.

According to Erin Kokurek, senior director of hypersonics requirements and capabilities for Raytheon Missiles & Defence, the future architecture of missile defence systems must evolve to adapt to the proliferation of unpredictable, survivable and agile threats. Traditional systems have been designed to defend against ballistic missiles with predictable trajectories, but new threats can quickly change course to avoid detection by our sensors. Threats today come in the form of land-, air-, sea-, and even submarine-launched cruise and ballistic missile threats, including hypersonic missiles. Hypersonic vehicles fly at Mach 5 (five times or more the speed of sound; approximately 3,853 mph) or higher in the upper atmosphere, and can manoeuvre to avoid detection, tracking, and countermeasures.

Hypersonic missiles are manoeuvrable vehicles that fly outside the atmosphere and can be launched from anywhere. To control, defend and defeat this threat, an advanced global and continuous monitoring system is required. This means the ability to detect and track threats at all stages of their flight – from initial acceleration to mid-range and through the final phase of flight.

One of the key strategies, she notes, will be to bring attention to the threat through a distributed sensor architecture of networked sensors to provide full storage, data fusion, low latency, and incorporate artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) for more timely decision-making capabilities.

Networking sensors and distributing them from space to the ground will provide a more complete picture of threats. The aforementioned need to focus on the command and control (C2) capabilities that will enable this advanced mission remains relevant. Multi-domain sensing requires the resources and structures of Joint All-Domain Command and Control (JADC2). Raytheon Missile & Defence's advanced sensors are being developed to meet the JADC2 mission requirements.

These software-defined sensors (so-called modern apertures) can perform multiple missions almost simultaneously in any area. This means that the hardware is ready for distributed sensing and multiple missions to connect sensors with users.

This research covers a wide range of technologies and approaches aimed at improving the quality of aeroballistic missile detection.

### **METHOD OF JOINT SEARCH AND DETECTION OF SUBTLE AIRBORNE OBJECTS IN THE VIEWING AREA OF A DISCRETE STRUCTURE**

*K. Tahyan; H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the results of the analysis of the experience of using radio engineering units in repelling the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, a significant deterioration in the radar field parameters was found when using existing radar means of radio engineering troops. This is due to the limited energy potential of existing radar stations, current trends in the development and improvement of air attack means and changes in the tactics of using air attack means.

An improved method for joint search and detection of low-visibility airborne objects in the viewing area of a discrete structure is proposed. The method involves the calculation of Blackwell-Black-Kadan quantities, their ordering, and the detection of subtle airborne objects. The Neumann-Pearson criterion is used.

The expressions for calculating the average risk when detecting an airborne object are obtained. In contrast to the known ones, the improved method involves the calculation of an airborne object search strategy in the class of uniformly optimal strategies. The expressions for the uniformly optimal strategy for searching and detecting an airborne object in the viewing area of a discrete structure are obtained.

The quality indicators of detecting air objects using the methods of their joint search and detection by radar stations of radio engineering troops are evaluated.

A comparative evaluation of the conditional probability of correct detection of an air object by improved and known methods is carried out.

### **ASSESSMENT OF THE CAPABILITIES OF DETECTING UNMANNED AERIAL VEHICLES "SHAHED" BY RADARS IN THE SOUTHERN DIRECTION**

*V. Ocheredko; O. Salnyk; O. Serdyuk;  
H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Starting in September 2022, the Russian Federation began to actively use Shahed unmanned aerial vehicles (UAVs). Shahed UAVs are designed to destroy ground-based fixed objects by targeting and contact detonation of the UAV's warhead. Due to its long range, the Shahed UAV can be used to destroy important government facilities deep in the territory of Ukraine.

At the moment, there is a pressing issue of detecting this type of UAV in the southern direction. The southern direction was chosen because the enemy is trying to complicate the transportation of grain through the ports of Odesa, which would cause large losses to the Ukrainian economy.

Using the special mathematical software "Virage-RD", the flight routes of the UAV "Shahed" were calculated. The experience of the Russian-Ukrainian war and the ant algorithm were used. It is established that the routes are complex, manoeuvrable, using terrain and flights at low and extremely low altitudes. The zones of detection of radars of radio engineering troops in the southern direction are calculated.

The detection process was modelled and the quality of detection of air objects (UAV "Shahed") by radars of radio engineering units was assessed. Recommendations on the location of radars on the ground in the southern direction were provided.

### **IMPROVING THE MODEL OF A LOW-ALTITUDE RADAR UNIT TO STUDY THE IMPACT OF RESOURCES ON ITS ABILITY TO CONDUCT RADAR RECONNAISSANCE OVER A CERTAIN PERIOD OF TIME**

*V. Maliuha, Doctor of Military Sciences, Senior Researcher;  
D. Hryb, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; I. Hurieiev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Given the growing round-the-clock threat of massive use of UAVs, the use of cruise missiles at extremely low altitudes against military and civilian targets, the limited resources to create the necessary capabilities of units and subunits involved in air defence to detect these threats, the relevance of studying the effectiveness of

the radar reconnaissance system for detecting air targets at extremely low altitudes during the period of preparation and conduct of operations by groups of troops is determined.

The effectiveness of the radar reconnaissance system in the operation of groups of troops against air attack assets at extremely low altitudes depends on the ability of radio engineering units to detect air threats and provide radar information to command posts throughout the entire period of the operation.

The paper considers the existing model of a low-altitude radar unit as the main unit for detecting targets operating at extremely low altitudes, which is used to study the effectiveness of the basic capability of radar information acquisition. It has been found that the existing model does not take into account the impact of resource provision, which directly affects the maximum realisation of the requirement for the unit's capability. An approach to solving the actual problem using an improved model is presented. To take into account the resource provision, it is proposed to introduce an indicator of the probability that the resource provision will allow maximum realisation of the requirements for the unit's capacity. The novelty of the improved model is that, unlike the known one, it allows to study the impact of each type of resource on the implementation of the combat capabilities of the unit.

## **METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS ON THE PREPARATION OF REPORTS ON RESEARCH AND OPERATIONAL TASKS**

*D. Grib, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
O. Maliarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In Ukraine, there are national standards ДСТУ 1.5:2015, ДСТУ 3008:2015, ДСТУ 8302:2015, military standards ВСТ 001.001:2023 and publication ДДП 1-0(189), which define the rules for the design of scientific and scientific and technical products (STP) – standards, reports, military publications. An analysis of these guiding regulatory documents shows that the developers of each of them have formulated requirements for the registration of STP at their own discretion, and these requirements differ in each document, allow for ambiguous understanding and even contain errors and outdated requirements. A good example: the requirements for paragraph indentation, which date back to the days of typewriters, are still in place.

At least in Kharkiv National Air Force University, there is a need to establish unified, unambiguously clear rules for the design of such STP as research reports and operational tasks, taking into account the areas of research and the experience of the performers. For this purpose, the military publication ПвВП 1-00(53).39-3 "Methodological Recommendations for Preparing Reports on Research Works and Operational Tasks" was developed.

Based on the provisions of ДСТУ 3008:2015, the publication expands and/or clarifies certain requirements and recommendations for the design of structural elements of the report that are ambiguously perceived by users, corrects existing errors, adds useful examples of the design of text, appendices, tables, figures, formulas, references, lists, bibliographic descriptions of information sources. Taking into account the practice of developing the NTP, it is noted that if the developed publication does not contain rules, prohibitions or examples for the design of certain elements of the report, the contractor has the right to act at its own discretion.

## **ORGANIZATIONAL PROPOSALS FOR THE SYSTEM AIR SPACE CONTROL OF UKRAINE**

*O. Ochkurenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
L. Prokopenko; O. Alistratov; O. Rakovsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An unprecedented increase in the number of flights of unmanned aerial vehicles (UAVs), rapid development of their functional capabilities, deep integration of drones with fire equipment of army units, as well as the uncontrolled use of UAVs poses a threat to the security sphere of Ukraine. Currently, there is a need for high-quality detection of various UAVs and their guaranteed escort in the airspace of Ukraine at extremely low and low altitudes.

The current system in Ukraine for airspace control by radio engineering troops is not designed to detect and escort several thousand UAVs with a small effective dispersion surface. This indicates the need for significant systemic changes in the airspace control system of the state. It is considered expedient to transition from the current two-tier construction of the radar field to a four-tier division of responsibility zones by height. This system will ensure an increase in the capabilities of the radio engineering forces to detect and track both "classical" air targets and UAVs, without significant structural changes to the current airspace control system.

The organizational structure of the radio engineering forces must implement a fundamental increase in the technical and information capabilities of airspace control means for detecting and tracking a large number of air targets. The lack of radar means for the new division into air tiers must be solved by developing new multi-functional and multi-mode radars.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR CHECKING THE READINESS OF RADAR COMBAT SERVICES TO PERFORM COMBAT MISSIONS**

*Y. Rafalskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Levchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the russian-ukrainian war shows that in order to break through Ukraine's air defense system, attacks by the russian federation (rf) include several waves: drones flying at low altitude and speed, then subsonic cruise missiles and, finally, ballistic missiles.

An important role in the timely detection of russian air attack assets is played by the radio technical troops of the armed forces of Ukraine Air Force, which are designed to continuously conduct radar reconnaissance of airspace and provide radar information to senior, supported and interacting command post. Radio technical troops perform their tasks during combat duty.

In the context of russia's full-scale war against Ukraine, a significant number of radio engineering units are in combat positions, the location of which is constantly changing. In these conditions, for the training of the next combat crews, it is necessary to develop and use tests to check the readiness to perform a combat mission with relevant questions on the functional responsibilities of combat service.

As a result of the analysis of the capabilities of modern hardware and software systems, it can be concluded, firstly, that the program "My test X" allows not only to take tests, but also to teach the necessary skills, and secondly, it does not require deep knowledge of computers and resource costs to pass the test and has an interface in Ukrainian. This will help maintain a decent level of training for combat personnel to perform combat missions.

## **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE PROTECTION OF RADAR STATIONS FROM ANTI-RADAR MISSILES, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*Y. Rafalskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Shyshyna  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the war caused by the attack of the Russian Federation (RF) on Ukraine shows that the RF armed forces use a large number of different types of air attack weapons (AAW). During the war, anti-radar missiles (ARM) of the X-31 and X-58 types were repeatedly used from MiG-29, SU-27, SU-34, and SU-35 aircraft. The main purpose of the ARM is to destroy surveillance radars, anti-aircraft missile systems (AAMS) and communication radios.

In air defence systems, modern surveillance radars are the main source of information about the air situation. Therefore, keeping them operational is an important task.

The main areas of countering high-precision weapons, including airborne missiles, for radio technical troops units are engineering equipment of positions, masking radar assets and using their models, creating a hidden radar field, using active and passive interference with reconnaissance assets and high-precision weapons guidance systems, and increasing false information by using distracting electromagnetic radiation sources and reflective devices.

The most effective way to protect against electronic warfare is to create a comprehensive system of protection of surveillance radars against electronic warfare, based on the use of distractors, by shifting the phase centre of the system of distracting electromagnetic radiation sources.

## **PROBLEMS AND OPPORTUNITIES OF ENSURING MUTUAL RECOGNITION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT OF DIFFERENT COUNTRIES OF ORIGIN**

*O. Maliarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
I. Trofymov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The unified state identification system is created to ensure the fulfillment of two main tasks by armed forces: timely detection and defeat of the enemy and prevention of so-called "friendly fire" on their own and allied forces, neutral parties. In the context of military assistance provided to Ukraine by partner countries, the problem of mutual identification arises, which is caused not only by the technical incompatibility of the radar identification systems (RIS) of Ukraine and NATO, but also by the conditions of completing the transferred weapons.

A possible solution is the use of integrated (physically combined) functionally independent or slightly related RIS equipment of the two systems for deployment on ground and airborne platforms. However, there are technical problems with the implementation of integrated radar interrogators (IRI) and transponders (IRT).

In the radioengineering troops, the IRI can be used only in radars with mirror antennas or in specialized secondary radars of the "Trace" type.

In the anti-aircraft missile forces, a complete modernization of hardware and software is required, which is not possible.

In aviation, the introduction of the IRT has a minimum of technical problems, while the introduction of the IRI is questionable due to the need for significant modernization of the radar and sighting complex of aircraft and the software of the computer system.

If technical problems are not resolved, the prevention of erroneous fire can be ensured by radar reconnaissance means equipped with integrated Mk XA and "Parol" interrogators and prompt notification of the location and actions of aircrafts through covert communication channels.

### **EXPERIENCE AND LESSONS OF RADAR LOCATION OF RECONNAISSANCE AND STRIKE UAVS OF THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*I. Trofymov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
Y. Smetana; A. Lukianchykov; Y. Maksymkin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Throughout the entire period of the large-scale Russian-Ukrainian war, the enemy used unmanned aerial vehicles of various types, namely: attack UAVs "Shahed-136/131" and "Lancet", reconnaissance UAVs "Orlan-10", "Zala", "Granit" and "SuperCam". The main reasons for the use of strike (reconnaissance) UAVs are: the enemy's assignment of a leading role to strike UAVs as a means of destroying air defense elements; attempts to conduct constant reconnaissance of the positions of our troops in order to adjust missile and artillery fire; small stocks of cruise missiles; and cheapness in use compared to cruise or aircraft missiles.

It is shown that the enemy intensively used strike UAVs "Shahed-136/131" against critical infrastructure, industrial and military facilities of Ukraine almost throughout Ukraine (except for Zakarpattia and Chernivtsi regions). These observations indicate that the enemy carefully calculated the flight routes of the strike UAVs "Shahed-136/131", using both terrain and favorable weather conditions. The peculiarities of UAV radar reconnaissance by means of radar of the radio engineering troops of the Air Force of Ukraine are the small value of the radar cross section, the use of composite materials and constant change of the flight route at extremely low altitudes.

The article develops recommendations for radar location of reconnaissance and strike UAVs of the Russian Federation Armed Forces, which have already been sent to military units and elements of the radio engineering troops for testing.

### **RECOMMENDATIONS ON COUNTERING UAVS AT THE POSITION OF A SEPARATE RADAR PLATOON BASED ON EXPERIENCE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*R. Baliuk; A. Milko; I. Khizhnyak, Candidate of Technical Sciences;  
I. Boklah, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting fleeting combat operations and sudden changes in the situation of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) by the enemy during the repulse of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine is analyzed. It has been established that the enemy is actively using two versions of

attack UAVs in the war, the so-called "loitering ammunition" – "Lancet-1" and "Lancet-3". Their main differences and tactical and technical characteristics are given.

It has been established that in order to effectively counter them at the position of a separate radar platoon, the following proposals can be considered:

1. Electronic warfare – for intercepting and jamming UAV control signals.
2. Air defense deployment of anti-aircraft missile systems and air defense missile systems.
3. Active defense systems – for example, laser impact systems or systems for intercepting and destroying enemy attacks.
4. Active detection and destruction – deployment of active detection and destruction systems.
5. Physical interference – deployment of physical interference (nets, barriers or screening structures, etc.).
6. Precautions.
7. Exploration and breeding.

Consequently, the listed approaches can be integrated into a comprehensive strategy for protecting the positions of an individual radar platoon from attacks by the specified UAVs.

## **RESULTS OF EXPERIMENTAL APPROBATION OF UAV RADIATION SIMULATION SOFTWARE AND HARDWARE DEVICE**

*A. Hryzo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Kostyria, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*S. Kovalevskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Bukhalov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the acquired combat experience in the use of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine during the Russian-Ukrainian war testifies to the enemy's widespread use of unmanned aerial vehicles (UAVs) of various types and manufacturers to solve a wide range of tasks, in particular, optical-electronic and radio-technical intelligence, adjustment of fire weapons, physical destruction of personnel and elements of weapons and military equipment.

The paper shows that the unmasking factor that indicates the use of the UAV by the enemy is its radiation through the image transmission channel, the time-frequency characteristics of such signals for the most common UAVs of the Orlan-10 and Lancet/Zala type are analyzed. It is shown that the cheapest and most common method of detecting the fact of radiation is the use of solutions based on the portable spectrum analyzer Tiny SA Ultra.

To reproduce the reliable situation during the tactical drill, a software and hardware device for simulating UAV radiation was developed. The device is based on SDR technology and COTS elements. It allows you to psychologically reliably simulate the radiation of a UAV in the range of 150-2500 MHz. The use of this approach made it possible to work out the issue of detecting the fact of the UAV and the actions of the heads of radar stations and services as reliably as possible.

## **RESULTS OF COMPUTER MODELING A RADAR SCATTERING CHARACTERISTICS OF VARIOUS TYPES UAVS IN THE VHF TO S FREQUENCY BANDS**

*Yu. Galkin; D. Samarskyi; G. Savchenko;  
G. Zalevsky, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial vehicles (UAVs) of various types are widely used to solve combat tasks. New types of UAVs are constantly appearing. So there exists a necessity to determine the radar cross section (RCS) of mentioned UAVs for the purpose to assess the facilities of radars on detection and tracking.

Early developed in Kharkiv National Air Force University electrodynamic method based on surface integral equations solution was used for modeling.

There were constructed models of UAVs having metallic (carbon fiber) and dielectric structural elements.

In report, we demonstrate the results of numerical modeling UAVs RCS in VHF and S frequency bands, on two orthogonal polarizations, and also for a given UAVs aspect angles in azimuthal and elevation planes.

Data which developed software allows to obtain can be used either for improving the effectiveness of UAVS radar surveillance, or for developing perspective domestic drones with low radar visibility.

## **ACTIVE INTERFERENCE SUPPRESSION ON THE BASIS OF DIGITAL AUTOCOMPENSATOR WITHOUT FEEDBACK**

*D. Atamanskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
L. Prokopenko; O. Hramak  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An important place in the complex of electronic suppression means is occupied by active interference, which prevents the effective detection of radar targets and measurement of their coordinates.

One of the most effective means of combating active interference is spatial (angular) selection, the practical implementation of which is based on the use of spatial processing devices adaptive to the interference environment, such as correlation autocompensators (CA) of interference.

Correlation autocompensators in analogue design have already proven to be an effective means of improving the radar's noise immunity in a complex interference environment. In particular, in the P-18 Malachit radar, the interference compensation device is a four-channel ACI with quadrature correlation feedback. As part of the radar, it is analogue, although further processing is performed digitally. In order to improve the quality of active noise interference compensation in the P-18 Malachit radar, it is proposed to perform active noise interference suppression operations in digital form. Given the prospects for the development of modern radar technology, when the radar is planned as an "antenna + computer" system, it is important to determine the technical feasibility of digital autocompensators, since the digital implementation of the classical version of the AC does not eliminate one of the reasons for the gradient adaptation procedures – the possible instability of its operation when the gain of correlation feedback circuits (CFR) increases.



The essence of the modification is to replace the analogue autocompensator with a digital version of the ACS without feedback. The main fundamental difference of this AC is the use of an open observation loop (the signal from the AC output is not used, as in the "classical" AC). The practical implementation of such a scheme is possible only with the use of digital technology.

The output signals of the main and compensation channels at the intermediate frequency are divided into in-phase and quadrature components and converted into digital form.

To measure the correlation between the main and auxiliary channels, a sliding window method with sample averaging is used.

The proposed AC variant has a shorter setup time, potentially allows for a better signal-to-noise ratio at the output of the ACI, and is fundamentally self-excited. The effectiveness of the proposed variant of the automatic current collector upgrade is confirmed by simulation modelling.

The circuit variant of the digital autocompensator is distinguished by its autonomy, manufacturability, and high performance.

### **SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE QUALITY OF CHAOTIC SIGNAL DETECTION IN RADAR SYSTEMS**

*F. Zots, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*I. Dubovyi; O. Krasulin*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, the widespread use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) with low Radar Cross Section (RCS) for various tasks underscores the need to improve the performance of radar systems in detecting them. Simultaneously, the extensive use of Electronic Countermeasure (ECM) and Electronic Reconnaissance (ER) devices by adversaries necessitates radar systems' upgrading to enhance operational stealth at the signal level, achievable by employing chaotic signals as probing signals. Therefore, the development of algorithms for processing chaotic signals in radars for detecting small or inconspicuous radar targets becomes a pertinent issue.

Therefore, the issue of developing algorithms for processing chaotic signals in radar when detecting small or inconspicuous radar targets is relevant.

The analysis of the properties and characteristics of chaotic signals reveals their higher energetic and structural stealth compared to harmonic signals with various modulation types. The high sensitivity to initial values in chaotic signal generation allows forming numerous orthogonal chaotic signals within one frequency range based on a single chaotic paradigm. Chaotic signals possess specific properties, such as the structured nature of the attractor in pseudo-phase space, distinguishing them from white noise. Non-classical signal processing methods leveraging nonlinear dynamics are developed based on this property, enabling an increased probability of correct detection and accurate coordinate measurement at low Signal-to-Noise Ratios (SNRs). This is achieved through the application of surrogate signal generation technology and non-parametric BDS statistics.

Building on the orthogonality of chaotic signals, the construction of multi-channel radars is proposed, which can be efficiently integrated into a multi-radar network, enhancing the functionality of air defense systems.

It is known that the application of nonlinear dynamics methods in signal processing allows considering additional information embedded in its structure that was previously overlooked. In this context, the use of the BDS test in radar signal

processing is suggested, allowing the detection of useful signals against a white noise background with Signal-to-Noise Ratios ranging from 3 to 6 dB with a specified accuracy. A functional diagram of a signal time-delay measurer based on BDS statistics is developed for processing echo signals, considering the topological differences in the patterns of signals reflected from targets in pseudo-phase space. Additionally, the introduction of an extra signal processing channel in radars is proposed, allowing for precise target coordinate estimation at low SNRs, which is crucial for UAV detection.

The presented results can be utilized in scientific research aimed at creating advanced and upgrading existing radar systems.

### **GENETIC ALGORITHM IN STRUCTURAL-PARAMETRIC SIGNAL SYNTHESIS WITH NONLINEAR FREQUENCY MODULATION**

*O. Kostyria, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;  
A. Hryzo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Y. Solomonenko, Candidate of Technical Sciences; D. Prokopenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of radar signals with non-linear frequency modulation (NLFM) allows to reduce the level of maximum side lobes (MPSLL) of autocorrelation functions (ACF) of the response of the matched filter of the receiving device. In this case, the MPSLL ACF significantly depends on the frequency-time parameters of such signals.

It should be noted that the task of minimizing MPSLL refers to the problems of parametric synthesis. Accordingly, the purpose of the work is to develop an algorithm for selecting parameters (coefficients) of the modulation function of the signal from the NLFM to minimize the level of the side lobes of its ACF. The goal is achieved by solving the problem of structural-parametric optimization of values of frequency-time parameters of NLFM signal. The use of such signals will improve the characteristics of radar means to detect targets against the background of passive interference while maintaining the specified technical characteristics.

By optimizing the parameters of the initial NLFM signal, an improvement in the shape of its spectrum was achieved, the top of the spectrum became more rounded, there were no distortions of the step type, ripples were smoothed out and their maximum level decreased. As a result of improving the spectral characteristics of NLFM of the MPSLL signal, its ACF decreased to the level of -34.98 dB, that is, by 8.26 dB compared to the initial NLFM signal.

### **APPLICATION OF SURROGATE SIGNAL GENERATION ALGORITHM IN RADAR SYSTEMS FOR ENHANCED QUALITY OF LOCATION TARGET DETECTION**

*F. Zots, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Zhuykov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Improving the stealth capabilities of radar systems remains crucial, as evidenced by their analysis during combat operations. One approach to ensuring radar stealth at the signal level involves the use of noise-like signals, particularly chaotic signals. The application of classical (correlation-based) processing methods for such signals does not always guarantee the necessary quality indicators for their detection.

Therefore, non-classical methods, accounting for their specific properties in pseudo-phase space, are required for processing chaotic signals.

To enhance the quality of chaotic signal detection during correlation processing, an algorithm for generating surrogates is proposed to obtain an ensemble of surrogate signals. The attractor trajectory surrogate algorithm allows preserving the spectral, correlation, and nonlinear properties of signals. By creating an ensemble of clones based on a received signal, statistical averaging of observation noise and signal parameter fluctuations is performed, assuming their normal distribution. Signal processing involves the following algorithmic transformations on the received realization: generation of numerous surrogates → statistical averaging of the surrogate ensemble → calculation of the correlation integral modulus and comparison with a threshold. This enables lowering the threshold for correct echo signal detection by 1.5 dB under strong fluctuations and by 3 dB under weak fluctuations of its parameters, with a fixed probability of correct detection at 0.5 and a false alarm rate of  $10^{-6}$  against a white noise background.

The developed functional signal processing scheme based on the use of surrogates can be used in the modernization and development of modern radar.

#### **DIRECTIONS OF IMPROVING THE METHODS OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE AIR ENEMY INTELLIGENCE SYSTEM**

*O. Kolesnik, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Barabash; S. Shelest*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the report, based on the analysis of the experience of conducting combat operations during the repulse of the large-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, the existing indicators and the criterion of the effectiveness of solving the tasks of the air enemy intelligence system are considered, as a function of the generalized indicators of the quality of the performance of the assigned tasks. It is proposed to improve the methodology for calculating the generalized indicator of the spatial combat capabilities of the air enemy intelligence system, namely the coefficient of realization of the necessary milestones for the issuance of intelligence information to air defense units and fighter aircraft. It is proposed to improve the methodology for calculating the generalized spatial indicator of the combat capabilities of the air enemy intelligence system by taking into account the contribution to the capabilities of the intelligence system of additional non-traditional information systems, namely systems of acoustic and visual means of detecting the air enemy. Taking into account non-traditional air enemy detection systems that work on other physical principles allows to improve the capabilities of air enemy detection and warning systems at low and extremely low altitudes.

As a criterion for the effectiveness of the air enemy intelligence system, it is proposed to use the functional from the generalized coefficients of the implementation of the necessary milestones for the issuance of intelligence information to air defense units (ADU) and fighter aviation. It is shown that the normalized value of the coefficients of the implementation of the necessary milestones of the issuance of intelligence information depends on the quality of the tasks performed by the radio technical units for the radar support of the air defense units and on the quality of the detection of air attack means by non-traditional acoustic and visual warning systems about the flight of air attack means. The use of

generalized spatial indicators and the criterion of the effectiveness of the air enemy intelligence system makes it possible to increase the objectivity of the result of a comparative assessment of the options for building the order of battle of a group of radio technical units and options for placing additional sensors of the acoustic and visual monitoring of the air situation during participation in the repulsion of the blows of the enemy's air attack means.

### **FEATURES OF PETRAL ANALYSIS OF COMPLEXLY MODULATED RADAR SIGNALS**

*V. Mironenko; V. Starovoyt;  
S. Yarovyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The task of improving the resolution of complexly modulated signals in the radar receiving path is complicated by many factors: distortion and distortion of parameters along the path of propagation of radio waves in the troposphere, reflection from the structural elements of the aircraft, circuit solutions of the frame path. Detection and separation of useful signals also occur under conditions of very weak echoes of small-sized targets against the background of sufficiently intense both passive and active interference. These factors lead to distortion of the signal structure and, at the stage of coordinated filtering, lead to a loss of the signal-to-noise ratio and an increase in the intensity of the side lobes.

The research is aimed at restoring the spectral structure of the radar echo signal through the use of inverse filters, the frequency characteristics of which are the inverse of the frequency characteristics of the superposition of the leveling systems due to the solution of the problem of incomplete deconvolution.

Improving the resolution of spectral analysis is done in two steps. At the first stage, the operation of deconvolution of the spectrum of the useful signal is used, which is performed using a Wiener filter. Detection of individual signals is carried out by performing an adaptive threshold processing operation against the background of receiver noise and false "satellite" emissions resulting from processing in the radar receiving path. At the second stage, differentiation of the result is performed, which achieves the formation of clear maxima.

### **ANALYSIS OF THE ENEMY'S USE OF GUIDED MISSILES AND ATTACK DRONES DURING THE SECOND YEAR OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*V. Borovyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
K. Storozhenko; A. Tkalych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the second year of the war against our country, the Russian Federation actively used, first of all, attack unmanned aerial vehicles type "Shahed" and "Lancet" and various types of air, sea and land-based missiles to strike targets.

Yes, in the period from February 24, 2023 to February 23, 2024, Russian troops used more than 1,500 missiles of various types, as well as more than 3,600 attack drones against Ukraine.

The most air-launched cruise missiles of the Kh-101 and Kh-55/Kh-555 types were launched from the Tu-95MS and Tu-160 strategic bombers – more than 750.

Russian troops also used more than 180 "Kalibr" 3M-14 sea-based cruise missiles, more than 90 Kh-22 supersonic cruise missiles from Tu-22M3 medium strategic bombers, more than 70 Kh-59 cruise missiles from various types of tactical aircraft, more than 50 aeroballistic missiles of the "Dagger" Kh-47M2 type, which are carried by the MiG-31K fighter-interceptor, more than 30 Kh-31P anti-radar missiles and more than 20 supersonic anti-ship missiles of the "Onyx" 3M55 type. More than 280 "Iskander" type ground and air-based ballistic missiles and anti-aircraft guided missiles from the S-300 and S-400 complexes were launched. In addition, almost 30 missiles were used, the type of which could not be established.

At the same time, the number of downed missiles exceeded 70%, and the number of destroyed strike drones was almost 85%.

## **FEATURES OF THE COMPLEX WORK OF TWO DOPPLER RADAR TRAJECTORY MEASUREMENT SYSTEMS**

*R. Barvinok<sup>1</sup>; V. Strigun<sup>1</sup>; V. Bratko<sup>1</sup>; O. Gubareva<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The MFTR-2100/40 (DRSTM) Doppler radar system of trajectory measurements is used during trajectory tests of samples of weapons and military equipment. In the process of using DRSTM, the task of processing the information parameters of the researched weapons and military equipment arises. That is, the trajectory parameters of a sample of weapons and military equipment, obtained with the help of DRSTM, and primary data, which are necessary for the operation of its specialized software, are subject to further analysis. The latter, in turn, are composed depending on the type (type) of the object: overall dimensions, maximum speed of movement, azimuth (course), maximum range and angle of inclination (height).

There is a need to carry out trajectory measurements using two DRSTM. This is due to a violation of the integrity of the structure or the impossibility of tracking the entire trajectory of the measurement object using one DRSTM. In the mode of paired operation of the systems, the operator of one system has the opportunity to set control parameters to guide the other, compatible with the first DRSTM. In order to ensure the reception of objects for tracking, the stations must have automatic means of calculating the meeting point of the object of measurement. For the interaction of DRSTM of one manufacturer and to ensure the possibility of connecting third-party trajectory measurement tools for compatible work as part of the measuring track, the manufacturer must include interface devices in the design and provide information about electrical characteristics, the structure of information exchange.

## **USE OF INFORMATION FROM THE AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE SYSTEM FOR A RADAR ALIGNMENT**

*A. Fedorov, Ph.D.; L. Prokopenko; O. Pylypovych; O. Liashenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The accuracy of a radar alignment depends on the precise spatial orientation of the station relative to the north direction.

Currently, several methods of radar alignment are known. One of these methods is the use of air objects with precisely measured coordinates as reference points. The

disadvantage of this method is the impossibility of correct alignment in cases where the coordinates of the radar being adjusted are determined with errors.

However, in modern conditions, there are additional (civilian) sources of information about the coordinates of airborne AOs based on global navigation satellite systems and the latest electronic surveillance systems. These systems can provide an orientation accuracy 2-3 times higher than the existing ones.

Existing alignment methods do not take into account all the factors that cause additional alignment errors. In addition, there is a possibility of soil subsidence under the radar after its orientation and alignment, which leads to a deterioration in the quality of determining the coordinates of the AO due to the skew of the radar antenna system.

Currently, it is possible to obtain coordinates using the Automatic Dependent Surveillance System (ADS-B), which is used to provide air traffic services on routes and in the vicinity of airfields.

Using the ADS-B system, you can obtain information about the location of the software. Since the accuracy of the coordinates obtained from the ADS-B system is much higher than the accuracy of the coordinates from survey radars, these data can be considered as reference coordinates, which can be used to alignment the radar.

### **COMPUTER MODEL OF PHASE ANTENNA ARRAY FOR VHF BAND RADAR**

*O. Borysenko; D. Staroseltsev;*

*I. Krasnoshapka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*G. Zalevsky, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A mathematical model of a flat phased antenna array (PAA) for a VHF band radar has been developed. A model of an electric dipole with a counterreflector is used as antenna element.

The model allows to set the configuration and number of elements in the PAA, simulate its operation in the transmission and receiving modes, and take into account the influence of the earth's surface on the antenna radiation pattern.

The report presents the results of the calculation of the visibility zone cross-sections in azimuthal and elevation planes for a specific example of phased array. The results of calculations of potential mean square errors of azimuth and elevation angle assessment as a function of range and altitude are discussed.

The developed special mathematical software also makes it possible to simulate the functioning of the PAA in the mode of protection against active noise interferences, as well as the spatial processing of the received signal against the background of interference.

### **MASSIVE USE OF UAVS AS ONE OF THE DIRECTIONS OF UKRAINE'S VICTORY IN THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*V. Vasilenko; O. Neymirok; I. Khizhnyak, Candidate of Technical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war has shown that Ukraine needs to achieve air power, advantage, or at least parity in the air as soon as possible. It has been established that unmanned aerial vehicles (UAVs) can play an important role in solving this problem.

The analysis showed that today UAVs are used not only for reconnaissance in front-line zones, but are also actively used for reconnaissance deep behind enemy lines, for adjusting artillery fire, and for hitting the enemy with a combat load.

It has been established that the issue of using attack drones, including kamikaze drones, is now becoming very relevant. And for this, the army aviation of the Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine, and perhaps the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, must have UAV units and military units. This will help plan ahead and effectively use them to deliver powerful attacks on the main directions of the front.

It is known that today in Ukraine a large number of companies, institutions and volunteer organizations are developing cheap drones for the Armed Forces of Ukraine. But equipping the Armed Forces of Ukraine with UAVs and training specialists for their operation, primarily operators, should be "in the hands" of the state. After all, only the state is able to qualitatively plan and organize the mass production of drones of different types and for different types of troops. However, to do this, it is necessary to begin solving a number of organizational issues as early as possible, for example, identifying an enterprise that will engage in such production and a training base for UAV operators. As for the training of specialists, centralization is also required here. And Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University is capable of organizing it.

#### **ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF SUBSTITUTION OF MISSING VALUES OF TRAJECTOR MEASUREMENT DATA**

*A. Zaszjadko<sup>1</sup>, Doctor of Engineering Sciences, Professor;  
V. Kuznecov<sup>1</sup>; O. Ryzhkov<sup>1</sup>; O. Gubareva<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the received measurement data of the doppler radar system of trajectory measurements MFTR-2100/40 (DRSTM), locations with missing values often appear. This is due to the high sensitivity of DRSTM to atmospheric phenomena and the presence of radar interference.

Post-processing of measurement data is carried out in the specialized WinTrack software. Mathematical methods of WinTrack software make it possible to interpolate and extrapolate data values of trajectory measurements of DRSTM to fill in missing values. The fifth-order Hermitian interpolation method is directly used for the smoothed interpolation of measurement values. This method is supplemented by polynomial approximation, both of the ranges of the missing values themselves, and of the neighboring values of the range within one variable. The specifics of using this method is that missing data values are replaced for each variable separately. This violates the integrity of the system of interrelationships of variables in the time interval.

In order to verify the reliability of the replacement of the missing values of the data of the trajectory measurements, it is suggested to use current methods of imputation (replacement) of these values. Algorithms for the replacement of these methods provide for the comparison of several variables within a compatible time interval, which does not violate the system of relationships.

## **IMPROVING THE INTERFERENCE PROTECTION OF METRE WAVEBAND RADAR BY USING AN AUTOCOMPENSATOR**

*O. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*V. Pasichnik, O. Torba*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air force University*

One of the main tasks assigned to radio engineering troops (RET) is the timely detection of air attack means. The performance of this task is complicated by different factors, in particular, the use of active noise interferences (ANI) by the enemy, which has repeatedly occurred during the large-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine. Various methods are used to protect the surveillance metre waveband radars, which are in service with RET. One of the methods is the use of an auto-compensator of active noise interferences (ACANI).

In analogue radars of the metre waveband, the ACANI was only available in 5N84A type stations, and it was not provided for in P-18 radars at all. After the modernisation of these radars, an ACANI is added only to the P-18 Malakhit radar (optionally). The P-18MA and 5N84AMA radars do not have auto-compensatori of active noise interferences. At the same time, the design of the antenna-feeder system of the 5N84AMA radar has not undergone significant changes, which makes it possible to implement the procedure of suppressing ANI based on an AC through a shallow modernisation of the receiving device and software modifications.

To analyse the effectiveness of the use of the auto-compensator of active noise interferences in the above-mentioned radars, it is proposed to consider two variants of its construction: the one with correlation feedback and the one with direct calculation of weighting coefficients. For direct calculations, the corresponding model, developed by the authors in the Mathcad software environment, will be used.

## **IMPROVEMENT OF THE PROTECTION SYSTEM FROM ASYNCHRONOUS IMPULSE INTERFERENCES ON ANALOGUE RADARS OF THE METRE WAVEBAND THROUGH THE TRANSITION TO A DIGITAL ELEMENT BASE**

*O. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*A. Synhaivskyi; M. Honcharova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In conducting radar reconnaissance during the Russian-Ukrainian war, the issue of timely detection of enemy air attack means remains relevant. The presence of various types of radio interferences, which affect radar during its operation, worsens the quality of these tasks. One of such interference types is asynchronous impulse interference (AII), which is, in most cases, generated by neighboring radars (which is characteristic for radio engineering troops).

Surveillance radars have systems to protect stations from AII at the development stage. However, in analogue radars of the metre waveband, such systems are based on potentialoscopes, which are now morally and physically outdated and have actually lost their ability to suppress AII. Given that the number of radars of this



class in radio engineering units remains considerable, the issue of restoring the performance of AII systems in these stations is relevant.

It is proposed to keep the existing algorithm of the radar's AII protection, and replace the analogue equipment in the relevant path of the station with digital equipment. It is possible to implement this on ready-made processor modules, in particular, on ones of the Arduino Due type. A corresponding structural scheme, which additionally provides incoherent accumulation of the processed signal, has been proposed. This shallow upgrade will allow to significantly improve the technical and operational characteristics of the AII protection system in analogue metre waveband radars at minimal cost.

### **ANALYSIS OF SHORT AND MEDIUM RANGE BALLISTIC MISSILE RECONNAISSANCE RADAR CAPABILITIES**

*V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan;  
G. Rybalka, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today only the US and Israeli armies have radars that can detection of short and medium range ballistic missile (BM). Similar equipment is being developed in China and Russia.

Radars of radar troops (RT) can be used only partially to solve the problems of radar detection of BM. The high flight speed of the BM is the reason why the target can leave the "pulse resolution volume" in the surveillance radars during the time of contact with the target. That reduces the radar's ability to detect hypersonic targets and measure their coordinates up to complete loss of performance. The low radar visibility of the BR leads to a compression of the radars target detection zones. The ballistic trajectories have peak of more than 50 km altitude, that is beyond the detection zones of radars of RT.

For the above reasons, the detection of BM by RT radar is practically impossible. Only the radar 5N84A (5N84AMA) and radar 79K6 are capable detecting of BM "Iskander" on the ascending part of the flight path when launched from a range of less than 300 km for the radar 5N84A (5N84AMA) and less than 200 km for the radar 79K6.

In general, the existing radar system, as an information component of Ukraine's air defense, is unable to effectively detect and track short and medium range BM due to the inadequate tactical and technical characteristics of the radar. There is a need to develop and adopt specialized radars similar in technical characteristics to radars such as AN/TPY-2, AN/SPY-6 or EL/M-2080S.

### **POTENTIAL CAPABILITIES OF DETECTING CRUISE MISSILES BY THE RADIATION OF AN AIRBORNE RADAR ALTIMETER**

*V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The creation of a continuous information field for detecting and tracking cruise missiles (CM) can be achieved through the use of alternative means of detecting airborne objects in the form of cheap sensors that are located in the gaps between the

cells of the radar coverage created by the observation radars of radars troops and determine only the fact of the CM flighting.

Among the alternative means of detecting and tracking CM, the principle of operation of which is based on the analysis of various physical processes accompanying the flight of CM, radio electronic intelligence means in the frequency bands of airborne electromagnetic radiation sources of CM are of considerable interest.

CM X-55, Oniks, Kalibr and other CM which can fly at low and extremely low altitudes are equipped with airborne radar altimeter. They are characterized by a short range of altitudes measurement, low power, and, as a result, increased concealment. They are located at the bottom of the nose of the CM fuselage. Example of typical airborne radar altimeter is a radar altimeter A-037.

It is established that the range of radio detection of an airborne radar altimeter of the A-037 by its lateral radiation is about 1100 m.

Therefore, in order to create a continuous field of CM detection by the airborne radar altimeter radiation, it is necessary to place radio electronic sensors at a distance of no more than 2 km from each other.

### **PROCESSING RADAR INFORMATION ABOUT AIR AND BALLISTIC TARGETS IN A SPATIALLY DISTRIBUTED SYSTEM OF DIFFERENT RADARS**

*V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The traditional three-stage process of processing radar information about the air situation in existing air defense systems no longer meets the current requirements for detecting and tracking such specific targets as intermediate-range ballistic missiles (BM), hypersonic cruise missiles (HCM) and tactical-level unmanned aerial vehicles (UAVs).

Tracking of BM and HCM is complicated by its hypersonic speeds and, as a result, their short time stay in the radar detection zone. At the same time, when BM or HCM flying at stratospheric and mesospheric altitudes, they can be observed by several radars simultaneously.

Tactical UAVs, flying at low and ultra-low altitudes, occasionally appear in the detection zones of one or the other radar, which makes UAVs tracking piecemeal and discontinuous.

A significant improvement in the tracking quality for these targets can be achieved by switching to joint processing of information at all stages of processing. This area has been under active development for a long time, but its implementation was hampered by the capabilities of radar, which could only perform primary processing. Today, all modern radars are capable of performing both primary and secondary processing of radar signals, and some promising types are capable of multiradar processing. These are the technical basis for the implementation of multiradar processing of radar signals from heterogeneous asynchronously operating radars.

## **FEATURES OF FORMATION OF INFORMATION MODELS OF SURVEILLANCE RADARS**

*D. Grib, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The paper analyzes the information models (IM) and requirements for displaying information about aircraft on the screens of surveillance radars in NATO and Ukraine. The analysis was carried out in accordance with the requirements of the following documents: "MIL-STD-2525E 31 December 2022, DEPARTMENT OF DEFENSE Interface Standard. Joint military symbology", "Temporary procedure for the execution of operational (combat) documents", "Instructions for the formation of operational-strategic, operational-tactical and general requirements for weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine", "Tactical and technical requirements for information models of radar displays in radar troops".

The results of the study of ergonomic features of interaction between radar operators and radar information display systems revealed that the quality of performing the tasks of detecting, tracking, recognizing and identifying air targets is significantly influenced by the quality of the IM, that must correspond to the complexity of the radar reconnaissance tasks currently being solved. This necessitated further research into the forms and methods of encoding and presenting radar data on the screens of automated radar workstations, as well as the amount of information provided and its color separation depending on changes in the content of radar data.

Practical recommendations for the formation of general requirements for the construction of IM and methodological approaches to their improvement are given.

## **SMALL-SIZED RADARS – CLASSIFICATION, DIRECTIONS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

*V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
G. Kamal'tynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report discusses the directions and prospects for the development of small-sized radars for various purposes and with a target detection range of no more than 60 km. The classification of small-sized radars and their main characteristics by class are given. The advantages of small-sized radars, which determine their rapid development at present, and options for their intended use in the military sphere are considered. The stages of development of domestic and foreign small-sized radars are analyzed. It is shown that the development of small-sized radars is conditionally divided into two main directions: improvement of existing radars and development of fundamentally new radars.

The main trends in the development of small-sized radars in terms of frequency resource utilization, achievement of new radar functionality, improvement of existing radar designs, implementation of new signal types, processing methods and algorithms, integration with optoelectronic systems and radio reconnaissance means and electronic warfare, are determined.

The tendency of development of small-sized radars that based on the basic model of radar is considered in detail on the examples of foreign radars. Particular

attention is paid to the implementation of new technologies that are not inherent in traditional (full-size) radar, in particular, the technology of cylindrical active phased array antennas.

The problems of creating small-sized radars in Ukraine and trends in their development in the near future are considered. The results of the work can be used to substantiate the tactical and technical requirements for new and modernized radars for various purposes.

## **FEATURES OF ANGULAR COORDINATES MEASUREMENT IN RADARS WITH CYLINDRICAL PHASED ARRAY ANTENNAS**

*V. Tiutiunnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
G. Kamal'tynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Tahyan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report discusses the peculiarities of measuring angular coordinates in radars with cylindrical phased array antennas. The methods of airspace scans in these radars and methods of forming antenna patterns in the vertical and horizontal planes, which affect the methods of measuring the azimuth and elevations angle, are presented. In well-known radars, the circle array consists of radially directed transceiver modules on a vertical line of emitters. Due to the relatively small size of the arrays, the most commonly used for measuring angular coordinates are the sum-difference pattern in both planes. In the vertical plane, two or three beams are formed, and, accordingly, one or two constant sum-difference antenna pattern are formed. In the horizontal plane the sum-difference antenna pattern is formed in pairs with the fan antenna pattern using transceiver modules along the perimeter of the array. Subsequently, a monopulse measurement of angular coordinates is performed by the amplitude or amplitude-phase method. This requires the formation of appropriate channels for receiving and processing sum-difference signals (two or three) in the vertical plane, and two in the horizontal plane.

In these systems there is a problem of calibrating the direction-finding characteristics of the sum-difference antenna pattern in each azimuthal direction. A methodology for correcting of directions finding characteristics by azimuth is presented. The results of using the proposed methodology in a serial radar with a circle antenna array are reported.

## **PECULIARITIES OF ESTIMATING THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF RADAR EQUIPMENT LOCATED IN A COMMON POSITION**

*G. Kamal'tynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Pozdniak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; K. Shutko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report the methodology for estimating the electromagnetic compatibility conditions of radars that located at the common position are discussed. The peculiarities of radars that affect to the procedure of the electromagnetic compatibility estimating are considered.

It is shown that, in addition to calculating the frequency-territorial separation standards, it is necessary to calculate the safe distance of the radar from other radars in the position. The requirement for a safe location distance is necessary to exclude

the functional damage to the radar receivers by the induced powerful electromagnetic pulses from neighboring radars in the receiving path. A list of additional initial data that must be calculated to assess the radar electromagnetic compatibility is given and the need for their correction are discussed.

Particular attention is paid to the justification and calculation of the criterion for ensuring electromagnetic compatibility between radars, which is not sufficiently described in known sources. Differences in the calculation of electromagnetic compatibility for radars at the common position from those recommended in regulatory documents are described.

The general procedure for calculating the frequency-territorial separation standards is considered. The result of calculating the frequency-territorial separation standards for a pair of modern radars is presented. The procedure for calculating the safe distance of radar location from powerful sources of electromagnetic field is discussed.

The article describes the procedure for calculating the minimum distance between radars at which the useful signal is not blocked by interference from a neighboring radar.

### **USE OF COTS TECHNOLOGIES FOR MODERNIZATION OF DISPLAY EQUIPMENT IN SURVEILLANCE RADARS WITH ANALOG SIGNAL PROCESSING**

*M. Araslanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Klimchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Sidorov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main source of information about the air situation are the surveillance radars of the radar troops (RT). Unfortunately, at present, many outdated radars with analog signal processing are still in use in the RT. One of the problematic of such radars is the display equipment, where the display is carried out on a cathode ray tube (CRT). The production of new CRTs has long been discontinued, and standard tubes have lost their properties over time: the emission capacity of the cathode has decreased, the phosphor of the screen is aging, burning out and crumbling.

It is proposed to replace the outdated analog display equipment with digital equipment displaying radar information on LCD monitors. A prototype of such a device, called an "ADCR", is used in RT, but it is manufactured at a specialized enterprise in small quantities and is used as part of automation systems. With the use of COTS technologies, it became possible to manufacture such a device in military workshops. The device can be based on microprocessor modules, for example, based on STM32 microcontrollers. The cost of such a device will be an order lower than existing devices. An example of the device implementation based on the NUCLEO-F439ZI microprocessor module with the STM32F439ZIT6U microcontroller is given. The software was developed in the Keil integrated environment. The output data of the device are Ethernet codecs with information in the ASTERIX protocol format. The device can be installed in radars P37, P18, P19, 5N84A.

## **PROPOSALS FOR DESIGN INFORMATION MODELS OF AUTOMATED WORKSTATIONS OF RADAR TROOPS**

*D. Grib, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
G. Kamal'tynov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Shutko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report substantiates the need to develop modern requirements for information models (IM) of automated workstations (AWS) of radars and automation systems (AS) in the form of a military standard. The examples of IM show that each developer of radar and automation systems in Ukraine has its own approaches to the composition of information, its coding, the form of its display, the structure of operator tools and the general construction of IM. The general principles for displaying information about the air and ground situation in domestic AWS do not meet the requirements of NATO standards and guidelines of the Armed Forces of Ukraine. The main problem lies in the contradictions between the requirements for displaying the situation on maps and combat documents and the limited capabilities of the workstation screens. When displaying the air situation, it is also necessary to take into account the limited data obtained by radar and transmitted via communication channels. The development of the IM does not fully take into account the general ergonomic requirements for the working conditions of operators, their workload, changes in illumination, and others. Proposals for the construction of IM for the AWS of radar troops and its main components are given: general composition, forms of presentation and coding of visual information, IM controls. The alphabet of signs and symbols, the composition of air objects forms, and the composition of tabular information are described in detail. The development of the IM took into account the requirements of the International Civil Aviation Organization (ICAO), the US National Space Agency (NASA), NATO standards for the presentation and coding of information, and general ergonomics standards.

## **IMPROVEMENT OF THE METHODS OF TRAINING RET SPECIALISTS USING "VIRAZH-RD" AND "VIRAZH-PLANSHET"**

*O. Kolesnik<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Leshchenko<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
S. Denysenko; A. Ponomarenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

The experience of the combat usage of units of the RET during the repulsion of air attack means shows that in the training of specialists of the radio technical troops, it is important for them to master the issues of implementing the standards for conducting combat work and the procedures for processing radar information at the command posts of the RET units. For a long time, the training of radar operators and tablet operators was based on the acquisition of practical skills and capabilities for non-automated processing of radar information. As the practical experience of performing tasks by RET units shows, a significant number of radars used in RET units provide automatic issuance of primary radar information (data categories 1 and 2 of the ASTERIX international protocol). The experience of developing and using the specialized software (SS) "Virage-planshet", which is used for the automated detection and tracking of target tracks based on primary information from the

radar (coordinate points of the machine – CPM), shows the need to improve the methodology of training RET specialists using the stage of automated processing primary radar information (CPM) from the radar at the command posts of RET units.

The report discloses the methodology of using the Virage-RD and Virage-planshet software for the training of tablet operators in practicing the procedures for automated processing of primary radar information from radars at the command posts of RET units that are equipped with the Virage-tablet software.

### **METHOD OF IMPROVEMENT RADIO INTELLIGENCE UNDER THE TERMS OF USE OF RADIO STATIONS ON UNMANNED FLYING DEVICES**

*L. Poberezhnyi; O. Oleksenko, Ph.D.; V. Pylypenko; N. Salna  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is proposed to consider a way to improve some parameters of the radar field of the radio technical forces when using radar stations on unmanned aerial vehicles. The purpose of this method is to increase the detection range of the enemy's air attack means that operate at low and extremely low altitudes, and to eliminate the undesirable (false) effect of displaying on the monitors the means of displaying the air situation of targets that are maneuvering at altitude, while simultaneously changing their direction of flight to the opposite.

In order to implement such a method, it is necessary to go some way and complete a number of tasks regarding the justification of the feasibility of using the proposed method of using the radar on the unmanned aerial vehicle to improve the parameters of the radar field, which is actively engaged in at this stage, within the scope of scientific research, by the staff of the scientific center of the Air Force, with the aim of within the scope of a potential promising scientific work, to prove the necessity of making a decision on setting tasks for the manufacture and introduction of such weapons.

### **REDUCING THE LEVEL OF SECONDARY RADIATION OF LAND OBJECTS**

*Y. Belevshchuk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
G. Rybalka, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the official information of the Ministry of Defense of Ukraine regarding the total losses of the Russian army in combat equipment, it can be stated that the losses of tanks, armored fighting vehicles and other types of weapons are quite sensitive for the Ukrainian army as a result of heavy hostilities. Based on the limited capabilities of the domestic defense industry and taking into account the constant shelling and destruction of factories involved in the production of defense products, as well as the limited supply of foreign equipment and its rather high cost, the problem of protecting the existing equipment used in combat operations is even more acute. First of all, this concerns the complication of its detection by various means of intelligence, among which radar intelligence occupies a special place.

The methods of reducing radar visibility are analyzed and a conclusion is drawn regarding the change in the geometry of the surface of the ground object as a more expedient method of reducing secondary radiation in modern conditions.

A model of the surface of a sample of ground machinery was developed using methods of approximation of the surface of an object with a complex geometric shape. Calculations of the effective scattering surface (ESS) of the model were carried out, the sounding directions in the azimuthal plane were identified, where a sharp increase in the ESS is observed. Additional elements are modeled, located in a special way to reduce the level of secondary radiation of the model. A normalized graph of the dependence of the ESS level on the sounding azimuth was obtained and a conclusion was made regarding the decrease in the level of secondary radiation of the surface model of the object.

### **MODERNIZATION OF ANTENNA SYSTEM OF UAV DETECTION SOFTWARE AND HARDWARE DEVICE**

*B. Lisohorskyi, Candidate of Technical Sciences; A. Lukianchikov; V. Krykun  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat use of units of radio engineering troops showed the need for early notification of the possibility of the enemy's using attack unmanned aerial vehicles (UAVs) of the Lancet/Zala type in order to timely implement measures to save the life of personnel and fire destruction of UAVs.

Practice has shown that the main unmasking feature, which indicates the presence of a UAV near the position, is the presence of radio emission of video transmission and control channels. The paper shows that such a signal has characteristic spectral-temporal characteristics, which can be determined using a spectrum analyzer.

UAV detection devices based on the Tiny SA Ultra portable spectrum analyzer are widely used. A significant drawback of existing designs is the use of a wideband logoperiodic antenna or Vivaldi antenna, which have a relatively wide directional pattern in the horizontal plane, which makes it difficult to determine the direction of the UAV.

It was determined that for units of radio engineering troops the greatest threat is posed by UAVs of the Lancet/Zala type, which emit at a frequency of 850-950 MHz. To more accurately determine the direction to such UAVs using COTS elements, a four-element in-phase equal-amplitude antenna array with a sharper radiation pattern was developed. The results of testing the device in the anti-landing reserve of the Operational Task Force "Kharkiv" showed the effectiveness of the proposed solution.

### **PROPOSALS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF AIR OBJECT DETECTION THROUGH THE CREATION OF A MULTY RADAR SYSTEM WITH COOPERATIVE PROCESSING OF RADAR INFORMATION**

*V. Lishchenko, Ph.D.; M. Yakym, A. Sirenko; A. Kotelevets  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the Russian-Ukrainian war experience and local conflicts of recent years shows that the role of air attack means is growing, and this is especially noticeable with the rapid development of inconspicuous air attack means of various purposes, primarily unmanned aerial vehicles of operational and tactical purposes,



including attack UAVs, tactical levels and cruise missiles, has increased significantly. Such means of air attack can be used in a wide range of speeds, using the topography of the area and at low altitudes, the quality of their detection due to this is significantly reduced.

Increasing the efficiency of detecting air objects in modern conditions of conducting radar reconnaissance is possible due to a multy radar system, which can be created by combining autonomous radars with a circular surveillance, due to the implementation of compatible reception of echo signals. The substantiation of the structure, composition and used methods of multi-position radar is carried out. The structure of a radar system with the implementation of compatible reception of echo signals requires the use of orthogonal signals, two or more radars in its composition, the arrangement of data transmission channels and an information processing center that can be combined with one of the radars. This will provide an opportunity to receive and identify echo signals from air objects in real time that were irradiated by various radars. The system also includes consumer satellite navigation equipment, which provides topolinking of the position on the terrain and time synchronization of radars scattered in space. According to the results of such information processing, the accuracy of determining spatial or plane coordinates will be increased, the ability to determine the height for two-coordinate radars will be obtained, and the resolution will be increased.

## **CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SOLID-STATE RF POWER AMPLIFIERS**

*O. Dzihora; M. Kandyrin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Lapii; Y. Smetana  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A characteristic trend in the development of modern radar stations is the widespread use of solid-state RF power amplifiers. The issue of creating high-performance amplifier modules is of particular relevance in the design and manufacture of radars with active phased array antennas. The requirements for the amplifier paths used in such systems have increased significantly in terms of power output, gain, broadband and energy efficiency, while ensuring optimum weight and size and high reliability in a wide temperature range.

The modular principle of the layout of radio-electronic equipment makes it possible to switch from concentrated sources of microwave power to distributed ones, while cooling conditions are facilitated, which best meets modern requirements and seems to be the most promising. The layout of transmitting devices of modern radars with powerful microwave amplifier modules (Power Solution Module) makes it possible to ensure maximum operational efficiency and reliability of the equipment, as well as to improve its weight and size characteristics. In the conditions of serial production of radars, the use of such power amplifier modules as complete electronic components with guaranteed parameters can significantly reduce the time and material costs for the manufacture, maintenance and repair of equipment during its operation.

The report analyzes the current state and prospects for the development of RF transistors and high-power amplifier modules (pallets) from well-known world manufacturers using advanced semiconductor technologies (GaN/Si, GaN/SiC).

## **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ADAPTIVE ALGORITHMS FOR THE PROTECTION OF RADAR STATIONS OF THE RADIO-TECHNICAL TROOPS AGAINST ACTIVE NOISE INTERFERENCE WITH THE HELP OF VISUAL SIMULATION MODELING**

*I. Nevmerzhitsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
R. Tsuprikov; S. Romanov; V. Sedletsyky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The evaluation of the effectiveness of adaptive algorithms for the protection of radar stations of the radio-technical troops from active noise interference was carried out using a previously developed visual simulation Simulink model, which simulates algorithms for compensation of active noise interference with correlation feedback and direct calculation of weighting coefficients.

In this work, a limited number of studies were carried out, which consisted in the fact that simulated values of active noise interference, echo signals of the target, as well as the own noises of the main and additional reception channels were applied to the input of the Simulink model. The time interval of the interference was simulated randomly for a certain specified simulation time. For each study, the number of false exceedings of detection thresholds by uncompensated interference signals at the output of each of the above compensation schemes was counted. The detection threshold did not change with each study.

As a statistical criterion for evaluating the effectiveness of the compensation algorithms specified above, the dispersion and the mathematical expectation of the probability distribution function of the number of false exceedings of the detection threshold by uncompensated signals of active noise interference were chosen.

The results of the evaluation of the effectiveness of the adaptive algorithms for the protection of the radar stations of the radio-technical troops from active noise interference are presented using graphs and oscillograms of the Simulink package.

## **PROPOSALS REGARDING THE SELECTION OF THE POSITION OF THE RADIO ENGINEERING UNIT WHEN PERFORMING TASKS IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR**

*A. Shevchuk; O. Vysotsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the beginning of the third millennium, Ukraine, its citizens and armies were involved in armed aggression in their own country, which included open combat operations of various kinds. This war, accompanied by great human victims and it damages our nation and its citizens, revealed a number of serious military problems and created a need for detailed analysis and a life of adequate action.

In conditions where the commander's decision-making time is constantly limited, the factors that contribute to making a correct and modern decision come first, with taking into account the decision made about the combat use of the unit.

While performing assignments in a designated area, a single radio technical troops unit is constantly changing its position within the district, and it's being spent on a resource of technique and fossil fuel, but it's actually reducing the probability of radar detection by means of optics and radio-tech intelligence.

The use of the "Viraj-RD" operational-tactical calculation system significantly helps the unit commander to make the right decision when choosing a position;

calculation of spatial indicators of combat capabilities of the RTT unit. This makes it possible to use the radar with the maximum implementation of the tactical and technical characteristics and combat capabilities of the radio engineering unit as a whole.

### **PROPOSALS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF TARGET DETECTION BASED ON THE SELECTION OF PROBING SIGNAL PARAMETERS**

*R. Stovba; A. Koba; Y. Mishcheryakov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Taking into account the experience of the Russian-Ukrainian war, the key issue is the search for methods of increasing the effectiveness of target detection using radar systems. As a result of the enemy's use of new technical solutions to reduce the radar visibility of air attack means, it leads to various fluctuations in reflected signals, which in turn can lead to a deterioration of radar detection characteristics. Fluctuations of reflected signals reduce the accuracy of determining the coordinates of targets and are one of the main sources of random errors during automatic tracking.

The negative impact of reflected signal fluctuations on radar characteristics can be eliminated as a result of their smoothing. One of the methods of smoothing fluctuations is the use of complex signals. The proposal for use as probing multi-frequency signals will allow to approximate the characteristics of the detection of fluctuating targets to the characteristics of an ideal non-fluctuating target. Thus, multi-frequency sounding of space makes it possible to increase the accuracy of tracking targets by angular coordinates due to the weakening of the harmful effect of fluctuations of the phase front of reflected signals and immunity.

Realization of the advantages of multi-frequency radar largely depends on the choice of parameters of the sounding signal and the degree of agreement of these parameters with the radar characteristics of the dispersion of the long-range target.

### **PROPOSALS REGARDING THE DEVELOPMENT OF A MODEL OF A SIGNAL AND FAILURE SITUATION FOR THE TRAINING OF COMBAT SERVICE PERSONS IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR**

*R. Teliukov; O. Vysotsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The modern experience of the combat use of radio technical units in the conditions of the actions of air attack means at low and extremely low altitudes shows that conducting radar reconnaissance of low-altitude air targets and issuing information on them is carried out by the means of radio technical units by creating a warning strip about the flight of low-altitude targets in a given area at dangerous directions of actions of the air enemy.

The experience of the combat use of units of the radio engineering troops during the repulse of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine shows that the decisive factor in the success of the combat mission is time. Accordingly, there is a need to increase the level of training of RTV units.

Detection and tracking of air targets operating at low and extremely low altitudes is an important and difficult task for radio technical units. Time is a

decisive factor in the success of a combat mission. In connection with that, there is a need to increase the capabilities of the combat services of units to detect air targets.

Significant help to commanders in planning the use of units of radio engineering troops is provided by the use of mathematical models and information and calculation tasks, which are implemented on electronic computing machines.

Models of the signal-failure situation are proposed for training the staff of radio technical units in points of permanent deployment during combat training activities.

### **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR OPERATORS OF THE METER RANGE RADAR FOR THE DETECTION OF STRIKE UNMANNED AERIAL VEHICLES OF THE SHAHED TYPE BASED ON COMBAT EXPERIENCE**

*I. Romanenko; A. Harmash; D. Soroka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The tactic of using strike unmanned aerial vehicles of the "Shahed" type by the enemy implies the possibility of their massive use to destroy military and civilian infrastructure deep into the territory of our state. In the marching section, the flight path is rectilinear. The average speed of drones observed during their combat use 140-150 km/h (also marked movement with V, km/h – 80, 70, 130, 150, 190, 200, 230, 400), and the flight altitude on the marching section – from 700 to 2000 m, in the target area – is reduced to 200 m. Drones of this type are made from getinax – this is a paper-based composite, a screw that pushes the engine, wooden. Such materials make the detection of a drone using radar centimeter and decimeter wave range difficult.

Analysis of the experience of conducting radar reconnaissance by units of radio engineering troops showed that the existing radar field and high effective reflecting surface allows to detect strike unmanned aerial vehicles from a distance of more than 50 km, a special role in this is played by radar stations of the meter range.

The development of an algorithm for the actions of the operator of the checked mode to detect shock unmanned aerial vehicles of the "Shahed" type will provide an opportunity to perfectly understand the physical content of operations and the procedure for searching, detecting, determining coordinates and tracking air targets of the "Shahed" type, which will ensure the effective performance of a combat mission by radar operators.

### **REQUIREMENTS FOR CONDUCTING TACTICAL CALCULATIONS IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR**

*R. Raikov; D. Vitruk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The rapidity of modern warfare and the requirements for constant combat readiness require the commander of a radio engineering unit to carry out all types of calculations in the shortest possible time, without a formal approach and with the necessary accuracy and reliability.

When changing position, the commander of a separate radar platoon is obliged to calculate the time for marching, fuel consumption, and in the case of a unit providing support for the combat operations of anti-aircraft missile forces, fighter aircraft, electronic warfare, mobile fire groups, and air defense units of the Army, to

calculate changes in the combat capabilities of the unit for the provision of combat and intelligence information.

The only way to solve the problem of increasing the efficiency of calculations is to automate this process. The peculiarities of the combat use of a separate radar platoon are the performance of tasks in the field, in the absence of an industrial power grid and without access to the Internet. Therefore, it is practically impossible to use a computer with specialized software.

Therefore, there is a need to create a software application that is not energy-intensive, intuitive and can be used on a smartphone. This will allow the commander of a radio engineering unit to timely assess the combat capabilities of his unit, provide the senior commander with proposals for combat use and perfectly perform a combat mission in the current situation.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO IMPROVE THE INDICATOR EQUIPMENT OF THE RADAR 5N84A THROUGH THE USE OF MODERN ELEMENT BASE**

*I. Romanenko; D. Kovalenko; S. Goncharov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Having analyzed the experience gained in conducting radar reconnaissance by units of radio engineering troops during the implementation of measures to directly repel armed aggression, he showed that modern radar stations of the meter range, in which digital data processing is implemented, there are modern display tools have the best combat capabilities for detection, especially in the area of local objects, reflection and tracking of aerial targets especially with low effective scattering surface and low flight speed, than radar stations with analog display means and with analog data processing.

Modernization of the indicator equipment of analog stations of the meter range will improve their ability to search, detect, determine coordinates, display and escort of air targets. The main element of the indicator equipment is a circular view indicator with which the radar operator performs radar reconnaissance and performs combat work. The visual method and display of information on the electron-beam tube have a number of disadvantages, which, given the shortcomings associated with signal processing, do not allow in time, accurately detect, and in some cases do not detect, air targets.

The use of a modern display element will increase the information and accuracy characteristics of the indicator equipment and the safety of the service as a result of the modernization of the remote indicator equipment. Conversion of analog signals into digital signals of the display system will expand the possibilities for conjugation and transmission of data to the corresponding consumers.

### **COUNTERING UNMANNED AERIAL VEHICLES BY SUBSTITUTING NAVIGATION DATA USING SDR-TECHNOLOGY**

*O. Dodukh<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; A. Meshkov<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military unit A1920*

As the analysis of hostilities during Russia's armed aggression against Ukraine shows, the presence of various types of unmanned aerial vehicles (UAV) in the enemy, which are able to effectively carry out fire destruction of weapons and military equipment, poses a real threat to the units of the defence forces.

Taking into account these factors and risks, the fight against the enemy's UAVs is one of the priority tasks of counteracting the means of reconnaissance and combat destruction. To solve the problem of countering UAVs, it is proposed to use and improve a method based on intercepting a control system over a radio channel using spoofing attacks. The implementation of this method is proposed to be carried out on the basis of:

SDR technology, this approach allows you to receive signals from the UAV control device, process them and simulate interference signals, in addition, you can set or change the radio frequency parameters of radio devices, in accordance with the tasks;

GNU Radio Companion (GRC), this approach allows you to implement software to generate interference signals or reproduce received signals in the form of a stream graph, this opens up wide opportunities for a combination of ranges and signal characteristics.

Consequently, the implementation of the spoofing attack method based on SDR technology and GRC software allows you to successfully counteract a UAV by changing the flight path and destination without notifying the UAV operator.

### **WAYS TO INCREASE THE SPECTRAL WIDTH OF LFM SIGNALS WHEN GENERATED BY DIRECT DIGITAL SYNTHESIS**

*I. Krasnoshapka<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*K. Sadovyi<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Dzigora<sup>1</sup>; E. Yufa<sup>2</sup>, Candidate of Military Sciences*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,*

*<sup>2</sup>National Defense University of Ukraine*

The experience of the full-scale Russian-Ukrainian war clearly indicates that in 4th generation wars, the country that has high-tech weapons wins. In modern radar systems, signals with linear frequency modulation (LFM) of the carrier frequency are widely used, providing high range resolution without reducing the duration of the sensing pulses.

The need to increase the resolution of coherent pulse locators leads to the need to increase the frequency deviation of the LFM radio pulses and use various spectrum weighting procedures to reduce the side lobes of compressed pulses. However, the limited clock frequencies (usually from 250 to 500 MHz) of modern digital signal processing devices often do not allow the formation of LFM pulses with a large frequency deviation. Therefore, increasing the resolution of LFM signals by increasing their spectral width without increasing the clock frequencies of digital generators is an urgent task.

The report describes a method based on the use of balance mixers in quadrature channels and modulating V-shaped signals with appropriate phase shifts. The report also sets forth the requirements for the accuracy of modulating signal formation and the permissible errors in setting phase shifts in quadrature channels. The advantages of the method are: the formation of a modulating signal at a sufficiently low frequency, which reduces the requirements for the frequency range of the generated signals in the DSP; transfer of the signal spectrum to HF with a simultaneous increase in frequency deviation.

## **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR OPTIMIZATION OF THE SEARCH ALGORITHM AND TROUBLESHOOTING OF THE DISCRETE SIGNAL CONVERSION SYSTEM AND PRIMARY INFORMATION PROCESSING SYSTEM**

*V. Ivanilov; V. Mosiienko; K. Akhremenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The most common radar station of individual radar platoons performing combat missions in the course of hostilities during the repulsion of the armed aggression of the Russian Federation is the 19Zh6 radar. One of the most important components of the radar is the discrete signal conversion system and the primary information processing system. It is the performance of these systems that determines the timely detection and sustained tracking of airborne objects such as cruise missiles and kamikaze-type attack UAVs. However, due to the prolonged operation of the 19Zh6 radar, these systems often fail. Today's realities require the radar to be restored as soon as possible in case of loss of combat capability.

The report analyzes the most frequent malfunctions of the discrete signal conversion system, the automatic target detection system, and the automatic coordinate measurement system. Continuous and periodic performance monitoring are considered. The device for visual control of the automatic signal detection system, which is a means of integral control of the echo processing device, is investigated. Its presence makes it possible to control the process of digital signal processing in the usual analog form.

The developed proposals for improving troubleshooting can be used by the head of the radar sample, engineering and technical staff of repair and restoration units as additional material to reduce the duration of radar restoration.

## **ORGANIZATION OF THE CONTROL SYSTEM OF A SEPARATE RADAR PLATOON IN MODERN CONDITIONS**

*R. Raikov; O. Skavronov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The management of a separate radar platoon is a process of purposeful influence of the commander on the subordinate personnel, which is carried out to maintain the unit's readiness to perform assigned tasks, preparation and successful completion of tasks during combat use.

The management of a separate radar platoon as a process is subject to requirements, the fulfillment of which is a prerequisite for achieving its goal. The main ones are: efficiency, stability, continuity, secrecy, and quality.

Sustainability and continuity of control of a separate radar platoon are closely interrelated and are achieved by creating a control point, protecting it from weapons of destruction, equipping it with technical means of control and life support, camouflage and engineering equipment of the area of location, concealing the objects of the control system from enemy intelligence and protecting them from the effects of various types of weapons, integrated use and ensuring reliable operation of communication means and the system of processing and issuing radar information.

Thus, the reliability of controlling a separate radar platoon can be improved by equipping a secure control room (dugout, protective structure), automating the

process of acquiring information from the radar and transmitting it to the workstation of the input operator (using ADCRLI and wireless transmission to the input operator's workstation), and using several communication channels (modern radio communications, satellite communications, LTE modems).

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ПАСИВНОЇ ЛОКАЦІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ**

*М.А. Голова*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Аналіз застосування ударних та розвідувальних БПЛА противником в широкомасштабній війні проти нашої держави потребує вирішення проблемних питань щодо виявлення малорозмірних, малопомітних цілей різними засобами. Застосування авіацією противника протирадіолокаційних засобів придушення радіовипромінюючих засобів і роботи сучасних активних РЛС у сучасних бойових діях дає змогу зробити висновок про вразливість цих РЛС засобами придушення супротивника, і, як результат, недостатню ефективність сучасної системи ППО на основі активних РЛС. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми може бути застосування засобів пасивної локації. Відсутність випромінювання сигналу підсвітки цілі, який ще називають зондуємим сигналом, при пасивній радіолокації значною мірою підвищує прихованість роботи пасивної РЛС, істотно ускладнює виявлення такої станції і створення їй радіоперешкод чи знищення. Основними напрямками можуть бути:

– створення рубежів виявлення за допомогою засобів візуального та теплового виявлення навколо важливих інфраструктурних об'єктів;

– застосування акустичних датчиків на можливих маршрутах руху ударних та розвідувальних БпЛА та інтеграція інформації з них в єдину систему розвідки та виявлення повітряних цілей. За основу створення такої системи можна використовувати мережі веж мобільного зв'язку;

– використання радіочастотних методів з метою аналізу сигналів в діапазоні частот, на яких відбувається управління дронами.

## **АНАЛІЗ ТАКТИКИ ДІЙ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ ПРОТИВНИКА**

*М.А. Баталов*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Електромагнітний вплив охоплює заходи та дії частин і підрозділів радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ) Сухопутних військ російської федерації (далі – СВ рф) з метою послаблення та дезорганізації систем управління та розвідки противника. Об'єктами РЕБ є системи управління, озброєння та військова техніка шляхом вогневого (високоточна зброя), функціонального (електромагнітна зброя) та інформаційного (активні та пасивні електромагнітні перешкоди) ураження, а також зміни умов поширення (відбиття) електромагнітних хвиль (електромагнітне маскування [камуфляж, приховування та обман]).

Як і інші бойові комплекси СВ рф, частини та підрозділи РЕБ створюють послідовні шари прикриття для ураження противника та захисту своїх сил. Для порушення або знищення засобів зв'язку противника в точці зіткнення,



частини та підрозділи РЕБ СВ рф розгортають свої комплекси в межах 1-3 км від лінії зіткнення. Вони здійснюють перехоплення та пеленгування засобів управління, зв'язку та радіолокації. На наступному рівні, приблизно за 15-30 км від лінії зіткнення, підрозділи РЕБ розгортають комплекси, які націлені на наземні випромінювачі, що працюють у діапазонах високих, дуже високих і надвисоких частот, а також на вишки стільникового зв'язку GSM, мережі 3G і 4G. Комплекси РЕБ можуть також націлюватися на супутникові передачі.

До складу нових формувань СВ рф увійшли бригади РЕБ по чотири батальйони для кожного військового округу. На додаток до бригад РЕБ, окремий батальйон РЕБ входить до складу кожної з 12 загальновійськових армій, а окрема рота РЕБ була додана до складу кожної загальновійськової бригади. Окремі батальйони РЕБ підтримують дії загальновійськових армій на оперативно-тактичному рівні.

Підрозділи ракетних військ і артилерії ЗС України повинні розглядати можливості захисту власних систем від дії засобів РЕБ СВ рф. Це може включати в себе використання захисних екранів, шифрування та інші технології для збереження стійкості перед електромагнітними перешкодами. Під впливом засобів РЕБ, підрозділи ракетних військ і артилерії повинні адаптувати свої тактики, враховуючи можливості противника в області РЕБ. Це може включати зміну траєкторії польоту ракет та РС, режими роботи та інші параметри.

### **МЕТОДИКА ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАТЬ ЩОДО СЕМАНТИЧНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ МІСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДНИХ ВИПРОБУВАНЬ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ З РОЗПІЗНАВАННЯ МІСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ НА ЦИФРОВИХ КОСМІЧНИХ ТА АЕРОФОТОЗНІМКАХ**

*Ю.В. Рєзніков, к.т.н., с.н.с.; В.В. Пустоваров, к.т.н.; О.Г. Матюценко, Ph.D.  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

В ході відсічі широкомасштабної збройної агресії російської федерації постає питання здійснення ефективного управління підрозділами Збройних Сил в умовах міських забудов, для чого необхідне своєчасне отримання даних, які забезпечуються веденням відповідного моніторингу змін міського середовища та аналізом причин їх виникнення. Це обумовлює необхідність у підвищенні точності результатів моніторингу на основі розробки систем підтримки прийняття рішень для розпізнавання міських об'єктів на цифрових космічних та аерофотознімках з визначенням наявності їх змін.

В доповіді запропоновано модель згорткової нейронної мережі для сегментації об'єктів на цифрових знімках, параметри якої оцінюються в ході проведення дослідницьких випробувань, що дозволяє забезпечити більшу точність сегментації визначених об'єктів. Також наведено метод формалізації знань щодо семантичної сегментації будівель на космічних та аерофотознімках, який дозволяє підвищити якість та зменшити час навчання нечіткої згорткової нейромережевої моделі. В цілому побудовано інформаційну технологію розробки системи підтримки прийняття рішень для розпізнавання будівель на знімках при автоматизованому моніторингу міського середовища, яка дозволяє забезпечити уніфікацію та стандартизацію процесу розробки систем відповідного класу.

## **КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗВІДКИ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА**

*С.В. Поліщук, к.військ.н.; В.В. Бондар; М.В. Веровок  
Національний університет оборони України*

Аналіз виконання завдань системою розвідки та попередження про повітряного противника (СРПП) в російсько-українській війні дозволив зробити висновок про недостатній рівень ефективності її функціонування. Причиною цього є поява нових факторів, які впливають на ефективність функціонування СРПП в умовах ведення сучасної війни. Для врахування нових факторів при оцінюванні ефективності функціонування СРПП було проведено декомпозицію процесу її функціонування. Основними складовими процесу функціонування СРПП визначено своєчасне виявлення ЗПН противника, їх супроводження та видача інформації про них споживачам.

У доповіді запропоновано комплексну методику оцінювання ефективності функціонування системи розвідки та попередження про повітряного противника. Комплексна методика базується на методиці оцінювання ефективності виявлення повітряних об'єктів, удосконаленій методиці оцінювання якості траєкторної обробки інформації про повітряні об'єкти від різномірних джерел та удосконаленій методиці оцінювання ефективності функціонування системи зв'язку повітряного командування.

Комплексна методика дозволяє оцінити ефективність функціонування СРПП за можливими варіантами ударів ЗПН противника та відповідними варіантами їх відбиття угрупованням ППО з урахуванням складу та характеристик засобів виявлення ЗПН і умов їх застосування, якості обробки інформації від них та можливості передачі обробленої інформації про повітряну обстановку споживачам.

## **ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ПІД ЧАС БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

*С.Е. Попов, к.військ.н., доц.; О.В. Пуховий, к.військ.н., доц.;*  
*Є.А. Юфа, к.військ.н.*

*Національний університет оборони України*

Досвід бойового застосування радіотехнічних військ (РТВ) у російсько-українській війні показав, що бойових пошкоджень РЕТ може зазнати внаслідок впливу вражаючих факторів як авіаційних (керованих і некерованих авіаційних бомб, протирадіолокаційних ракет, крилатих ракет, ударних безпілотних літальних апаратів), так і наземних засобів вогневого ураження (реактивних систем залпового вогню, ствольної артилерії).

Компенсація бойових втрат при існуючій на теперішній час в РТВ системі відновлення ОВТ можлива за рахунок введення завчасно створених і розосереджених в бойових порядках підрозділів РТВ резервів (технічного, тактичного, оперативного) для відновлення РЕТ з сильними пошкодженнями і повним руйнуванням та проведення ремонтно-відновлювальних робіт РЕТ силами ремонтно-відновлювальних органів (РВО) тактичного рівня (бойових

обслуг РЕТ та мобільних ремонтно-відновлювальних бригад) для відновлення РЕТ зі слабкими і середніми пошкодженнями.

Отже, ефективність відновлення РЕТ РТВ буде оцінюватися відповідно до спроможностей РВО тактичного рівня щодо своєчасного відновлення бойових втрат РЕТ на початку операції та підтримання потрібного рівня забезпеченості підрозділів РТВ справною РЕТ протягом операції.

Зазначені підходи доцільно використовувати для обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ефективності відновлення РЕТ РТВ під час бойового застосування, а також у ході проведення подальших досліджень за обраним напрямком.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПРОТИВНИКА**

*О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.; Д.С. Завадський*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Представлені результати розроблення 3D-моделей засобів повітряного нападу противника: Shahed-136, ЗМ-14 “Калібр”, Х-101, Х-555, Х-55, Х-59, Х-22 “Буря”, Х-35, Х-47М2 “Кинджал”, 9М723. З використанням програмно-технічного комплексу моделювання електромагнітних аспектів функціонування озброєння та військової техніки проведені обчислення діаграми зворотного розсіювання зазначених повітряних цілей.

Проведено статистичний аналіз районів пуску та маршрутів руху повітряних цілей до об’єктів на території України (або до моменту їх перехоплення засобами зенітних ракетних військ). Визначені типові маршрути руху повітряних цілей. З використанням типових та інших модельних маршрутів проведено імітаційне моделювання руху різнорідного складу засобів повітряного нападу.

На основі використання методу дискретизації території проведені розрахунки досяжних просторово-часових показників виявлення при наявності радіолокаційних засобів у довільній точці. Проведено обчислення ракурсів спостереження (та відповідних показників радіолокаційної помітності), радіальної швидкості та часових інтервалів всього періоду спостереження цілі при забезпеченні прямої видимості (цифрова модель місцевості ASTER GDEM).

Отримані результати дозволяють обґрунтовувати оптимальні райони розташування радіолокаційних засобів, а також обґрунтовувати основні тактико-технічні вимоги у частині забезпечення виявлення розглянутих цілей, що рухаються визначеними маршрутами.

## **СТРУКТУРИЗАЦІЯ СТОХАСТИЧНОГО СИГНАЛЬНОГО РЕСУРСУ ОГЛЯДОВОЇ РЛС**

*В.М. Канцедал, к.т.н., с.н.с.*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова  
Національної академії наук України*

Необхідність управління формами та параметрами сигналів режимів зондування оглядової РЛС викликана підтримкою сталості їх інформативності та забезпеченням необхідних рівнів інформаційної стійкості при зміні режимів

на етапах розвідки різних класів повітряних цілей, а також умов спостереження у складній та динамічній завадо-цільовій обстановці в зоні огляду РЛС.

Пропонується методика синтезу законів управління, яка заснована на застосуванні переважної базової сигнально-кодової моделі стохастичного радіолокаційного сигналу у вигляді кодової пачки широкосмугових шумових імпульсів та певної структури системи автоматизованого управління з контурами внутрішнього управління. Дана методика дозволяє виділити три види сигнального ресурсу РЛС, які складаються з форм, що синтезуються, та оптимізованих параметрів сигналів режимів зондування для наступних умов спостереження: без навмисних активних завад; в умовах ведення радіотехнічної розвідки випромінювань РЛС та постановки небезпечних видів активних завад. Ці види ресурсів відрізняються складом та структурними, кореляційними, розвідзахисними або завадостійкими властивостями.

Розглянуто додаткові особливості побудови та реалізації запропонованої методики.

Методика характеризується певним рівнем формалізації постановок завдань управління та пошуку їх вирішення. Вона дозволяє одночасно розглянути застосування стохастичних зондуючих сигналів, і синтезування при цьому їх потрібних форм, оптимізацію їх параметрів і, як наслідок, формулювання законів управління стохастичним сигнальним ресурсом РЛС.

## **ОБГРУНТУВАННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В ОПЕРАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

*В.В. Кіреєнко, к.військ.н., доц.; О.В. Барабаш, д.т.н., проф.;*

*О.Б. Титаренко, к.військ.н., доц.*

*Національний університет оборони України*

Досвід участі ЗС України в ході триваючої російської агресії, свідчить про потребу масового використання системи впізнання. Зі зміною характеру війн та розвитком озброєння (підвищенням дальності застосування) спостерігається зростання відносної кількості втрат від “дружнього вогню”.

Наприклад, у США для вирішення зазначеної проблеми почали створювати Battlefield Combat Identification System (BCIS). У багатьох країнах на державному рівні створені програми розвитку таких систем та організаційні структури, що відповідають за реалізацію програм.

Серед численних способів (і засобів) упізнання найбільш ефективними вважаються такі: впізнання, що базується на засобах автоматичної радіопередачі даних про свої війська (Radio Based Combat Identification – RBCI); впізнання за допомогою радіоміток (Radio Frequency Identification tags – RF tags); впізнання цілей на полі бою (Battlefield Target Identification Device – BTID).

Серед відомих варіантів побудови систем впізнання об'єктів на полі бою найбільш поширеними і ефективними є системи типу BTID. Вони розбудовуються у відповідності до вимог сучасних міждержавних регламентів (STANAG) з використанням перспективних радіоелектронних пристроїв сантиметрового й міліметрового діапазонів радіохвиль.

У зв'язку з ростом застосування і небезпечності тактичних БпЛА останнім часом усе більше фахівців вважають за необхідне організацію також лінії впізнання “земля – БпЛА”.

## **ВИСОКОЧУТЛИВІ НВЧ-РАДІОМЕТРИ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ КОНВЕРТЕРІВ**

*В.О. Кабанов, к.ф.-м.н., с.н.с.*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. А. Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Методи пасивного зондування атмосфери в НВЧ-діапазоні дозволяють отримувати інформацію про температуру і вологість атмосфери, водність хмар та опади. Велике практичне значення для підвищення ефективності роботи радіотехнічних систем працюючих над морем є знання умов поширення радіохвиль в даному районі. Діагностика може бути заснована на вимірах радіотеплового випромінювання системи атмосфера-море при ковзних кутах за допомогою радіометрів. Проведені автором дослідження показали перспективність такої діагностики. До переваг цього методу можна віднести простоту, оперативність, можливість оцінки рефракційних властивостей атмосфери з одного пункту в різних напрямках. Застосування пасивного методу дозволяє суттєво підвищити ефективність і надійність роботи різних радіосистем, не виявляючи своєї присутності за рахунок власного випромінювання.

Важливим завданням залишається розробка простих та економічних технічних рішень та методик радіометричних вимірів. Елементом значною мірою визначаючим якість радіометра є вхідний підсилювач надвисокої частоти, який повинен мати мінімальний рівень власних шумів при високому та стабільному посиленні. Зазвичай такі підсилювачі при дрібносерійному виробництві відрізняються великою вартістю.

Для діапазону частот, у яких застосовуються стандартні супутникові конвертери, вдалим рішенням є їх використання в якості вхідного вузла радіометра. Завдяки масовому виробництву вартість супутникових конвертерів невелика за їх високої якості та надійності. Використання супутникових конвертерів дозволяє суттєво підвищити чутливість радіометра і спростити та здешевити конструкцію приладу.

## СЕКЦІЯ 8

### **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ. ОСОБЛИВОСТІ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН (ПІДРОЗДІЛІВ) ЗВ'ЯЗКУ ТА РТЗ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В ХОДІ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ**

Керівники секції: полковник Кадура П.В.;  
Д.Т.Н. С.Н.С. полковник Карлов Д.В.  
Секретар секції: к.т.н. доц. Чечуй О.В.

### **FEATURES OF THE APPLICATION AND OPERATION OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX "TSYAFRA-R"**

*P. Kadura<sup>1</sup>; D. Demediuk<sup>2</sup>;  
D. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher  
<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays, the airfields of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, are gradually implementing product software and hardware complex like "TSYFRA-R" is designated for flight control in the area of responsibility of the airfield and solving tasks of radio technical support.

The software and hardware complex like "TSYFRA-R" is a modern digital device for processing and display of radar and navigation information is designed to change the old product such as "VISP-75T".

The report offers three main options for the use of digital tools of the software-hardware complex "TSYFRA-R" in accordance with the completeness (configuration) of its equipment. The advantages and disadvantages of each are considered.

The general recommendations were considered for the operation of the software-hardware complex "TSYFRA-R" at state aviation airfields.

The main advantages of the software-hardware complex like "TSYFRA-R" was determined to include the following:

- ease of operation;
- high reliability;
- implemented objective control system;
- scalability;
- using modern technologies;
- multifunctionality.

So, it's necessary to replace the old equipment like "VISP-75T" with a modern displaying information device like "TSYFRA-R" at the workplaces of officials of the flight management group.

## **PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INSTRUMENTAL LANDING SYSTEMS**

*O. Onyshchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
M. Tulenko; V. Kashchenko; A. Kalambet  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of warfare testifies to the need to improve the system of radio technical support (RTS) of the State Aviation. The composition of the RTS systems includes instrumental systems of glands (IWP), which, when working with on-board equipment, provide information on the position of the aircraft relative to the landing course and glide slope of gliding to the control and aerobatic device. At the Armed Forces of the Armed Forces of Ukraine today there are IWP of the decimeter wave range of the type PRMG-5, PRMG-76U, the main disadvantage of which is the incompatibility of work with the on-board navigation systems of aircraft of the member countries and NATO partners.

As part of the implementation of state policy measures in the military sphere, defense and military construction, which meet the criteria for Ukraine's full membership in NATO, there is a need to introduce into the system RTS IWP, which will be able to provide flights of aircraft equipped according to NATO standards.

To improve the RTS system, it is necessary to carry out a deep modernization of PRMG-5 of the IWP type, PRMG-76U and additionally deploy modern IWP of the ILS type at state aviation airfields that meet the requirements of ICAO and NATO standards. The introduction of such combined Internet providers will provide flights of state aviation after the adoption of multi-purpose fighters of Western production F-16, SAAB, JAS39.

## **A NON-PARAMETRIC METHOD OF COMPATIBLE ESTIMATION TIME DELAY AND DOPPLER DEFORMATION OF WIDEBAND SIGNAL IN CONDITION IMPACT MULTIPLICATIVE AND ADDITIVE NOISES**

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Slobodyanuk, Candidate of Technical Sciences; M. Alonkyn;  
U. Zbezhkowska, Ph.D.  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of modern information technologies impacts the modernization of radio technical machines for the detection and estimation of signal parameters operating in complex and statistically uncertain noise conditions. Lately, research on non-parametric methods of signal processing for solving this problem.

Using a non-parametric method for signal processing makes it possible to estimate the delay time of a broadband impulse signal manipulated by the Barker code, taking into account the Doppler factor of the received signal. For solving this task, the use of BDS statistics is proposed. This method is based on the minimization of the objective function. For example, multiplicative and additive noises had a Gaussian distribution were studied. Special attention was paid to the case when the multiplicative noise is described by a random process with a Cauchy distribution, which is characterized by "heavy" tails.

Comparative analysis of the proposed method with the traditional method of maximum likelihood, which for Gaussian noise is reduced to the maximization of

the cross-correlation function of the observation and the signal model. In case of the combined action of the considered multiplicative and additive noises, the method of maximum likelihood is not effective, and the proposed non-parametric method always ensures sufficient efficiency of the combined estimation of the delay and the Doppler factor of the signal.

### **MODERNIZATION OF AVIATION RADIO EQUIPMENT BASED ON THE OPTIMUM SYNTHESIS OF RRD PARAMETERS ACCORDING TO THE CONDITIONAL CRITERION OF SENSITIVITY**

*V. Kotsiuba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Stadnik; A. Krepko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The peculiarity of the design or modernization of ground and air radio communication equipment and the standardization of their technical characteristics is that the search for the values of technical parameters and the development of schematic solutions are accompanied by obtaining a number of intermediate options, which are used to select the best implementation.

Due to the complexity of formalization, a significant part of the design tasks and the technology for determining the technical parameters of radio receiving devices (RRD) of radio electronic devices (RED) are solved by heuristic methods, based on the experience and acquired design knowledge in the creation of similar radio devices, on the engineering training and ingenuity of the developer. This leads to a loss of the quality of RRD characteristics.

The optimal technical parameters of the functional elements of the radio means indicate the way to modernize the existing RRD of the radio means by selecting similar functional elements from the park of real elements and product nodes. At present, in the theory of radio engineering, the methods of solving optimization problems, or the optimal choice of numerical values of the technical parameters of radio equipment and their components, taking into account the development of the production base, are gaining great importance. A feature of the conditions for the production of special radio communication equipment in Ukraine is that the development of promising digital samples of RED and the modernization of existing equipment must be carried out at Ukrainian manufacturing enterprises on a domestic, modern element base.

### **STUDY OF THE RELEVANCE OF THE USE OF THE EXISTING COMMAND RADIO LINES OF THE PROPELLANT AVIATION CONTROL, AND THE MAIN DIRECTIONS OF THEIR MODERNIZATION**

*D. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Belous; N. Belous  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, in a war with the Russian Federation, fighters are one of the most important aviation components of the Air Force. They are used to gain superiority in the air over the enemy, destroy air targets and some ground (sea) targets. Fighters are also used to escort bombers, transport aircraft, civil aircraft. These tasks are further complicated when intercepting the enemy on the coastal directions, when the conditions for detecting an air enemy are significantly complicated, especially in the



case of his flight at low and extremely low altitudes. In these conditions, after detection of the target, due to insufficient time required for the decision maker (ATS) to analyze the air situation (PO) and making recommendations for intercepting an air target by a fighter, it becomes problematic for a fighter to perform a combat mission.

An important component of air combat is the process of controlling fighters. The control system, which ensures that it performs a combat mission, is an element of the control system of the tactical aviation brigade (fighter). To ensure high efficiency of combat use of the brigade it is equipped with automation. They include means of automation of the command post (CP) brigade (br) tactical aviation (fighter), fighter aircraft guidance points, launch command post, the fighter itself and sources of information.

For effective control of fighters, command posts are equipped with a set of automation tools that provides automated control of units and the crew of aviation during their combat use and flights in peacetime.

During combat operations, the command radio line of control (KRU) is used for covert guidance of aircraft to the target and bringing them to the line of attack. For successful guidance of the system of command radio lines, aircraft control must be serviceable. For a long time, aircraft control in an automated mode was not carried out in the absence or malfunction of automation tools of the Soviet era, so the repair (modernization, restoration) of the on-board systems of the SGS was not carried out in full.

To transmit guidance commands, an ultra-short wave radio station (VHF) with a power of at least 200-400 W (or similar in characteristics) is used for instrument guidance using the Turquoise, Lazur switchgear complete with remote controls or remote control panels.

These means of information interaction between aircraft and aviation control points are still in service with other countries, in particular in the Russian Federation, which creates the prerequisites for reducing the survivability and noise immunity of the command radio lines used to control combat equipment under the condition of certain awareness of the countries that manufactured similar systems (order and methods of their use, frequency resources and data transmission protocols). The use of such systems under certain conditions can lead to the use of information simulstations, which can cause failures in the management of fighters. Today it is necessary to work towards replacing the existing command radio control lines with more modern ones.

The main directions of modernization of command radio lines of control of combat means are: making it impossible for the enemy to intervene in the process of control (guidance) of aircraft in the presence of similar command radio lines of control: transferring the hardware of encryptors and decoders of control commands to a modern element base; use of technical means of information protection in command radio control lines; development and implementation of domestic data exchange standard, particularly in aviation.

Modernization of command radio control lines will replace morally and physically outdated guidance equipment, provide automated control and guidance of fighters during combat use in radio mouse modes, which will significantly increase the survivability of the fighter due to hidden guidance of the aircraft to the target with access to the line of attack and noise immunity due to the use of pseudo-random tuning of the operating frequency during data transmission.

## **APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR FLIGHT CONTROL AIRPORT LIGHT SIGNALING EQUIPMENT**

*O. Kulyk, Candidate of Military Sciences;  
D. Voronov, Candidate of Technical Sciences; I. Melnikov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

From the first days of Russia's armed aggression against Ukraine, Air Force (PS) aviation has played an important role both in covering important (critical) objects and troop groups during operations (combat operations) and in supporting ground troops. The experience of its combat operations shows that the effectiveness of the execution of combat tasks depends significantly on the availability and condition of radio technical support (RTS) of aviation flights. Light signaling equipment (LSE) of the airfield, as a component of the RTS system of aviation flights, must have the ability to ensure the takeoff and landing of both existing aircraft and those that will arrive from NATO member countries, under any weather conditions and time of day.

The analysis of legal acts, which determine the requirements for the arrangement of aircraft airfields and standardize their operation, clearly indicates that LSE that characteristics, according to the results of the flight check, are within the limits of established tolerances, are allowed to provide flights.

Currently, it is stipulated that the flight check of the LSE should be performed by a laboratory aircraft (primary) or a training and combat (combat) aircraft (pre-flight). The dynamics of hostilities and, as a result, the frequent change of base airfields by aviation shows that the available laboratory aircraft are not able to ensure the timeliness of flight inspections of the LSE. The report suggests using a UAV for this, on which a flight control system is installed, which in general is a camera with a monolithic self-scanning linear light-sensitive element with 1204 photodiodes, connected to an electronic amplifier, a data processing and transmission system.

## **WAYS TO IMPROVE THE SAFETY OF OPERATORS OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS OF TACTICAL LEVEL**

*V. Kubrak; D. Voronov, Candidate of Technical Sciences;  
S. Blashchuk, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Combat operations in the course of repulsing the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine are rightly called the "war of drones". Every day, thousands of unmanned aerial vehicles (UAV) are used to conduct reconnaissance, strike at the enemy, and deliver various cargoes. Today, tactical UAV are the most widely used, and almost every battalion of the Ukrainian Defense Forces is in service. Having suffered heavy losses from tactical UAVs, the enemy is trying to counteract them in every possible way, using electronic warfare, radio direction finding and firepower.

The greatest danger to UAV operators is posed by enemy fire aimed at control panels (stations), which are powerful sources of radiation. Existing methods of ensuring the safety of UAV operators, such as working with a remote antenna, only partially solve this problem. Even with the use of powerful antenna amplifiers (boosters), the antenna can be moved away from the operator by a

maximum of 25-30 meters, and a fire strike aimed at the antenna due to the scattering effect can hit him. In the best case scenario, this strike will disable the antenna, which can lead to the loss of the UAV.

The study proposes a method of using remote active antennas, when the signal from the control panel (station) is transmitted to them not through feeder lines, but through twisted pair. In this method, the operator will be able to be located at very considerable distances from the antenna, which will exclude the possibility of his being hit. In addition, the twisted-pair cable will allow not one but several antennas to be connected to the control panels (stations) simultaneously, with control being carried out from the antenna with the highest signal strength. In case of its failure, the antenna will automatically switch to the backup antenna, which will reduce the loss of the UAV.

### **IMPROVING THE NOISE IMMUNITY OF RADIO COMMUNICATION SYSTEM WITH OFDM BASED ON DISCRETE WAVELET TRANSFORM**

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Saidova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The increase in requirements for radio communication in the modern conditions is due to the necessity to ensure effective management of units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. In addition to the means of trunking communication, the means of software-oriented radio of various well-known manufacturers are widely used. Such tools are characterized by the use of modern types of digital modulation (manipulation), MANET technology (Mobile Ad hoc Network), etc.

Increasing the capacity of a radio communication system in most cases is achieved using modern communication technologies. Their use allows you to ensure multi-channel in one of the system parameters. An example of such a technology is OFDM. Classical technology along with advantages is characterized by certain shortcomings associated with the technical solutions used. Therefore it is of interest to improve the performance of the communication system with OFDM.

In order to improve the efficiency of the OFDM communication system, discrete wavelet transform (DWT) is used instead of discrete Fourier transform. In addition, on the receiving side, it is proposed to implement a noise reduction method in the observations based on DWT. In the case of jammers the additional application of frequency hopping is proposed.

The performance analysis of suggested approach was investigated using Matlab. The programs of forming and processing of signals were formed and functions from the Communication Toolbox were applied. Simulations were conducted for different values of SNR and different parameters of OFDM system. The results of simulation confirm the feasibility of joint application of proposed steps.

### **IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE OFDM RADIO COMMUNICATION SYSTEM BASED ON FAST HARTLEY TRANSFORM**

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; P. Nekova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Armed Forces of Ukraine gained during the full-scale invasion of Ukraine by Russian Federation shows the advantages of using digital communications equipment and modern communication technologies. Their

application provides an opportunity to improve command and control during combat operations.

Among the modern technologies, the OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) technology is selected which is based on dividing the input data stream into several sub-streams.

Its advantages are high communication quality in multipath signal propagation and resistance to inter-symbol interference. In general, fast Fourier transform is used to implement OFDM (subcarrier division multiplexing). To reduce the peak-to-average power ratio of the OFDM communication system, the precoding can be used.

OFDM implementation can be simplified by transition from calculations with complex numbers to ones with real numbers. This transition is realized by Discrete Hartley Transform (DHT).

In this paper, the influence of white noise is considered in the noise immunity analysis. To improve the efficiency (noise immunity) of the OFDM system based on DFT, it is proposed to estimate the state of the communication channel and reduce the noise level in the received signal. In the case of jammer influence the frequency of jammer can be estimated and used in the process of selection of subcarrier frequencies.

To verify the effectiveness of the proposed approach, we have conducted a simulation. The simulation results indicate a decrease in the bit error probability for the proposed approach compared to the known ones.

## **ANALYSIS OF EFFICIENCY OF MULTILATERATION SYSTEMS OF AIR TRAFFIC SERVICE**

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Lopatin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Air traffic service (ATS) when providing the flights in accordance with ICAO requirements has recently been carried out with the use of ground-based secondary surveillance radars (SSR) and on-board responders. Automatic dependent surveillance (ADS-B – automatic dependent surveillance-broadcast) is becoming a key element of air traffic control systems, namely SESAR and NextGen. In ADS-B, an important role is played by the satellite radio navigation system, which is used to determine the location of aircrafts. However, in a number of cases, the search for alternative ways of determining the location of aircraft is performed.

The so-called multilateration systems (MLAT) of ATS have recently attracted considerable interest. MLAT allows for a gradual transition to full implementation of ADS-B.

The MLAT system uses the determination of the location of the aircraft based on the estimation of the difference in the time of signal arrival (TDOA – time difference of arrival). Thus, the difference-range method is used. For its implementation a network of ground sensors is being deployed near the airport. The useful signal in this case is the on-board transponder signal with a frequency of 1090 MHz.

Modeling of MLAT systems is performed in the Matlab. Tikhonov regularization is used in conditions of poor conditionality of the matrix of coefficients of the system of equations, which is used in the calculations of aircraft coordinates. The simulation results show that the use of Tikhonov regularization under the specified conditions reduces the bias of the aircraft coordinate estimates.

Several options for estimating the regularization parameter are considered. The directions of further research include the search for an alternative to the regularization method.

### **PERFORMANCE ANALYSIS OF MODERN COMMUNICATION SYSTEMS USING OFDM**

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
O. Stoliar; V. Pavlii, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of combat operations by units of the Armed Forces of Ukraine showed that the Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) technology is an important element of the communication arsenal. OFDM provides high resistance to interference and distortion in the communication channel, which is critical in war conditions.

By using orthogonal subcarriers OFDM is able to effectively compensate for the effects of signal propagation across different channels, as well as other typical interference. OFDM technology also allows efficient use of broadband communication channels, dividing them into many smaller subchannels. This allows to increase the bandwidth of the channel and ensure the transmission of a large amount of data at high speed.

OFDM also has a low vulnerability to inter-symbol and inter-channel interference, which becomes a significant advantage in combat conditions. However, OFDM has its limitations, such as synchronization complexity and inefficiency under partial channel immersion conditions. Therefore, it is important to analyse the effectiveness of communication systems using OFDM, taking into account their specific needs and operating conditions.

Analysis of efficiency of communication system was conducted for different situations when the performance of OFDM is degraded. In the process of simulation besides the OFDM several modern modifications of OFDM were considered. Simulation result shows that in the most cases the modifications of OFDM have advantages in contrast to classical OFDM.

The implementation of OFDM like technologies can significantly improve the modern communication systems providing a reliable and effective communication infrastructure.

### **IMPROVING THE STABILITY OF RADIO COMMUNICATION SYSTEMS WITH MIMO USING PRELIMINARY CODING**

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Ruban  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today the problem of stability of the radio communication system is quite relevant in the conditions of the armed aggression of the Russian Federation. The main direction in increasing the efficiency (stability) of the radio communication system is the implementation of modern and promising communication technologies. Such technologies include MIMO technology, which uses multiple antenna elements to transmit and receive data. Its application improves the communication quality and increases the capacity. This technology implements the

ability of several spatial channels. The examples of using of MIMO technology in the modern radiocommunications means are known.

However, in some cases, the necessity of improving the characteristics of a radio communication system that already uses MIMO technology has a place. Such improvement can be achieved through the combined use of MIMO technology with other communication technologies, modern methods of spatio-temporal signal processing, etc.

The significant impact on the efficiency of application of MIMO communication means is the availability of information about the state of the communication channel. The presence of such information will reduce the probability of bit errors on the receiving side.

It is proposed in the paper to estimate the state of the communication channel on the receiving side of the system in order to transmit this information on the transmitting side. Such information will be implemented by preliminary coding.

In order to verify the effectiveness of the proposed approach, simulation was performed. The simulation results confirm the advantages of this approach as compared to the classic case where only MIMO technology is used.

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF RADIO COMMUNICATION SYSTEMS WITH OFDM USING NOISE IMMUNITY CODING**

*V. Vasylyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Luchen  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The effectiveness of the modern radio communication systems significantly depends on the data transmission technology used in its composition (or composition of radio communication means used in the system).

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) is one of the modern technologies. In it the formation of several subcarriers has place, which are used to transmit the necessary binary sequence. In the modern conditions, there is a requirement of increasing the interference (noise) resistance (interference (noise) protection) of radio communication systems with OFDM.

Improving the immunity of the OFDM radio communication system can be achieved through several approaches. The use of noise immunity coding, that is a technique that allows detecting and correcting errors in data transmission, deserves attention.

The combined use of OFDM technology and noise immunity coding in the radio communication system is proposed in the paper. The example is a Reed-Solomon code which is characterized by high reliability. It has an error correction mechanism that allows detecting and correcting damage of information parts during transmission. The coding operation is carried out prior to baseband modulation. Moreover, the arised cosine window is used additionally.

In the process of simulation the cases of using only OFDM and OFDM with the noise immunity coding were compared (using the Reed-Solomon code as an example). The dependences of the BER on the SNR obtained during the simulation indicates the advantage of using noise immunity coding.

The investigation of influence of Doppler shift of signal frequency on the performance of proposed approach is of interest.

## **APPLICATION OF ACOUSTIC LOCATION FOR DETECTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*I. Kostenko, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;  
O. Kulyk, Candidate of Military Sciences; E. Komarov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the large-scale aggression against Ukraine, Russian troops have been constantly increasing the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), which take on more and more functions (reconnaissance, adjustment of artillery and aviation fire, delivery of weapons, detection of air defense systems, etc.).

The degree of visibility of a UAV is determined by the value of its signatures in the radio frequency, infrared and visible spectrum ranges, as well as the acoustic signature.

The most effective way of reliable detection of UAVs is complex information that comes through channels of different physical nature. However, the use of complex methods requires the use of a larger amount of equipment, which determines the significant dimensions and cost of such complexes, as well as reduces their mobility.

Considering the variety of types and types of UAVs used by the Russian occupying forces, depending on the situation, it is advisable to use certain channels of their detection for each specific type. Based on the characteristics of the Shahed-131 (Gheran-1) and Shahed-136 (Gheran-2) attack UAVs, their search and detection can be carried out through different channels. Radar is considered to be the most effective way of detecting such targets. However, research and practice of using advanced automated sound-metric systems show that acoustic location in passive mode can also provide effective UAV detection, recognition of its type, determination of coordinates and direction of movement without unmasking one's own positions.

## **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ**

*П.В. Кадура<sup>1</sup>; Я.Г. Поліщук<sup>1</sup>; Д.В. Карлов<sup>2</sup>, д.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Командування Повітряних Сил Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Якість виконання будь-яких завдань залежить насамперед від повноти та якості їх всебічного забезпечення людськими ресурсами, озброєнням, військовою технікою, грошовими коштами, матеріальними засобами, спорудами тощо.

Радіотехнічне забезпечення (РТЗ) – це комплекс заходів, які спрямовані на своєчасне одержання інформації про місцезнаходження літальних апаратів у повітряному просторі. Система радіотехнічного забезпечення польотів Повітряних Сил ЗС України включає дві підсистеми: радіолокаційне (РЛЗ) та радіосвітлотехнічне (РСТЗ) забезпечення польотів авіації.

На теперішній час за рахунок рухомих підрозділів зв'язку та РТЗ авіаційних бригад і полків зв'язку та РТЗ здійснено нарощення системи РТЗ на визначених аеродромах.

В доповіді розглядається сучасний стан, проблемні питання та перспективи нарощення системи радіотехнічного забезпечення польотів Повітряних Сил Збройних Сил України. Визначено, що основними напрямками та шляхами розвитку системи РТЗ є:

- закупівля та модернізація (розробка) вітчизняних засобів РТЗ;
- закупівля засобів РТЗ іноземного виробництва;
- отримання техніки у рамках програми міжнародної технічної допомоги.

Таким чином, сучасна система радіотехнічного забезпечення польотів Повітряних Сил Збройних Сил України спроможна забезпечити польоти авіації в повному обсязі.

### **WIRELESS SENSOR NETWORKS BASED ON UAVS COVERAGE AREA OPTIMIZATION**

*D. Mykhalevsiy, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Riabkov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Armed Forces of Ukraine combat experience shows that the modern communication equipment, creating reliable data link connections became widely used, which is one of the main effectiveness parts of command-and-control system. Subscriber terminals high mobility, networking simplicity and flexibility is greatly necessary in active combat actions, which is achieved with modem wireless technologies. However, by analyzing operating process, there are significant data losses and worsen energy performance observed, as a result of various factors affecting, caused by noise, interference, architectural obstacles and in the condition of enemy electronic warfare operates. A experimental studies of UAV-based wireless sensor network coverage area are aimed at developing new ways to increase networking parameters, taking into account the special-purpose networks requirements in the combat action conditions. Successfully military operations conduction mainly depends on researching new methods of wireless networks optimizing, especially in combat operations using UAVs.

Researching process demonstrates experimental models of evaluating signal strength space distributing for sensor fields and the UAV-based repeaters. As well as, method of energy performance evaluating and optimization ways of radio electronic systems were developed during the research. It makes it possible to increase wireless network efficiency, to optimize data losses and datalink bandwidth. in conditions of influence factors affecting.

### **METHODS OF SPECTRUM MONITORING IN COGNITIVE TELECOMMUNICATION SYSTEMS**

*V. Lysechko, Doctor of Technical Sciences, Professor; G. Shubina  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

As a result of a theoretical and practical study of the advantages and disadvantages of the modern IEEE 802.22 WRAN protocol, which in the current conditions of a complicated search for new services, it was concluded that such a protocol opens up wide opportunities for efficient and optimal use of the radio frequency spectrum. The study revealed that a powerful advantage of the IEEE 802.22 protocol is a unique approach to the use of a large radio frequency range, with the simultaneous possibility of using it in any radio communication service.



Provided and in a situation of urgent need to increase the number of users requiring simultaneous service.

Modern methods and techniques of spectrum monitoring are analyzed, the most effective ones are identified and step-by-step algorithms for their further implementation are developed. As a result of the development of the spectrum monitoring method, which is based on the fast Fourier transform algorithm and its use in real time at a low signal-to-noise ratio, it is thoroughly proved that the values by which decisions are made regarding the use of the channel are insensitive to the noise level. The paper also proposes a step-by-step algorithm for spectrum monitoring with a focus on the frequency domain, which greatly facilitates its implementation.

### **INVESTIGATION OF THE PRINCIPLES OF ACCESS CONTROL TO THE ENVIRONMENT IN THE CONTROL SYSTEMS OF INTELLIGENT RADIO**

*V. Lysechko, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Shevchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The paper investigates the principles of controlling access to the environment of a potential user, as well as analyzes the methods and models of training and control of intelligent radio. According to the results of the study, it was proved that the best characteristics in time and learning speed for solving the corresponding tasks are achieved using probabilities and convolutional neural networks.

To achieve these results, the following tasks were carried out, namely: analyzing the level of coexistence of cognitive radio networks, studying the level of initialization and network connections, considering methods of training and control of wireless ITS, namely:

1. The Boyd cycle method.
2. Method of teaching the management of systems based on MANETs.
3. Method of learning to control systems based on neural networks.

The results of research in the field of access control, methods of management and control of wireless intelligent telecommunication systems have convincingly proved that existing methods have significant drawbacks. In particular, they exhibit significant shortcomings in fault tolerance, potential decision-making capabilities, implementation of dynamic changes in the user's environment, and use of available spectrum. This leads to a significant reduction in the volume and quality of subscriber service and, of course, to a deterioration in the level of communication quality.

### **SUBSTANTIATION OF THE MAIN ENERGY PARAMETERS OF TERRESTRIAL VHF RADIO STATIONS FOR PROVIDING AERIAL VHF RADIO COMMUNICATION WITH NATO COUNTRIES AIRCRAFT**

*V. Pozdnjak; O. Kulyk, Candidate of Military Sciences; O. Pavlichenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To determine the possibility of providing radio communication between correspondents, it is necessary to know the radio frequency energy of the radio line during signal transmission, which is determined from the radio transmission equation. It is the basis of the energy calculation of any radio line. The

substantiation of the main energy parameters of terrestrial radio communication devices should be carried out taking into account the known energy parameters of onboard radio communication devices by calculating the "ground-to-board" and "board-to-ground" radio lines. At the same time, the energy parameters of the radio lines according to the condition that the range of the radio communication system in the "ground-to-board" and "board-to-ground" directions should be the same.

The study considers several models of radio wave propagation that can be used when radio equipment is operating in the line-of-sight area. It is proved that it is advisable to use the Vvedenskiy two-beam model to solve the given task. The limitations of its use are considered.

It is shown that when making calculations, it is advisable to take the energy reserve in modern airborne VHF radio communication systems as equal to 10 dB, that is, when calculating, it is necessary to ensure that the power of the useful signal exceeds the sensitivity level of the receiver by 10 times.

The results of calculating the sensitivity of the receiver and the power of the transmitter of ground radio communication devices for different distances and flight altitudes of aircraft are presented. It is proved that the obtained results can be implemented technically and generally coincide with the technical parameters of modern radio stations.

## **ESTIMATION OF THE OPTIMUM LENGTH OF THE INFORMATION PACKAGE DATA TRANSMISSION PACKAGE IN SECONDARY RADIOLOCATION SYSTEMS**

*I. Svyd, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*M. Tulenko; K. Trojan; V. Hrinchenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The purpose of secondary radar systems is to obtain flight data. These systems are on the verge of spectrum saturation. This is due to the traffic density for different types of communication. The transition to the non-request mode of flight data transmission in secondary radar systems led to the transition to packet transmission of flight data, which allows control of the transmission channel based on the principle of adaptive control of the optimal length of the data packet. Such management of the packet length, depending on the interference situation in the response channel of information systems, will allow increasing the immunity of the latter.

The purpose of this study is to evaluate the optimal length of the information packet transmitted by the data transmission channel of the secondary radar systems in the event of intentional and unintentional correlated and uncorrelated interference in the transmission channel.

The paper obtained an expression for the effective data transmission rate in the response channel of the secondary radar under the influence of intentional and unintentional correlated and uncorrelated, impulse and fluctuation disturbances, taking into account the influence of the main factors of data transmission rate reduction: interference, analysis time at the receiving point, waiting time for confirmation at the transmitting point and exceeding the permissible value of the number of re-requests. It is shown that the optimal size of information transmission through secondary radar channels is largely determined by the intensity of interference, and an algorithm for determining the optimal size of the transmission packet is proposed. The proposed solutions will ensure optimal overall throughput of the secondary radar system.

## **COMPUTER MODELLING OF DOPPLER RADI SIGNALS IN THE TIME AND FREQUENCY DOMAINS**

*O. Onyshchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
M. Tulenko; O. Kramar; K. Trojan  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A mathematical model of doppler radio signals should take into account the influence of the secondary doppler effect on the accuracy of determining the motion parameters of aircraft, surface and submarines, and other moving objects for which the task of autonomous determination of their motion parameters is relevant.

An obligatory stage in the study of such signals is their computer modelling in the time and frequency domain. The results of the modelling should be aimed at studying the immediate nature of these signals, in particular, the study of changes in the envelope and high-frequency filling, as well as their impact on the accuracy of determining the Doppler frequency shifts that most adequately correspond to the speed of the moving object. Ultimately, these studies will contribute to improving the tactical and technical characteristics of integrated (autonomous) navigation systems installed on moving objects.

The results of modelling the Doppler wave radio signal in the time and frequency domains, which reflect the influence of the secondary Doppler effect on the structure of these signals, which leads to a complication in determining the speed of a moving object. Further research should focus on the analysis of instantaneous frequencies and their correspondence to characteristic changes in the envelope of these signals.

## **STUDY OF METHODS OF DISTRIBUTED PROCESSING OF RADIO LOCATION INFORMATION IN THE NETWORK OF SURVEILLANCE SYSTEMS OBSERVATIONS**

*I. Svyd, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Ratych; Ya. Dolhopatyty; V. Hrinchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The study of methods of distributed processing of radar information in a network of survey surveillance systems is an important task for compatible systems of military and civil aviation. And ensuring timely provision of relevant and timely radar information to users.

Information support of the airspace management system is carried out by radar surveillance systems, which include primary and secondary radar surveillance systems during asynchronous operation. The paper examines the proposed improvement that these radio-location surveillance systems form a synchronous network of surveillance systems. The form of the aerial object (AO), which is issued by the network of radar surveillance systems to users of radar information, includes: spatial coordinates of the AP, flight data of the AO and data on the identification "friend-or-foe".

The research shows that when switching to synchronous networks of surveillance systems: the use of distributed processing of radar information, taking into account the possibility of using an equal probability of detection of AO by the primary and secondary surveillance system, is more appropriate in comparison with the existing structure of information support of the airspace control system. The

results of these studies will be useful for military and civil aviation systems working together to provide radar information to users in a timely manner to support safe management based on the defined scope of application.

### **ANALYSIS OF POSSIBLE PATHS FOR INCREASING THE SPECTRAL EFFICIENCY OF STOCHASTIC SIGNALS**

*S. Shcherbinin, Candidate of Technical Sciences; M. Gariachiy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The increased demand for confidentiality of information circulating in corporate networks has led to the necessity of using stochastic signals in their information transmission systems. The use of such signals has made it possible to enhance the independent and identically distributed (I.I.D.) secrecy of the transmitted information, albeit at the expense of reduced transmission speed. The decrease in transmission speed is due to the necessity of using at least 500 discretization samples to transmit one binary value of useful information. Given the fact that corporate networks are characterized by a large number of subscribers (users) and significant data flow, a scientific problem arises concerning the need to increase the spectral efficiency of the information transmission system based on stochastic signals.

This issue can be addressed by synthesizing simple and combined multiple access methods, which should ensure more efficient use of the allocated bandwidth and increase the speed of information transmission in the communication channel. Considering the random nature of the behavior of stochastic signals in the synthesis process of multiple access methods, problems arise related to the partial loss or distortion of the useful information sample and increased computational complexity of information estimation. This, in turn, necessitates the synthesis of optimal methods for estimating stochastic signals in the absence of a complete set of its values.

### **ANALYSIS OF DELAY IMPACT IN AN ELECTRONIC COMMUNICATION NETWORK ON VPN CHANNEL THROUGHPUT**

*D. Komin, Candidate of Technical Sciences; V. Shulha; D. Konov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Electronic communication networks (ECN) are an integral component of modern society, facilitating the exchange of information for various purposes both locally and globally. For the interests of the Armed Forces of Ukraine, ECNs serve as the foundation of the communication system and play a crucial role in creating a military command system. In conditions of full-scale invasion from the Russian Federation, the communication system must ensure stable and uninterrupted management in any situation, both from stationary and mobile command centers.

To ensure communication in any terrain and access to basic and functional ECN services of the Armed Forces of Ukraine the Internet network is utilized actively. Access to the Internet is organized using various types of connections, including wired lines, satellite communication terminals, LTE modems, etc., and the security of data transmission over public networks is ensured by using Virtual Private Network (VPN) technology.

The experience of VPN implementation has shown that depending on the method of access to the Internet, the characteristics of VPN channels change. One of

the important factors affecting the throughput of VPN channels is network delay. The study examines the effectiveness of VPN protocols L2TP, SSTP, OpenVPN, and Wireguard under network delays ranging from 0 to 1000 ms. For instance, the throughput of Wireguard is 40 Mbps with a delay of 0 ms, but dramatically decreases to 10 Mbps with a delay of 50 ms. A significant decrease in throughput is observed for all protocols. Graphs of the dependence of VPN channel throughput (TCP and UDP) on network delay have been obtained, which can be used in network planning and forecasting their effectiveness.

## **REVIEW AND ANALYSIS OF QUANTUM TECHNOLOGIES IN THE MILITARY SPHERE**

*S. Shcherbinin, Candidate of Technical Sciences; O. Bespalko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The transition to quantum technologies, such as quantum computing, quantum computers, quantum metrology, and quantum cryptography, is a promising area for the development of military technologies.

The development of the theory of quantum computing makes it possible to create a mathematical apparatus for calculating models of warfare that will take into account the multifactorial and probabilistic nature of the development of the scenario of warfare. This will make it possible to create an effective real-time decision support system for the commander to organise and conduct an operation (combat operations).

The technology of creating quantum computers makes it possible to implement in practice methods of quantum computing, which will increase the speed of processing information about the nature and state of the operation (combat operations) by orders of magnitude, as well as enable the synthesis of an array of options for the course of the operation (combat operations), thereby reducing the time for their planning.

The development of quantum metrology technologies has already led to the creation of quantum sensors for various purposes, which allow for more accurate measurements. An example of such a sensor is the squid, an ultra-sensitive magnetometer used to measure weak magnetic fields with a sensitivity of more than 10-33 J/Hz. The use of measuring devices and sensors based on the principles of quantum mechanics makes it possible to increase the ability to detect air targets by range and angle several times, as well as to provide better recognition of air objects.

Quantum cryptography will provide quasi-hidden from the energy point of view and guaranteed sustainable control of troops at various levels. The principle of its functioning is based on the fundamental uncertainty of the behaviour of a quantum system, which is expressed in the Heisenberg uncertainty principle that it is impossible to simultaneously obtain the coordinates and momentum of a particle without distorting it. Such communication systems are self-controlled, they have the ability to determine whether they are being affected by external influences. The principle of functioning of such a system is based on the concept of 'quantum teleportation', where the initial quantum state of particles on the transmitting side is destroyed due to the measurement, and on the receiving side it is possible to estimate the initial state of the entangled particle, due to the presence on the receiving side of a particle entangled with a particle on the transmitting side (formation of entanglement of states between the transmitting and receiving sides).

All these areas of quantum technologies, with their further development, will influence the development of forms and methods of warfare, the future nature of the theatre of operations and the development of military capabilities of the Armed Forces of Ukraine.

Existing examples of the use of quantum technologies include quantum radar stations based on quantum correlation between radio and optical waves generated by nanomechanical oscillators, as well as the “Micius” satellite for quantum information transmission, which can receive and transmit entangled particles whose quantum state is the key to a cipher.

The main problems of the widespread use of quantum technologies are:

– decoherence, which occurs when a quantum system interacts with the environment, resulting in the loss of its quantum properties. It is possible to partially reduce decoherence by using quantum error correction codes;

– the complexity of calibration of quantum systems and sensors due to the probabilistic indicators of quantum systems' states. A promising direction is the use of artificial intelligence to reduce the probability of uncertainty in the obtained estimates;

– the complexity of forming quantum tunnelling and entanglement of states, as well as maintaining them. This problem can be levelled on the basis of new physical discoveries (understanding of the physical properties of the microcosm) or the creation of advanced methods for maintaining the states of quantum systems.

### **MATHEMATICAL MODEL OF THE ANTENNA SYSTEM OF THE AZIMUTAL-RANGE MEASUREMENT RADIO BEACON TYPE TACAN**

*S. Makarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Vysotskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Pozdnyak  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Short-range navigation systems (SNS) intended for determining navigation parameters, which characterize the position of the aircraft in the polar coordinate system (azimuth, range) relative to the radio navigation point (radio beacon of SNS). The basis of SNS there is a network of independent Azimuth-range radio beacons (ARRB). Azimuthal pulse-phase channel SNS like TACAN refers to angular measuring systems with two-stage phase measurement, which requires the formation of a special form of the direction diagram (DD) antenna system of terrestrial radio beacons. Simulation results (DD) antenna system ARRB like TACAN in the horizontal plane (using the applied mathematics package Mathcad) obtained by summing the fields of individual emitters in the far zone, taking into account their relative location and amplitude-to-phase distribution (APD) currents. According to the simulation results, the optimal distances between the elements of the radiating system in the horizontal plane in the range of operating frequencies were determined ARRB like TACAN, which ensures the formation of a given shape DD antenna system. Scanning DD in the horizontal plane is modeled using Mathcad's built-in capabilities for creating animated clips.

To ensure optimal form DD antenna system ARRB in the vertical plane, taking into account the height of its rise and the electrical parameters of the reflecting surface, modeling of the raised antenna with different numbers of elements in the vertical plane was performed. Their optimal number and optimal AFR currents in the vertical plane were found.

**FEATURES OF THE APPLICATION OF UNMANNED AVIATION  
COMPLEXES IN THE CONDITIONS OF OPERATION OF RADIO  
ELECTRONIC SUPPRESSION SYSTEMS**

*E. Vorobyov; V. Liebiediev, Candidate of Technical Sciences;*

*D. Konov; D. Kirichenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

On February 24, 2022, the full-scale invasion of the Russian Federation significantly under-corrected the number and type of unmanned aircraft systems, especially in the first months of hostilities. The latest methods of conducting hostilities include the use of various means of defeating the enemy, which the use of FPV-drone`s (First Person View) has proven to be relatively effective according to data from open sources.

But with the increase in the use of FPV drones, experienced operators note a proportional increase in the enemy's use of radio electronic suppression as well as telemetry signals and a video signal from the FPV drone to the operator's technical means of control.

One of the solutions to the identified problem is the use of additional technical means of counter-radio-electronic suppression. As one of the examples of the use of repeaters that allow to increase the range of the "operator-drone" system.

**PECULIARITIES OF ASSESSING THE DEGREE OF INFLUENCE  
OF WIND TURBINE GENERATORS ON THE TECHNICAL  
PARAMETERS OF RADAR**

*V. Liebiediev<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; O. Tiutiunnyk<sup>1</sup>;*

*Y. Drob<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Central Military Education Department of the General Staff  
of the Armed Forces of Ukraine*

Recently, wind energy has become rapidly widespread in the state. At the same time, wind turbine generators plants (WTGs) located near the airfields of the state aviation of Ukraine and having rather large dimensions (mast height can reach up to 400 m) can affect the technical parameters of radar stations (RS). To reduce the impact of WTGs on radars, it is necessary to provide for a comprehensive assessment of the degree of impact of WTGs on the technical parameters of radars.

A comprehensive assessment of the degree of impact of WTGs on radar involves:

- simple assessment of the degree of WTG impact on radar;
- detailed assessment of the degree of WTG impact on radar.

A simple assessment of the degree of impact of WTGs on radar should include: building the closed-form angles in the radar coverage area due to the terrain; building the radar coverage areas for heights, considering the height of the WTG; assessing the reduction in the probability of detecting the radar target; identifying areas of possible spurious targets from WTGs for radar.

A detailed assessment of the degree of impact of WTGs on radar should include calculation of the radar signal attenuation; impact of attenuation on the radar detection efficiency.

## **AREAS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION IN GUIDANCE SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*V. Liebiediev, Candidate of Technical Sciences;  
Y. Vorobiov, Candidate of Technical Sciences; A. Ivanov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Against the backdrop of the military aggression of the Russian Federation, various ways of using weapons and equipment in combat operations are gaining special significance. Currently, artificial intelligence (AI) can play a crucial role in this war. AI-based software can improve the technological capabilities of weapons and military equipment.

First and foremost, we are talking about unmanned aerial vehicles, FPV drones, which are a priority weapon development in the war with the Russian Federation. At the same time, the use of AI-based software will increase the likelihood of inflicting maximum losses on the enemy at relatively low financial costs on the part of the state and society and save the lives of the armed forces.

The application of AI in piloting and guidance systems of unmanned aerial vehicles should develop in the following directions:

- Integration of artificial intelligence into the navigation and guidance systems (identification of the enemy vehicles based on the image embedded in the AI system);
- Automation of the guidance system due to the use of “computer vision” (i.e., with a possibility to analyse the information in real time);
- Possibility of creating mesh networks based on a swarm of drones (increase in survivability);
- Performing tasks as part of a swarm of unmanned aerial vehicles (improving the degree of task completion).

## **CONDITIONS FOR ENSURING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF THE RADIO ENGINEERING RESONANCE SYSTEM ENSURING THE FLIGHTS OF STATE AVIATION WITH REE 5G RADIO TECHNOLOGY**

*O. Vysotskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Pozdnyak; M. Vorobel; A. Luzgar  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The introduction of the latest technologies in the field of electronic communications, namely fifth-generation (5G) mobile (mobile) communication systems in the frequency bands 703-733 / 758-788 MHz (band n28), necessitates the determination of electromagnetic compatibility (EMC) conditions between radio electronic equipment (REE) of 5G radio technology and REE of special users. In the radio frequency bands that are partially or fully investigated, radar means (radar landing systems RLS-6M2, RLS-10MN, RL-10MA (-ML)) and airborne radio navigation equipment (ARNE-4N beacons and LRBG-5 (-76U) instrument landing systems in interaction with the onboard equipment of the domestic radio short-range navigation system) of the state aviation flight support system are currently in operation.

According to the results of theoretical studies of EMC and in relation to the current frequency assignments of radio equipment of the RTS, it is recognized that



the introduction of a fifth generation mobile (mobile) communication system in Ukraine in the frequency bands 703-733 MHz and 758-788 MHz is possible provided that territorial restrictions are imposed on the location of base stations (BS) at the locations of radio equipment of the RTS or frequency separation between general and special users is ensured in the absence of territorial restrictions. A significant reduction of territorial restrictions on the location of fifth-generation mobile (mobile) communication BSs (band n28) is achieved by replacing the RLS-6M2 (RLS-10MN) radar landing systems with modern radar systems landings of RLS-6M2.

### **ANALYSIS OF THE FEATURES OF MULTIMEDIA DATA TRANSMISSION IN THE IP NETWORKS OF THE UKRAINE ARMED FORCES**

*I. Zakharchenko, Candidate of Technical Sciences; I. Dziuba; M. Gladyshev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Effective transmission of multimedia data is a key component of the information infrastructure of the Ukraine Armed Forces, which ensures their effectiveness and combat readiness. A number of problems arise when ensuring high-quality transmission of multimedia data, especially in the conditions of hostilities and when a large amount of data is circulated in IP networks. A key aspect is the protection of multimedia information from unauthorized access and hacking, which can be solved by using secure data transmission channels, modern encryption protocols, authentication and access control systems. Military operations may require processing a large volume of multimedia information, for efficient processing of which it is necessary to use high-performance servers and storage systems, and apply data compression algorithms.

In a war zone or in places with limited access to communication infrastructure, there is a problem of low network bandwidth, for the solution of which it is advisable to use network traffic optimization technologies. It is important to ensure availability and reliability of multimedia information exchange even in conditions of limited resources and possible communication interruption. For this, it is possible to use data backup technologies, server replication and network protocols with automatic connection restoration.

Ensuring compatibility and integration with existing communication and data processing systems is an important aspect of organizing the exchange of multimedia information in the Ukraine Armed Forces. This may require the development of specialized interfaces and data exchange protocols. The general strategy consists in a combination of technologies and protection methods, traffic optimization and the use of reliable infrastructure solutions.

### **ANALYSIS OF IMPROVEMENT TENDENCIES OF THE RUSSIAN FEDERATION AVIATION COMMUNICATION MEANS**

*O. Shcherbak; V. Kubrak; S. Blashchuk, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the process of analyzing the hostilities, during the Russian invasion in Ukraine, a number of system-forming factors were identified, which make it possible to determine the modern development and effectiveness of aviation aerial radio communications during the large-scale aggression of the Russian Federation (RF).

The characteristic development of the modern aviation communication technology of the RF shows the active development, improvement and implementation of onboard digital communication tools using artificial intelligence technologies, which are planned for implementation as part of the S-111 complexes of means of communication (CMC). The latest equipment is being installed on promising fifth-generation aircraft, namely the Su-57 and Su-75 fighters. It is expected that the technical solutions implemented in the new equipment will allow to improve the quality of data transmission between ground communication complex and on-board CMC of aircraft, significantly increasing their throughput.

CMC S-111 works in the short and ultra-short wave ranges. The use of cognitive radio technology makes it possible to significantly increase the operational and intelligence security of the on-board CMC. CMC provides a speed of up to 34.3 Mbit/s in the ultra-short wave range and a maximum data transmission distance of up to 1500 km in the short wave range. The integration of this complex with other systems of the aircraft allows joint implementation of new modern functions and capabilities.

All this leads to an increase in the destructive influence of the enemy in the airspace of Ukraine, which requires the adaptation of aviation control channels to the intensity of traffic transmitted in them, as one of the main directions of improving the efficiency of air aviation communication networks.

#### **TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF AVIATION COMMUNICATION EQUIPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION**

*O. Shcherbak; S. Blaschuk, Candidate of Technical Sciences;  
O. Chekunova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of military operations during the repulse of the large-scale aggression of the Russian Federation (RF) against Ukraine made it possible to identify a number of operational-tactical and system-forming factors that determine the effectiveness and development of aviation communications during military operations and special tasks. To date, a characteristic trend in the development of modern aviation communication technology of the RF is the active implementation of high-speed, interference-resistant, closed channels of information exchange in the "aircraft (AC)-AC" and "AC-ground" lines, including with the possibility of retransmission.

It was found that the on-board radio electronic equipment of modern Su-30SM, Su-34, Su-35S, A-50 and some others, which are in service with the Russian Aerospace Forces, includes on-board complexes of means of communication (CMC) S-107-1, S-108. CMC S-107-1, S-108 includes ultra-short-wave radio stations with modern interference-protected operating modes with pseudo-random adjustment of operating frequencies and short-wave radio stations. The terminal of the combined system of communication, navigation and recognition (OSNOD) – ATM-2V product – forms closed interference-resistant channels for data and voice transmission at frequencies of 960-1215 MHz in the S-107-1, S-108 CMC. The closest analogues of this system are: JTIDS (USA), MIDS (NATO) of the Link16 standard.

Taking into account the development trends of the enemy's air defence system, the implementation and use of modern on-board communication systems is required for the effective and high-quality performance of combat missions.

**JUSTIFICATION OF INCREASE PROPOSALS SAFETY  
OF RADIO COMMUNICATION EQUIPMENT AT THE ACCOUNT  
OF USING AN OVER-THE-AIR REPEATER**

*V. Kotsiuba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Y. Trofımova; N. Bilchich  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting combat operations of units (subunits) of the Armed Forces (AF) of Ukraine indicates the enemy's combined use of ground- and air-based firepower in combination with radio-electronic warfare (EW). The enemy's use of electronic suppression means is aimed at disabling the operation of ultra- and short-wave radio communications, satellite communication terminals, radio relay lines and other radio technical equipment.

The urgent task at the moment is to increase the anti-jamming protection of radio communication devices due to the use of the latest technologies – the architecture of data transmission networks built on communication technology (MIMO), pseudo-random frequency shift technology (FHSS), direct sequence spectrum expansion (DSSS) for maintenance of the required energy signal/noise ratio in the radio channel. Complex coding and encryption of data to be transmitted and the use of means and principles of signal retransmission in the ranges of direct propagation of radio waves are also widely used.

A radio signal repeater is a radio channel repeater that increases the range of radio signals by amplifying, transferring it to another frequency and redirecting (modulating) the signal in order to ensure reliable and uninterrupted radio communication. A feature of the application of relay equipment on an unmanned platform, which is constantly moving to maintain its position in space, is the use of smart antennas and other active equipment.

**METHODOLOGY FOR BUILDING AN INFORMATION SECURITY  
SYSTEM FOR VOIP SERVICES BASED ON  
SPECIAL-PURPOSE NETWORKS**

*O. Chechui, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; U. Bilukha  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Conducting combat operations of the Armed Forces of Ukraine requires timely, reliable and secure information exchanging in the troops system of command and control. The most widespread and convenient communication type is telephone type, which provides a fairly rapid voice information exchanging, which remains a priority in modern warfare. Modern technologies used for the voice data transmission determine the use of VoIP services in special purpose networks. Research related to the control and evaluate Quality of Service (QoS) parameters, provides information security (IS) of VoIP services based on special-purpose networks remains relevant today.

The system of information and data security (SIDS) should provide the possibility of "personalization" of each electronic communication system and, in general, depends on the type of information circulating in it. The article proposes a methodology for building an SIDS for VoIP services based on special-purpose networks, while open data is exchanging. The process of building the SIDS includes risk analysis stages at the organizational and system levels, security categorization,

selection of security tools and their implementation, security assessment, authorization and continuous monitoring of the VoIP services security.

The peculiarity of the methodology for building an SIDS for VoIP services based on special-purpose networks is the proposals for creating a security policy, a threat model and an intruder model for information exchanging in these networks.

The proposed methodology for building of SIDS of VoIP services based on special-purpose networks allows systematizing the process of its creation, propering VoIP services security level and functioning when datalinks operating in with different parameters.

### **AN ADVANCED ADMINISTRATION SYSTEM MODEL OF NETWORKS BASED ON UAV WITH THE RADIO NETWORK TOPOLOGY DETECTION BY THE CRITERION OF INFORMATION CONNECTIVITY**

*O. Chechui<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Melnikov<sup>1</sup>; O. Nykytiuk<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics*

The Armed Forces of Ukraine combat experience during the full-scale invasion and repulsion of the armed aggression of the Russian Federation indicates the widespread use of unmanned aerial systems (UAS) in the conduct of operations (combat, hostilities). One of the unmanned aerial vehicles (UAVs) typical tasks is to provide command and control of troops in combat operations by building radio electronic networks using UAV-based repeaters, which allows to increase the range of radio electronic networks surface and data link parameters.

An advanced functional model of system of operational management network based on UAV is proposed, where, through the use of a subsystem for managing the topology of the electronic communication network (ECN), the solution of an optimization problem according to the criterion of information connectivity is achieved. Mathematically, the network topology management model is presented in the form of a non-directed weighted graph, where the distance and datalink bandwidth are used as weights.

The optimal topology of the ECN takes into account using the minimum hardware equipment, the minimum number of UAVs under the given conditions of enemy actions (area of combat operations, enemy electronic warfare operating), minimizing the UAVs flight distances and maximizing the information exchanging productivity of the network.

The proposed algorithm for the optimal topology of UAV-based network management allows solving problems of providing radio electronic equipment and a stable control field to commanders during operations (combat, military actions).

### **TRUNKING COMMUNICATION SYSTEMS RESILIENCE INCREASING WAYS IN THE CONDITIONS OF COMBAT ACTIONS**

*O. Chechui, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I. Pyvovar*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to the combat experience of the Armed Forces of Ukraine it shows that the enemy uses a wide range of firearms, electronic warfare and UAVs aimed at reducing (making impossible) troops (forces) system of command and control. That

is why the problem of providing high-quality communication services affects the continuity and sustainability of troops (forces) system of command and control during operations (combat, military actions). One of the components of the electronic communication system is the trunking system.

For successfully combat operation achievement under the influence of various interferences on the trunking communication system, the authors proposes a complex application methods of increasing survivability, reliability and interference immunity at the organizational and technical levels. One of these methods can be defined as the creation of an appropriate number of primary, backup and retranslation trunking equipment (repeaters) with placement on the ground in accordance with geographical conditions, deployment of antennas and connection of duplexers with the determination of the frequency distribution of each repeater.

It is proposed to use specialized software Repeater Diagnostics and Control (RDAC) and Mototrbo Radio Management (MRM) to ensure the reliability of the trunking communication system for the purpose of remote control, monitoring and diagnosing the technical parameters of repeaters.

The proposals for improving the resilience of trunking communication systems will allow to meet the requirements of timely and reliable information exchange in the system of command and control of troops (forces) in the conditions of combat actions.

## **MANAGEMENT OF INFORMATION SECURITY INCIDENTS BASED ON XDR SYSTEMS**

*O. Sievierinov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Sukhoteplyi<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In modern conditions, when threats to information security are becoming more complex and diverse, monitoring of all events in ACS networks plays a particularly important role. In such cases, an important role in the management of resources and time is played by automated processes for responding to information security incidents.

One of the incident response tools is the XDR (Extended Detection and response), a unified solution that collects and correlates data in different domains, such as endpoints, networks, servers, and cloud services, giving a holistic view of security threats.

XDR systems demonstrate the necessary flexibility and efficiency to ensure security and neutralize the attack. They allow to increase the effectiveness of incident response and reduce the time of the offender in the network.

It is proposed to provide incident response using XDR Wazuh, an open source platform designed to detect threats, prevent and respond to security incidents. It can protect workloads in local, virtual, container and cloud settings. XDR Wazuh provides a comprehensive security solution that detects, analyzes and responds to threats at multiple levels of it infrastructure. Wazuh collects telemetry from endpoints, network devices, cloud workloads, third-party APIs and other sources for unified monitoring and security protection.

Using the Wazuh system in ACS networks will allow analysts to focus and reduce the time spent on telemetry analysis from several security platforms. Wazuh binds the detected events to the appropriate tactics and techniques of the offender.

## **TRANSFORMATION AND DEVELOPMENT OF THE COMMUNICATION SYSTEM IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR**

*N. Popova; V. Chekunov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war proved that the main goal of the development of the communication system of the Armed Forces of Ukraine is to create a unified information and telecommunication environment based on the implementation of modern information and telecommunication technologies, information exchange protocols, complexes, systems and means of special purpose communication, which will make it possible to ensure the exchange of all types of information between bodies and control points (of all branches) with the appropriate bandwidth, reliability and reliability.

The deployment of the satellite communication system to individual company (platoon) support points directly on the contact line allows for the fulfillment of priority tasks by the defense forces.

During the two years of full-scale Russian aggression, communication units and units underwent a certain development, they received the latest digital means and communication equipment from partner countries, which made it possible for them to successfully perform their assigned tasks in the presence of trained personnel.

Therefore, the main task of higher military educational institutions is the training of comprehensively developed, competitive, highly qualified officers of the tactical level, who are competent in the military management of units with means of military communication of the tactical link and bear personal and professional responsibility for their actions, for the professional development of subordinate personnel and capable of further training with a high level of autonomy and in the combat conditions of modern warfare.

## **RESEARCH METHODS OF CONSTRUCTING THE PLANES OF INSTRUMENTAL LANDING SYSTEMS**

*I. Malankevych; D. Ihnatovych; D. Shulga  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Landing is one of the most difficult stages of the flight of an aircraft, as there are significant changes in flight modes, and at the final stage of landing, the aircraft must be brought to a very limited area of the earth's surface, the runway.

At the present time, the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is equipped with instrument landing systems (ILS) of the decimeter wave range, and the provision of II and III categories of weather minima, which are implemented in the meter wave range, require more complex antenna systems and equipment complications, which leads to an increase in mass – dimensional indicators. In the ILS, three methods of generating signals are practically used.

The latest models of ILS of partner countries, as well as changing environmental factors (obstacles, terrain, weather conditions) leave the aviation industry with new challenges. The existing methods of building the formation of the course area and glide path do not always meet the modern needs of the aviation industry. Their shortcomings make the calculation of ILS areas time-consuming, imprecise, and sometimes impossible in modern conditions.

The study of the main characteristics of the course and glide path beacon, as well as the comparison of the methods of forming the course and glide path plane for different types of instrument landing systems allows to determine the most optimal systems. The use of ILS with better accuracy and operational characteristics in the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is an urgent task at the present time.

### **STUDY OF MODERNIZATION WAYS OF RSBN TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF MANUFACTURERS OF RADIO NAVIGATION SYSTEMS OF NATO PARTNER COUNTRIES**

*I. Malankevych; K. Reshetnyak; O. Zhikhariev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is armed with systems that have been in operation since Soviet times and are still working. The main terrestrial radionavigation system is RSBN-4N. It allows you to continuously determine the azimuth and pitch range to the aircraft on board.

This system does not fully meet the requirements of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Among the foreign short-range navigation systems that meet ICAO requirements and are used in NATO is the Tactical Air Navigation System (tactical navigation system of military aviation) (TACAN), which provides ground and air users with determination of azimuth and range. Combined with the civilian segment Very High Frequency Omni-Directional Radio Range (VOR-VHF), the system was named VORTAC.

One of the main tasks is the modernization of the terrestrial radio navigation system of the Russian Federation and the need to implement modern methods of signal formation and processing, which, accordingly, require the use of the latest information and telecommunication technologies, taking into account the experience of manufacturers of radio navigation systems of NATO partner countries.

### **PROSPECTS OF MODERNIZATION OF REMOTE CONTROL SYSTEMS OF FLIGHT RADIO TECHNICAL SUPPORT**

*V. Zakharchenko; D. Kovaliov; O. Pidlisnyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Remote control systems are an integral part of the means of radio technical support of flights of aviation. Currently, the use of remote control systems is particularly relevant, as these systems provide operational control of equipment without the direct involvement of personnel in practical actions on the equipment. During the maintenance of aviation flights, the personnel of regular shifts can be in shelters and control the equipment remotely. Virtually all radio technical support equipment is equipped with remote control equipment.

Domestic remote control systems have the following disadvantages:

- each means of radio technical support includes its own separate remote control system, i.e., a significant number of remote control devices must be deployed at the command and control station, which complicates control and management;
- the equipment for remote control of the means of radio technical support is not unified in terms of technical performance;
- the principles of forming commands and signals are different;

– functional capabilities are inferior to similar systems adopted by NATO partner countries.

Thus, remote control systems are morally outdated and need modernization.

The introduction of modern information transmission, reception and processing technologies will allow creating a new system of centralized remote control. This will make it possible to turn on, configure, monitor the state of radio technical support equipment, search for failures on the basis of a single unified control panel, which will increase the productivity and functionality of such systems.

### **WAYS OF MODERNIZATION OF THE DISPATCH RADIOLOCATOR OF THE LANDING RADIOLOCATION SYSTEM IN THE CONDITIONS OF A COMPLEX FACTORY ENVIRONMENT**

*O. Ratysh; M. Kochetkov; O. Kramar; I. Bolshakova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modernization of the control radar (CR) landing radar systems (LRS) in order to ensure countermeasures against artificial and natural interference, is one of the most important tasks of ensuring functioning (CR) in the conditions of a difficult obstacle situation when performing tasks to ensure the flights of the state aviation of Ukraine.

The report analyzes the signals used in the current ones (LRS), and complex signals that can improve accuracy and resolution (LRS). To achieve the goal, a study of protection systems and devices was conducted (CR) from active and passive interference.

It is proposed to improve immunity by applying statistical signal processing methods and developing statistical digital processing devices, adaptive digital devices for the selection of moving targets (SMT), devices using the fault map.

Use of noise automatic gain control (NAGC) and the formation of a digital map of disturbances will ensure the stabilization of false alarms in the algorithms of inter-period and inter-survey processing of signals of a complex disturbance situation.

The results of the research can be taken into account and contribute to the improvement of various types of radar systems used in the combat zone.

### **STUDY OF THE STRUCTURE OF THE RANGE-FINDING CHANNEL OF GROUND EQUIPMENT SUCH AS DME, VORTAC, TACAN AND ILS**

*O. Ratysh; O. Samus; O. Tutunnyk; V. Komarov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The ground-based equipment of radio navigation systems is used to determine the position of aircraft in the polar coordinate system relative to the radio navigation point (location of the radio beacon) by onboard equipment.

These systems play an important role in ensuring safe and efficient air traffic. The DME, VORTAC, TACAN and ILS rangefinding channels are important components of modern radio navigation systems that provide accurate distance measurement to the aircraft. Understanding the structure of a rangefinder channel is a key factor in ensuring its efficient operation. This paper investigates the structure of the range-finding channels of ground-based equipment such as DME, VORTAC, TACAN, and ILS, as well as their comparison. The introduction of DME, VORTAC, TACAN, and ILS systems for use in the ATC system of state aviation of



Ukraine is an important task that will increase flight safety and airspace efficiency. The choice of the way to implement these systems depends on such factors as financial capabilities, the technical condition of existing systems and the possibility of compatible operation with onboard equipment.

The study found that:

The long-range channel structure of DME, VORTAC, TACAN and TLS ground-based radio navigation equipment has a number of common features, as well as some features that depend on the type of system.

Understanding the structure of the range channel is a key factor in ensuring its effective operation.

### **WAYS TO MODERNIZE THE TRANSMITTING DEVICE OF THE RSNS RANGEFINDER CHANNEL RSNS IN LINE WITH ICAO REQUIREMENTS**

*O. Ratysh; A. Shevchenko; O. Tutunnyk; M. Tulenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The years of war in Ukraine have shown that short-range aviation systems (RSNS) play a key role in ensuring the effectiveness of combat missions. However, the dynamic development of the aviation industry and ICAO requirements for navigation systems necessitate the modernization of the RSNS.

Domestic SSNs have the following main disadvantages: low mobility systems, insufficient reliability, incompatibility with ICAO, this is due to the use of analog signal processing methods and a number of negative external factors. The main disadvantage is that the domestic electronic warfare system is not compatible with the onboard equipment of NATO aircraft, but currently meets the needs of Ukrainian state aviation. The RSNS long-range channel does not fully meet modern NATO standards, insufficient secrecy of the RSNS can create a vulnerability of the system to hostile actions and increase the risk of detection, which can lead to restrictions in the performance of radio navigation support tasks.

The current conditions for the use of RSNS in the RTS of SAF requires the need to modernize the RSNS long-range channel, taking into account the ICAO operating range, which will increase the accuracy, range, reliability and safety of flights, using advanced signal processing techniques, using more advanced algorithms to measure signal delay, use solid-state transmitters for greater mobility and compactness. This will affect the use of state aviation and improve its functioning in modern conditions.

### **METHODS OF IMPROVING INTERFERENCE IMMUNITY OF THE SECONDARY CHANNEL OF THE RADAR LANDING SYSTEM**

*O. Ratysh; M. Adardasov; M. Kochetkov; M. Alonkyn  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Radar landing systems (RLS) play an important role in ensuring flight safety. The secondary channel of the RLS is used to receive navigation (flight) information about the flight altitude, fuel balance and board number from the aircraft that is on auto-tracking. This channel can be affected by its own, natural, artificial, active and passive interference, which can lead to a deterioration in the accuracy and reliability of the FSS. Modern methods of increasing interference immunity include the use of:

Signal coding, which artificially increases the information entropy of a signal, making it more resistant to interference.

Time-frequency selection, which uses the difference in frequency and time characteristics of the signal and interference to separate them.

Filtering, which allows you to dynamically adjust to the characteristics of interference and effectively suppress it.

Interference compensation, which is based on a priori knowledge or estimation of interference characteristics.

To increase the noise immunity, it is proposed to use the above methods.

Based on theoretical studies, recommendations for improving the noise immunity of the secondary channel of the RLS have been developed. The introduction of modern methods and algorithms for coding frequency-time selection and signal filtering will significantly improve the tactical features of RLS.

### **INCREASING THE EFFICIENCY OF THE USE OF MOBILE FIRE GROUPS FOR PERFORMING AIR DEFENSE TASKS THROUGH THE USE OF MULTI-ZONE REPEATERS**

*I. Melnikov; V. Vorotintsev*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The armed aggression of the Russian Federation against our country highlighted new threats to critical infrastructure facilities, including in the form of "Shahed" kamikaze drones. One of the ways to counteract this threat is the use of mobile fire groups to perform air defense tasks, the effectiveness of which depends on the availability of material resources, the training of personnel, the tactics of use, and the effectiveness of the communication system as a component of the control system.

In the conditions of repelling an air attack, especially a raid by a group (swarm) of kamikaze drones, mobile fire groups conduct intensive radio exchange, often overloading radio channels. In addition, a certain percentage of mobile fire groups performing air defense tasks do not use mobile, but portable radio communication equipment, which imposes limitations on the communication range when changing position and/or advancing in a threatening direction, especially during cover big cities. It is proposed to use multi-zone repeaters in the area of action of mobile fire groups that perform air defense tasks to solve these problematic issues.

### **IMPROVING OF THE SUSTAINABILITY OF THE AERIAL COMMUNICATION ON FLYING AT LOW ALTITUDES BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*D. Nepokrytov; O. Kivshar*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of warfare during the Russian-Ukrainian war has shown that the tactics of using of aviation has been changed. The wide use of various types of air defence and electronic warfare systems has influenced the conduct of air operations, in which aircrafts mostly is used at low altitudes. It became necessary to increase the noise immunity and range of VHF aerial radiocommunication to ensure sustainable aerial communication.

Sustainable control of aircrafts can be achieved in different ways. Not all of them are effective in today's combat environment. Some of them can lead to the demasking of ground-based aviation control (guidance) points, their detection, suppression by enemy electronic warfare or their destruction by means of destructions.

The analysis showed that the use of narrow-directional antennas with an electromechanical antenna tuning system in the direction of the aircraft, as well as the use of low-power aviation frequency band radios with an integrated GSM gateway, are more effective.

The calculations show that a low-power radio with a power of 5 W, antenna height up to 3 m above the ground, can provide airborne radio communication with aircraft crews at an altitude of 100 m with a range of up to 30 km, while the enemy's electronic warfare equipment is not able to fully affect radio communication with the aircraft crew.

### **INTERFERENCE PROTECTION METHODS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS**

*V. Sukhoteplyi; T. Shapovalova; O. Lutsenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays technology development process and the increasing of the modern weapons using in military operations, becoming the problem of security and protection of wireless sensor networks. Improving the effectiveness of system of command and control at all levels is important to provide the effectiveness of the Armed Forces of Ukraine.

Wireless sensor networks are widely used in a variety implementation, including environmental monitoring, medical applications, and military operations. However, they are subject to various types of interference, such as frequency interference, signal distortion, security attacks, etc., which can lead to network errors and data loss.

One of the ways to increase the WSN efficiency is to use the clustering protocols HEED, LEACH and DESC, which will reduce the amount of same information and assess the power supplies parameters. Due to this, depending on the reliability of the received data results, it is possible to increase the autonomy of networks several times.

The second way to increase the efficiency of using WSN is the signals encrypting methods. The most effective method is the encryption due to chaotic interferences. To increase the security level and data safety of wireless sensor networks, for data transmission uses chaotic signals.

### **INCREASING THE STABILITY OF BPL CONTROL IN A COMPLEX INTERFERENCE ENVIRONMENT BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*Y. Matyukh; E. Kashchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the conduct of hostilities by units of the Armed Forces of Ukraine has shown that since the first months of the active phase of the current war, both sides have been using UAVs on a massive scale, but their vulnerability to radio

interference or electronic warfare systems (stations) has been noted. One of the most vulnerable points in UAVs is the satellite navigation system, which can be easily neutralized (suppressed) by means of radio jamming.

Currently, new approaches to improve the protection of the navigation channel from electronic warfare include the use of antennas with a controlled radiation pattern on board UAVs such as CRPA (controlled reception pattern antenna).

CRPA is an antenna array used to improve the ability to prevent jamming of satellite navigation system receivers.

The location of the satellites is known in advance, so to filter out a false signal, you need to determine the direction from which it is coming. If the signal is coming from a direction where there are no satellites, it is a false signal or interference.

The controlled reception pattern allows the CRPA antenna to adaptively direct its sensitivity to the desired satellite signals, minimizing the reception of interfering signals.

The necessity of installing antennas with a controlled radiation pattern of the CRPA type on board UAVs to improve the protection of satellite navigation systems from suppression and electronic warfare means is substantiated.

## **IMPROVEMENT OF NOISE IMMUNITY OF AAR-ARC RADIO NAVIGATION SYSTEM**

*O. Kramar; I. Melnyk; Y. Dolgopyaty; K. Nehiievych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting hostilities shows that the enemy is actively using electronic warfare (EW) means to suppress the navigational means of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine and to carry out the task of intercepting and distorting the transmitted information by the radio navigation system "Attractive radio station-radio compass" (AAR-ARC).

The AAR-ARC system is used to determine the course angle of the radio station (main navigation mode of operation) and to ensure one-way air radio communication in case of failure of the onboard radio station (additional mode of operation "21 emergency communication channel"). It is during the provision of emergency communication that the enemy can affect the safety of aircraft landing and intercept information circulating in the emergency communication channel. Therefore, there is a question of improving the noise immunity of AAR-ARC radio navigation systems.

Currently, the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine are armed with AAR-10, AAR-9M2 type radio stations, which use a simple signal in all modes of operation. One of the directions for solving the problem of improving the noise immunity of these devices is possible due to the introduction of complex noise-like signals into the system, for example: linear-frequency modulated, phase-manipulated or chaotic, and the use of modern methods of digital signal processing. The implementation of these measures will improve resistance to the influence of enemy EW, increase the stealth, and noise immunity of the AAR-ARC radio navigation system, which will contribute to increasing the level of performance of combat missions assigned to the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

**DEVELOPMENT OF PROPOSALS REGARDING RADIOELECTRONIC  
SUPPRESSION OF THE REMOTE CONTROL CHANNEL  
OF ENEMY UAVS BASED ON THE EXPERIENCE  
OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*Y. Matyukh; V. Popova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of combat operations conducted by units of the Armed Forces of Ukraine has shown that the adversary possesses a significant number of UAVs, which perform a wide range of tasks including observation (reconnaissance), strikes, cargo transportation, target designation for other weapons systems, data relay, and more.

The most common methods of countering UAVs involve jamming (interception) of the control channel and satellite navigation systems of UAVs.

A model of a small-sized, low-power, portable jamming system for countering UAV control channels has been proposed, based on a voltage-controlled generator.

The research parameters included the terrain area and the number of jamming stations. For example, it was determined that for an object with a perimeter of approximately 1200 meters, the most optimal solution for jamming the UAV control channel at the specified frequency would be to use four jamming stations positioned at designated points in the terrain. When increasing the plane of the object, the configuration of the perimeter and its geographical location, the problem of increasing the number of jamming stations depending on the structure of the object and its distance from the line of warfare is solved.

Calculations were made under the condition that the UAV control console is located at a distance of 200 meters from the jamming station, and with the control console positioned up to 50 meters or closer to the jamming station, the UAV operator can be visually detected.

**RESEARCH OF METHODS OF EFFICIENCY INCREASE  
OF FUNCTIONING OF VHF BAND NETWORKS WITH USE OF FHSS**

*V. Sukhoteplyi; V. Andrievskiy; S. Piskun  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of conducting combat operations of the Armed Forces of Ukraine shows that the basis of management in the tactical link of the control is a transconnection on radio stations such as Motorola and Hytera. But only partially our radio networks are equipped with Harris 7850M-HH radio stations. In 2014 the Armed Forces of Ukraine began to use the digital radio stations such as Motorola. Given the development of electronic warfare and radio communication since 2022, the transition to radio stations such as Harris 7850M-HH with FHSS up to 1000 frequency changes per second was planned, but this plan was not implemented due to Russian aggression. Recently Hytera radio stations, which are compatible with Motorola, came into service. Analyzing the state of radio communication in the tactical link in the army of the Russian Federation and their shortcomings in the management should be noted, the armor used R-123 and R-173. The praised Russian radio station "Azart" was not so good and because it mainly works with the radio stations of the old park in analog mode, when it is not at all effective in use. The best during this period were the units of the Wagner PMC and the units of the 4th

Brigade of the 2th Corps of the Russian Armed Forces, which purchased and used Motorola radio stations. Another option for the use of radio stations "Azart" is joint work with digital radio R-167, but this leads to the main drawback in their work - FHSS with 100 changes per second, which is not effective in modern electronic warfare technologies.

Taking into account all these factors, it is necessary to modernize the existing Motorola and Hytera radio stations by developing an additional module with the FHSS, which will extend the period of their use and provide advantages over the enemy's electronic warfare systems.

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕТРАНСЛЯЦІЙНИХ АЕРОПЛАТФОРМ ПРИВ'ЯЗНОГО ТИПУ**

*О.В. Скляров; М.М. Радченко; Л.О. Бондаренко; В.О. Комаров, к.т.н.  
Військовий інститут телекомунікацій і інформатизації ім. Героїв Крут*

Одним із напрямків вирішення завдання щодо забезпечення радіопокриття у випадках, де традиційними способами радіозв'язку здійснити їх неможливо чи економічно недоцільно, є використання ретрансляторів на базі прив'язних безпілотних літальних апаратів мультикоптерного чи аеростатного типу. Конструктивні особливості кожного із названих безпілотних літальних апаратів визначають переваги та недоліки в тих чи інших сценаріях застосування.

У випадку забезпечення завдання зі зв'язку для підрозділів сил оборони у критичній зоні виконання бойових завдань, що вимагає швидкого розгортання мережі зв'язку та її недовготривалого використання, доцільно застосовувати радіоретранслятори на базі прив'язних безпілотних літальних апаратів мультикоптерного типу. Конструктивні особливості цього типу дозволяють швидко але не надовго забезпечувати радіозв'язок.

У випадку забезпечення завдання зі зв'язку на більш віддалених ділянках від лінії зіткнення, і яке вимагає цілодобового забезпечення без здійснення частих переміщень ретрансляційного комплексу, доцільно застосовувати радіоретранслятори на базі аеростатного прив'язного типу, оскільки такі комплекси, з точки зору логістичного забезпечення зв'язку, є більш інерційнішими.

Таким чином, застосування ретрансляторів на базі прив'язних безпілотних літальних апаратів мультикоптерного чи аеростатного типу дозволить підійти більш гнучко до вирішення завдань щодо підвищення структурної живучості, надійності та мобільності мереж радіозв'язку.

## **ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНИХ АЕРОПЛАТФОРМ**

*А.В. Титаренко; В.Г. Сайко, д.т.н., проф.; В.О. Комаров, к.т.н.  
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

В даний час для оперативного розгортання систем зв'язку сьогодні найчастіше застосовуються мобільні щоглові конструкції. Недоліком таких систем є низька мобільність, громіздкість конструкції, нестійкість до засобів розвідки та враження й трудомісткість розгортання. Особливо гостро це проявляється тоді, коли маса корисного навантаження (станції систем зв'язку чи вузла спостереження) відносно невелика. У таких ситуаціях найкращим

рішенням може стати мобільна аероплатформа (комунікаційна та ретрансляційна аероплатформа) – комплекс із безпілотного літального апарату (БПЛА) та аеростату із системами їх управління, та гарантованого електроживлення кабель-тросом (тросом-фідером). Така аероплатформа фактично забезпечує точку підвісу корисного навантаження, виключаючи традиційний досі елемент – шоглу. Як носій корисного навантаження може використовуватися як БПЛА, так і аеростат. Реалізація цієї ідеї ґрунтується на твердженні про те, що отримання оперативної інформації про події, що відбуваються у зоні бойових дій, має здійснюватися за мінімальний час.

Як функціональний елемент аероплатформа дозволить забезпечити надійний зв'язок та своєчасну й якісну інформацію підрозділам ЗС України в районі ведення бойових дій. Пропонується це здійснити на основі застосування бездротових інформаційних мереж з мобільними телекомунікаційними наземними вузлами та аероплатформами та ефективного управління ними з одночасним забезпеченням структурно-функціонального зв'язку мобільних вузлів в умовах їхнього швидкого та непередбачуваного переміщення.

## **ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ У СИСТЕМАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ**

*С.В. Тимчук, к.т.н.; В.О. Тарасенко*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

В умовах російсько-української війни виникають нові складнощі для ведення радіоелектронної розвідки (РЕР). Радіочастотний спектр насичений різноманітними типами сигналів, а сучасні засоби зв'язку мають високий рівень захищеності. Важливим етапом обробки сигналів на постах РЕР є розпізнавання типів сигналів та визначення їх приналежності до конкретних систем зв'язку та радіотехнічного забезпечення.

Реалізовані в різноманітних засобах РЕР підходи до розпізнавання сигналів ґрунтуються на вимірюванні параметрів сигналів та їх співставленні з еталонними описами. Однак, такий підхід не завжди дозволяє реалізувати процес розпізнавання у режимі часу, близькому до реального. Разом з тим, значного розвитку на сьогодні набули методи “комп'ютерного зору”, які дозволяють в режимі реального часу здійснювати розпізнавання різних зображень. Тому актуальним є завдання реалізація методів “комп'ютерного зору” для здійснення розпізнавання сигналів радіоелектронних засобів та систем зв'язку.

Практичну значимість роботи можна визначити такими факторами:

- результати роботи можуть бути використані для підвищення ефективності систем радіоелектронної розвідки;
- результати роботи можуть бути використані для розробки нових систем радіоелектронної розвідки.

Розробка сучасних методів ведення РЕР може ґрунтуватися на застосуванні інформаційних технологій, які можуть покращити процес обробки та розпізнавання сигналів за допомогою комп'ютерного зору.

## **ПІДХІД ДО ВИБОРУ ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ**

*В.П. Ясинецький, к.військ.н., доц.; О.В. Якобінчук, к.військ.н., доц.; А.М. Дроник  
Національний університет оборони України*

Визначальною умовою функціонування системи відновлення телекомунікаційних засобів є постійна підтримка справності засобів на рівні, що забезпечує здатність виконувати завдання за призначенням.

Відповідність системи відновлення телекомунікаційних засобів поставленим завданням може бути вирішено тільки за умови достатності сил і засобів технічного забезпечення, які застосовуються за єдиним замислом і планом. За фізичною суттю достатність – це відношення наявних можливостей системи до потрібних.

Обираючи показник та критерій оцінювання ефективності функціонування системи відновлення телекомунікаційних засобів необхідно дотримуватись наступних вимог: відображати цільове призначення системи відновлення, основні її властивості; мати визначене трактування у встановлених оперативних і технічних термінах; забезпечувати облік істотних зовнішніх і внутрішніх параметрів і бути чутливим до їх зміни; мати можливу простоту в математичному змісті і давати більш точну оцінку результатів функціонування.

Для досягнення поставленої мети обраний метод теорії систем масового обслуговування. Даний метод дозволяє враховувати різні закони розподілу вхідного потоку заявок і часу обслуговування, облік фізичної сутності процесів, які моделюються та створення адекватної моделі.

## **ЧОТИРЬОХЕЛЕМЕНТНА МІКРОСМУЖКОВА АНТЕННА РЕШІТКА ДЛЯ WI-FI СИСТЕМ**

*А.В. Антонюк; Б.А. Переверзєв  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Для передавання даних, велику актуальність має протокол Wi-Fi. Проте дальність дії кілька сотень метрів не завжди задовольняє вимогам, особливо в період військового стану. Тому доцільно розглянути доцільність використання можливостей застосування мікросмужкової антенної решітки з метою збільшення дальності дії Wi-Fi систем.

Наводяться параметри та характеристики чотирьохелементної мікросмужкової антенної решітки для Wi-Fi системи та результати її моделювання в програмному середовищі FEKO.

Коефіцієнт стоячої хвилі за напругою менше 2 (1,27) у робочій смузі частот, коефіцієнт підсилення дорівнює 10 дБі та коефіцієнт корисної дії – 81 %. Розглядаються результати аналізу дальності дії досліджуваної мікросмужкової антенної решітки для Wi-Fi систем.

Розрахована дальність дії розробленої моделі антени дорівнює 1,7 км із сектором покриття  $37^{\circ}$  при рівні шумів у радіолінії на частоті 2,4 ГГц – 90 дБм; відношенні сигнал/шум для стандарту QAM 64 – 25 дБ; вихідній потужності випромінювання досліджуваної антенної решітки 1 Вт або 30 дБм; коефіцієнти підсилення досліджуваної антени 10 дБі; коефіцієнти підсилення Wi-Fi антени



ноутбука 0 дБі та відсутності втрат у фідерах живлення приймального та передавального трактів.

Практичним значенням результатів досліджень є можливість проектування багатоелементних мікросмужкових антенних решіток для Wi-Fi систем.

### **ПРИСТРІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ РАДІОСИГНАЛІВ, ЯКІ ІМІТУЮТЬ РОБОТУ ЗЕНІТНО-РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ**

*О.С. Соболенко, к.т.н., доц.; Ю.О. Колос, к.т.н., доц.; М.С. Островський  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Одним із способів радіоелектронної боротьби з літаками є опромінення останніх радіосигналами, які імітують опромінення РЛС зенітно-ракетного комплексу (ЗРК), що приводить до спрацьовування системи сигналізації про небезпеку в кабіні пілота.

Проведено аналіз параметрів радіосигналів одного з ЗРК. Розроблено схему пристрою для формування радіосигналів з таким ж параметрами. Пристрій складається з формувача сигналів, підсилювача, антени і блока живлення. Генератором електромагнітних коливань в заданому діапазоні частот вибрано генератор на лавино-пролітному діоді ГЛПД-2А. Для збільшення потужності радіосигналів запропоновано використовувати транзисторний підсилювач. Розроблений пристрій виконано практично і проведено його експериментальні випробування. Для випромінювання радіосигналів використовувались рупорна антена і дзеркальна антена з косекансною діаграмою спрямованості. На першому етапі проведено лабораторні вимірювання параметрів радіосигналів. Результати вимірювань показали високу ступінь відповідності вимірних параметрів радіосигналів заданим. На другому етапі проводилось опромінення працюючого винищувача на аеродромі з різних відстаней, під різними ракурсами радіосигналами розробленого формувача. Зафіксовано висвітлення всіх сигналів сповіщення в кабіні пілота про роботу ЗРК в різних режимах. Тобто експериментальна перевірка показала працездатність формувача імітаційних радіосигналів.

### **МЕТОДИКА ДОСЛІДНИЦЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ ЩОДО ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ В ІНТЕРЕСАХ СПОЖИВАЧІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ**

*С.Л. Янчевський<sup>1</sup>, к.т.н.; Ю.В. Резніков<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.;  
О.Г. Матюченко<sup>2</sup>, Ph.D.; В.Г. Матюченко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральне управління космічної підтримки  
Генерального штабу Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Міжнародна та європейська безпека дедалі більше стає залежною від діяльності людства в космосі. Відповідно світовим трендам в Україні тривають процеси розвитку системи космічної підтримки Збройних Сил України, одним з основних елементів якої є Система координатно-часового та навігаційного забезпечення (СКНЗ) України, що створена для підвищення точності супутникових навігаційних визначень з десятків метрів в

автономному режимі до одиниць метрів в стандартному DGPS режимі та одиниць міліметрів в RTK режимі. При цьому виникають проблемні питання пов'язані з оцінкою можливості підрозділів Збройних Сил (ЗС) України використовувати всі можливості вказаної системи в умовах ведення війни.

В доповіді наведено методику дослідницьких випробувань характеристик точності та надійності вимірювань місцезположення диференціальними супутниковими методами при використанні інформації СКНЗ України, запропоновано рекомендації щодо шляхів використання інформації цієї системи споживачами ЗС України та обґрунтовано склад обладнання для застосування диференціальних технологій в жорстких умовах ведення війни.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛЬОТНОЇ ЧАСТИНИ ВИПРОБУВАНЬ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АЕРОДРОМІВ**

*П.В. Зелений; В.О. Колесник; Ю.В. Жежерун, к.е.н., доц.  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Льотна частина випробувань світлотехнічного обладнання аеродромів проводиться з метою оцінки ефективності дії аеродромних світлотехнічних засобів приводу і посадки літальних апаратів, а також визначення мінімуму погоди при якому можливо використовувати дані засоби як в комплексі з наземними радіотехнічними системами посадки, так і без них.

Льотна частина випробувань проводиться в обсязі, зазначеному в Програмі випробувань, та передбачає проведення перевірки: правильності встановлення вогнів і регулювання їх світлових пучків; дальності видимості світлової картини аеродрому “з рубежу” та “по коробочці”; дальності видимості маяків імпульсних; рівномірності освітлення злітно-посадкової смуги аеродромними посадковими прожекторами; забезпечення комплектом світлосигнального обладнання візуального заходу на посадку у складних метеорологічних умовах вдень та у простих/складних метеорологічних умовах з визначеним метеомінімумом. Випробувальні польоти виконуються в межах експлуатаційних обмежень керівництва з льотної експлуатації. При організації льотної частини випробувань необхідно враховувати такі особливості: характеристики аеродрому, його радіотехнічне оснащення; льотно-тактичні характеристики літальних апаратів і умови спостереження за наземними світловими сигналами; метеорологічні умови тощо. Враховуючи наведені особливості, положення Програми та методик випробувань складається польотне завдання, в якому вказуються режими польоту, контрольні точки підвищеної уваги та перелік даних екіпажу для відображення після польоту.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АЕРОДРОМІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ**

*А.М. Пінчук<sup>1</sup>; С.В. Запорожець, к.е.н., доц.; Д.М. Бритов  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

На аеродромах Збройних Сил України (далі – ЗС України) виконання польотів повітряних суден при складних метеорологічних умовах є неможливим без використання світлотехнічних засобів – світлотехнічного

обладнання та аеродромних посадкових прожекторів. Вони дозволяють створити екіпажам повітряних суден необхідний візуальний контакт із злітно-посадковою смугою (далі – ЗПС) під час заходження на посадку, що є надзвичайно важливою умовою їх безпечного приземлення.

В доповіді зазначено, що суттєвого поліпшення експлуатаційних можливостей, в тому числі й підвищення рівня готовності у складних метеорологічних умовах потребують більшість діючих аеродромів Державної авіації. Таке поліпшення їх експлуатаційних характеристик є можливим за умови розгортання на них додаткових груп вогнів, насамперед глісадних вогнів, заглиблених вогнів ЗПС, загороджувальних аеродромних вогнів (вогнів для світлового позначення перешкод), аеродромних знаків (вогнів керування рулінням) та імпульсних вогнів наближення високої інтенсивності. Цільова експлуатація додаткових груп вогнів також дозволяє удосконалити системи електроживлення та електробезпеки на умовах мобільного та оперативного їх використання. Зазначені групи вогнів регламентовані стандартами ІКАО та є необхідною умовою для функціонування категоризованих аеродромів. Проте, обсяги постачання такого типу світлотехнічних засобів є недостатніми для переоснащення діючих аеродромів шляхом оновлення існуючого парку світлотехнічних засобів для потреб ЗС України.

### **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОМП'ЮТЕРІВ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ**

*С.В. Фішук<sup>1</sup>; В.К. Юськович<sup>1</sup>; Є.О. Солоїд<sup>1</sup>; Р.М. Животовський<sup>2</sup>, к.т.н., ст.д.  
<sup>1</sup>ТОВ “ЕНЕРГО-ІНВЕСТ”;*

*<sup>2</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Сучасний рівень розвитку спеціалізованих комп'ютерів із штучним інтелектом дозволяє будувати системи з обчислювальною потужністю у сотні трильйонів операцій на секунду, при вартості таких систем у декілька тисяч доларів, та споживаної потужності не більше 50 Вт.

Використання на таких платформах методів цифрової обробки сигналів, приведених до апарату лінійної алгебри, дозволяє отримати інструмент, що не тільки на порядки перевищує обчислювальну потужність, доступну на сучасних сигнальних процесорах, а й дозволяє “бачити” всі наявні вимірювані канали як єдину взаємопов’язану систему.

У доповіді подані результати розробки та випробування пасивного акустичного радару, побудованого на системах мікрофонних решіток, сигнали від яких обробляються на сучасних спеціалізованих комп'ютерах зі штучним інтелектом, разом із використанням обчислювальних методів цифрової обробки сигналів та апарату математичної статистики.

## СЕКЦІЯ 9

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ І ЕРГОНОМІКА ВІЙСЬКОВИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Керівники секції: полковник Пучков Є.І.;  
к.т.н. доц. полковник Осієвський С.В.  
Секретар секції: к.т.н. доц. підполковник Королук Н.О.

#### **AN APPROACH TO DESCRIBING THE COURSE OF THE AIR ENEMY ACTIONS USING INFORMATION MODELS IN THE AIR FORCE AUTOMATION COMPLEX**

*E. Puchkov<sup>1</sup>; N. Korolyuk<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Sorozhkin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*  
<sup>2</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

From the beginning of the full-scale invasion to the present day, the Russian Federation continues to conduct air strikes on the territory of Ukraine. The development of the war, new and modified means of air attack appears, the enemy develops and combines technologies of the last century with modern ones. Using means of air attack types like Shahed-136/131 and X-47M2 "Kindzhal" makes the necessity to improve the means of defense and air defense system to repel combined attacks. The use of modern technologies and use of the air defense weapons methods improvement, leads to improved methods and approaches to the course of the air enemy actions describing.

To quickly respond and describe the course of enemy's actions, it is necessary to use Air Force automation complexes, namely a knowledge base that should take into account the current characteristics of air attack assets. Such characteristics are: maneuverability, aerodynamic, speed, altitude, size, etc., but the methods for describing them and further calculating countermeasures should be flexible and allow for changes in the course of combat, regardless of the developer's knowledge base settings. That is, the decision-maker should have access to the formation of the characteristics of the relevant classes, the introduction of the necessary, relevant information about the enemy to increase the level of validity and efficiency of the air enemy options description.

Thus, it is possible to form an information model that will ensure the transition from programmed characteristics of air objects to a flexible model of knowledge representation. The advantages of this approach are the acceleration of the issuance of a set of possible solutions to counteract a modern air enemy in the context of the dynamics of the air situation.

#### **AUTOMATION OF TROOP AND MILITARY COMMAND AND CONTROL PROCESSES**

*E. Puchkov<sup>1</sup>; S. Khmelevskiy<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*  
<sup>1</sup>*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*  
<sup>2</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The existence of air defence of the state, ensuring a high level of its effectiveness in accordance with the existing challenges and threats, is impossible without comprehensive automation of troop and weapon control. The functioning of

the automated control systems (ACS) in modern warfare is determined by the fact that elements of the control system become priority targets of the enemy, the destruction of which allows gaining an advantage over troops that have lost centralised control in a short time. Combat operations in airspace have some peculiarities that must be taken into account, namely:

- gaining and maintaining information superiority over the enemy throughout the duration of hostilities;
- integration of intelligence, navigation, communication, and control systems (complexes, means) into a single integrated information and combat system;
- increasing the role of manoeuvre by forces and military equipment depending on the dynamics of the operational situation;
- widespread use of high-precision weapons and electronic warfare;
- widespread use of unmanned aerial vehicles and other sources of information to gather intelligence on the enemy.

The main factors affecting the life cycle of the ACS by troops and combat vehicles include the improvement of technical support involved in the performance of air defence tasks:

- improvement of the architecture and performance of computer systems, implementation of the distributed principle of information processing, which requires the creation of new multiprocessor computer systems and computer networks for stationary and mobile control points of various levels;
- improvement of information and technical means of human-operator interaction and means of information processing and visualisation based on the development of an intelligent human-machine interface;
- development of secure communication and automation equipment, its micro-miniaturisation, cost reduction, increased performance, reliability, increased resilience and noise immunity;
- building up high-performance digital integrated service communication networks that allow for the exchange of heterogeneous information in real time and integration with partner countries ACS.

This will ensure a high level of efficiency in destroying the enemy in the airspace.

## **ANALYSIS OF MODERN NAVIGATION SYSTEMS AND SUBSTANTIATION OF PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NAVIGATION SYSTEMS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*V. Tarshin, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. Drozd  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Experience in conducting combat operations in the Russian-Ukrainian war indicates that unmanned aerial vehicles (UAVs), both military and civilian, play a crucial role in repelling the enemy's armed aggression.

The process of formulating flight tasks for navigation and guidance of air strike assets (ASA) is pivotal in their application and execution of assigned tasks.

Analysis of navigation usage suggests that global satellite navigation systems, which are used in UAVs, are not highly effective in hostile environments. Therefore, in combat conditions, precise localization of ASA must be achieved through the combined use of modern inertial navigation systems (INS) and correlation-extremal systems (CES), which are optical machine vision systems. According to research

conducted by foreign and domestic authors, these systems possess high autonomy and resistance to interference, and their application in ASA plays a key role in fulfilling combat missions amidst natural phenomena, active enemy opposition, and the consequences of combat operations.

Based on the conducted research and analysis of available sources, ways to increase the accuracy of spatial navigation and targeting of ASA are proposed through the improvement of existing methods for selecting terrain objects for binding CES targeting systems and integrating these methods with modern, efficient flight route formation systems for UAVs.

### **DEVELOPMENT OF INFORMATION EXCHANGE SYSTEMS IN NETWORK-CENTRIC SYSTEMS**

*K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Snitsarenko; O. Salnyk; Y. Turinskyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The network-centric air defense system includes various components, functional organization and configuration, using high technology and communication protocols to ensure effective detection, tracking and destruction of air targets in the harsh conditions of a full-scale war.

The main task is to maintain centralized (network-centric) communication, which includes backup and recovery of important information and systems, as well as protection against cyber attacks using secure communication protocols, data encryption and detection systems. One of the most important elements of maintaining communication is a distributed architecture, where multiple nodes perform the same functions to ensure high fidelity and trustworthiness. These measures help to provide the reliability and stability of centralized telecommunications, which are critical for the effective operation of the defense systems.

The authors of the paper describe the development of information exchange in network-centric systems, where it is possible to use information and communication systems in conjunction with the use of special software (for example, "Virage Air Defence" on Android) that in turn are the effective means of receiving and issuing information about the air situation, as well as destroying the air targets, due to the awareness of troops in the airspace.

### **CLASSIFICATION OF PROCESSES (SIGNALS) IN INFORMATION- COMMUNICATION SYSTEMS USING THE PREDICTABILITY INDEX**

*P. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Slobodyanuk, Candidate of Technical Sciences; V. Chystov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Time series describing the characteristics of broadband signals in information-communication systems are rather difficult to analyze and, as a result, to classify. Traditional methods, such as spectral analysis based on classical Fourier series and Fourier transformation or other linear transformations, do not provide enough information about the structure and characteristics of such a time series.

The broadband nature of such series can be caused by "noise", deterministic processes of a chaotic or near-chaotic character, or a combination of both. One of the important goals of broadband time series analysis is to distinguish between these processes.

The paper proposes the use of the predictability index for the purpose of analysis and classification of processes (signals) observed in information-communication systems.

Recognition and classification was carried out for models of signals and processes that are most often found in information and communication systems: deterministic (regular) signals, chaotic processes and stochastic processes with normal distribution (IID).

Unlike most known methods of process analysis in information-communication systems, the calculation of the predictability index allows not only to distinguish these processes, but also analyzes the connections between the data and determines the horizon of their predictability (how many steps the time series is connected) taking into account the values of the previous elements of the time series.

## **MAIN TYPES OF ERRORS AND CAUSES OF REDUCED RELIABILITY OF INFORMATION IN THE DATABASE**

*S. Osiiivskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; E. Lysenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main types of errors and reasons for reducing the reliability of information in the database are considered. These errors are typical for the stages of database design and operation. At the database design stage, the following types of errors occur: errors in the analysis of users' information requirements, errors in the structuring of subject areas, errors in the mapping of models of information requirements into the canonical structure of the database, errors in mapping the canonical structure of the database into a logical structure, errors in mapping the logical structure of the database into a physical structure. The following errors are typical for the operation stage: errors in input information, errors in user request specifications, errors resulting from hardware or software failure.

Let's consider the reasons for the listed errors. When analyzing the information requirements of users and structuring subject areas of the database, errors are caused by undetected synonyms and homonyms of information elements; domain limitations, data integrity limitations, and relationships between them are not taken into account. Also, when choosing information elements as keys, ambiguously identifying data groups and other reasons. The presence of errors in the analysis of users' information requirements leads to errors in the selected canonical database structure.

Sources of errors in input information are end users and database administrators (low qualification, fatigue, carelessness, incorrect interpretation of data, etc.), limited reliability of technical means of data preparation and technical media.

Errors in user request specifications are associated with incorrect use of data description and data manipulation languages, query languages, errors in data search and update algorithms, lack of data control and protection tools.

## **PECULIARITIES OF TESTING COMPLEX SOFTWARE SYSTEMS**

*S. Khmelevskiy<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Khmelevska<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*T. Ivahnenko<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Central Research and Development Institute of Armed Forces of Ukraine*

One of the newest technologies for automated generation of software system test scenarios is testing based on the functioning model – testing of a software system in which test scenarios are partially or completely generated from a model that describes some aspects (often functional) of the automated control system (ACS) under test. Models of the functioning of a software system can reflect its behaviour or be used to create test strategies or test environments. Dynamic testing requires researchers to constantly maintain and update tests to deal with conditions that are constantly changing and evolving. Tests can easily become outdated and not fit for purpose, and unpredictable interactions between complex elements, inputs, and systems can quickly reduce the usefulness of tests.

User acceptance testing, which is the final stage of the testing life cycle, is carried out by researchers during the trial operation of the software before the ACS is put into operation. Some modules that are tested confirm that the software meets the expectations of stakeholders and solves the problems of facility management. Combining part of the available real data from the environmental object and the results from the simulators on a computer allows to overcome some of the difficulties that arise and thus increase the level of quality and completeness of testing and testing of ACS software.

Software-implemented mathematical models in the form of dynamic, statistical equivalents due to their high speed compared to traditional simulation models are more suitable for processing software tests in real time. They can be presented in various forms. Ensuring and confirming a given level of quality of the functional software of the ACS is one of the most important and complex components of control systems.

## **ВПЛИВ ДЕГРАДАЦІЇ ВУЗЛІВ ТА ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ У МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*С.В. Осієвський, к.т.н., доц.; І.В. Московченко, к.т.н., доц.; О.С. Сукманюк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У сучасному цифровому світі мережі спеціального призначення відіграють критичну роль у забезпеченні безпеки, зв'язку та ефективності систем управління. Проте, ці мережі часто піддаються різного роду впливам та загрозам, що призводять до деградації як окремих вузлів та програмних компонентів так і мережі в цілому. Тому вирішення проблеми деградації вузлів та програмних компонентів у мережах спеціального призначення є актуальним та нагальним, особливо з врахуванням викликів сьогодення.

Дослідження та вирішення цієї проблеми, дозволить повноцінно зрозуміти природу та сутність факторів, що призводять до деградації мережевих елементів, а також спрогнозувати наслідки деградації в частині забезпечення



функціонування мережі в цілому. Розуміння зазначених аспектів дозволить розробити ефективні стратегії запобігання деградації та відновлення функціонування мережі за умов впливу деструктивних факторів. Розробка нового підходу дозволить підвищити безпеку, надійність та стійкість мереж спеціального призначення, що відіграють вирішальну роль у забезпеченні функціонування системи управління.

## **APPLICATION OF BIOMETRIC FOR AUTHENTICATION OF INFORMATION SYSTEMS USERS**

*Yu. Stasev, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. Honcharenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Biometric technologies have gained considerable popularity and significance in the field of cyber security. They provide an increased level of security and convenience compared to conventional authentication methodologies. Through the use of specific physiological or behavioral attributes, entities can accurately identify a user, thereby facilitating accurate authorization or denial of access. To ensure the confidentiality and integrity of personal data, the biometric identification system stores data in encrypted form, which ensures confidentiality and data protection.

The authors argue that biometric data is inherently difficult to steal or reproduce due to its unique nature and the way it is captured and stored, but despite its advantages, biometric technology is not without challenges. Researchers and developers continue to improve biometric technology to eliminate potential vulnerabilities and improve overall security. Concerns about privacy, data security, and the possibility of biometric data being hacked are areas of ongoing cybersecurity research and development. To address these issues, encryption and secure storage of biometric data, as well as robust anti-spoofing measures are constantly being improved to ensure the integrity and confidentiality of the biometric authentication process.

The authors analyzed the probabilistic-cost characteristics of biometric systems and provided recommendations for their application.

## **ANALYSIS OF METHODS OF PROTECTION OF THE UAV CONTROL SYSTEM AGAINST ATTACKS USING RADIO MEANS**

*Y. Stasev, Doctor of Technical Sciences, Professor; M. Koziuberda; N. Belous  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of methods for protecting the control system of unmanned aerial vehicles (UAVs) from attacks using radio means plays an important role in ensuring their safety in military conflicts. The implementation of effective security measures is becoming an integral part of military strategies, as armed conflicts increasingly use a variety of technologies to attack UAVs through their radio channels.

One of the key methods of protection is to encrypt the data transmitted over the radio channel. The use of modern cryptographic protocols makes it possible to complicate the process of unauthorized access to information transmitted between the UAV and the control center.

Important methods of information protection are authentication and connection authorization. These mechanisms verify the legitimacy of UAV communication connections and allow access to it to be controlled. The report discusses methods for

reducing the vulnerability of communications to radio frequency attacks based on the use of frequency filters and interference methods. It has been shown that these measures can help in detecting and blocking attempts to interfere with or intercept communication signals.

It is shown that one of the important aspects of UAV control system protection is the development and implementation of anti-spam and anti-virus systems. These measures reduce the risk of receiving malicious signals that can affect the stability and reliability of communication.

It is established that the overall strategy for protecting the UAV control system should be based on a combination of different methods, which provides comprehensive and reliable protection against various attacks. Constantly updating and adapting protection methods to new threats and technological improvements are also critical to ensure effective protection of UAVs in combat conditions.

## **RESEARCH METHODS FOR SETTING UP VPN CONFIGURATION WITH REMOTE ACCESS FOR REAL-TIME DATA EXCHANGE**

*A. Samokish, Ph.D.; D. Taran; V. Stadnik; A. Krepko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Issues of data security and confidentiality when exchanging information in information and communication networks are extremely relevant in today's digital world.

Cyber threats, technology development and the emergence of new attack methods require constant improvement of information protection and encryption tools.

VPN can be implemented on the basis of network operating system, firewall, routers or software solutions. Using VPN, you can organize data protection at different levels of OSI models. At the channel level, VPN tools allow for the encapsulation of various types of traffic and the construction of point-to-point virtual tunnels.

The main VPN technologies are PPTP, L2TP, SSL, TLS and IPSEC. The L2TP protocol is not tied to the IP protocol, so it can be used in packet-switched networks. Also, the L2TP protocol added an important function of data flow control, as well as a number of protection functions missing from the PPTP protocol specification. Depending on the role of the node in which IPsec works, three schemes of its application are distinguished: host-host, gateway-gateway and host-gateway. The IPsec system takes a leading position in the set of standards for creating a VPN.

Based on the analysis of various methods, their advantages, disadvantages and recommendations for the optimal choice will be considered.

## **МЕТОД ФОРМУВАННЯ КЕРУЮЧИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДЛЯ ПОТОКОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

*Ю.В. Стасев, д.т.н., проф.; В.І. Мороз; В.А. Романюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Запропонований метод формування керуючих послідовностей заснований на ідеї класичного підсумовуючого генератора з нелінійним перетворенням послідовностей. Розроблений метод складається із трьох конструктивних

компонентів: узагальненого лінійного рекурентного регістра, нелінійного фільтра й ключового завантаження.

Лінійний рекурентний регістр, побудований над розширеним полем  $GF(2^{32})$ , забезпечує генерацію послідовності, що володіє статистичними властивостями. Однак сам по собі лінійний рекурентний регістр є лінійним пристроєм, внаслідок чого існує лінійна залежність між вихідними значеннями.

Нелінійна фільтрація гарантує відсутність лінійної залежності між виходом лінійного рекурентного регістра й керуючою послідовністю, що забезпечує опірність алгоритму до аналітичних атак, що використовують лінійність, властивої вихідної послідовності.

Процедура ключової ініціалізації гарантує, що кожний біт початкового стану є результатом нелінійної функції від кожного біта використовуваного ключа. Даний факт дозволяє уникнути атак, заснованих на використанні ключового завантаження, таких як атака на зв'язані ключі.

Аналіз стійкості розглядається з погляду здатності методу протистояти аналітичним атакам (атакам з відомим відкритим текстом). Статистичні атаки (атаки з невідомим відкритим текстом) використовують статистичні відхилення в керуючій послідовності; лежачий в основі алгоритму лінійного рекурентного регістра, що має гарні статистичні властивості, робить ризик застосування статистичних атак незначним.

## **STUDY OF THE PRINCIPLES OF STEGANOGRAPHIC ANALYSIS IN THE TASKS OF INFORMATION SECURITY**

*Y. Stasev, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. Koziuberdia; M. Mikhailov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays, where information in the field of information technology has become the most valuable resource, there is a need for new, more reliable methods of protecting this information. To solve this problem, steganography methods are increasingly used, which allow not only to hide the information itself, but also the fact of its presence when transmitted through communication channels.

The authors determined that the main goal of steganographic analysis is to model steganographic systems and study them in order to be able to obtain qualitative and quantitative assessments of the stability of the stegano transformation used, and to build methods for detecting information hidden in the container, its modification or destruction. There are the following types of attacks on steganographic systems: 1) attacks based on known filled containers; 2) attacks based on known embedded messages; 3) adaptive attacks based on selected hidden messages; The task of the intruder may be to identify the facts that the stegano channel exists, but also to find the message or key. If the attacker knows the key, he can analyze other stegano messages.

Thus, the authors considered the basic principles of steganographic analysis. The main direction of steganographic analysis is the model of steganographic systems and their preliminary definition in order to obtain qualitative and quantitative estimates of the stability of stegano transformation, as well as the construction of methods for finding information hidden in containers, its modification and destruction.

## **DEPENDENCE OF SOFTWARE QUALITY ON SOFTWARE TESTING**

*O. Nesmiiian, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
I. Borozenets, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; B. Felonenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Terminology related to testing conditions and software quality assurance (QA) is often used in the IT industry by test professionals. Even though both concepts have their common goal – the quality of the product, the fundamental difference between them is that quality control is carried out after the product has been created or, in the case of static tests, after the document has been written.

Unlike QA, quality control refers to activities that ensure the quality of a product at all stages of its life cycle. To understand the fundamental differences between QC and QA, it is important to understand the closely related concepts of quality control (QC) and quality assurance (QA) first.

ISO9000 defines quality control as a part of quality management itself, focused on meeting the requirements in relation to the assessment of the number of bugs (if any) in the product. Quality control is essentially a set of processes/actions aimed at evaluating the developed product (documentation, development system, etc.) which serves as an indicator of compliance with the customer's requirements. This ensures that the software is checked for quality and determines how well the software application is thought out and designed. The goal of quality control is achieved by effectively finding defects and ensuring that they are corrected. As such, testing is an integral part of quality control.

## **CLASSIFICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR THE FURTHER DEVELOPMENT OF UAV'S CONTROL SYSTEMS**

*A. Samokish<sup>1</sup>, Ph.D.; M. Maksimov<sup>1</sup>; O. Shulga<sup>1</sup>; Yu. Afanasyev<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics*

Modern research in the field of control of unmanned aerial vehicles (UAVs) is growing and requires careful study. Artificial intelligence (AI) technologies open up new opportunities for autonomy, situational awareness, choosing optimal routes and improving the performance of UAVs. Some studies consider the use of deep learning and neural networks to improve object detection and recognition systems for UAVs. This can improve the ability of UAVs to recognize obstacles, other air vehicles and perform tasks with high accuracy. In the further work of the operator on deciphering video recording or processing photos, this will also help to analyze data from UAVs more efficiently.

The subject of the classification of AI technologies in the context of the development of UAV's control systems becomes especially relevant in the Russian-Ukrainian war and rapid progress in the field of AI. First of all, when considering the need for classification of AI technologies, it is worth noting that this approach can significantly facilitate the introduction of the latest technical solutions into UAV control systems, while ensuring a high level of safety, reliability and adaptability.

The classification of AI technologies will allow systematization of existing solutions and methodologies, which can simplify the process of choosing optimal algorithms and approaches for specific tasks. For example, by distinguishing between machine learning, deep learning, neural networks, and evolutionary

algorithms, developers can better determine which technologies are best suited for data analysis, decision-making, or automatic UAV control in a variety of environments.

### **TRANSFORMATION RESEARCH OF COMBINED MANAGEMENT AND CONTROL "UNITE EVERYTHING"**

*M. Lytvynenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; N. Harmash  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The combined combination of management and control "unite everything" can be perceived as the concept of "integrated management".

"Integrated management" indicates an approach to the creation of a combined system of management and control, which is aimed at combining information flows into a single network operating on the basis of artificial intelligence. The transformation of the concept of "unite everything" means the implementation of this idea in practice. The implementation process should include several stages:

- analysis of information environment requirements;
- definition of data format and structure;
- creation of programming interfaces (APIs), data converters or other integration mechanisms;
- development of algorithms and procedures for data processing, testing and validation;
- ensuring security with the help of multi-level cyber protection;
- enabling through implementation and support.

The transformation strategy of the "unite everything" concept is aimed at gaining and maintaining an information advantage, especially in cyberspace, space and the electromagnetic spectrum. The mammoth task of taking interoperability from concept to reality requires a clear vision, effective strategy and agile processes.

Thus, the transformation of a unified combined command and control "unite everything" can be seen as a strategy aimed at integrating various aspects of command and control into a single network capable of providing an advantage in information and decision-making, as well as improving efficiency, coordination and optimization of processes.

### **ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON TECHNOLOGICAL PROGRESS IN THE DEFENSE SPHERE**

*M. Lytvynenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; N. Harmash  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The world is constantly developing. The role, benefits, and risks to society of the growing popularity of artificial intelligence (AI) cannot be overstated. The limits of use and impact on various industries and spheres of human activity are only being assessed.

The key aspects of an AI strategy based on "perception", "understanding" and "action" reflect the main stages and functions that AI systems perform to achieve specific goals.

Deep learning, a branch of AI that continues to accelerate technological progress by finding algorithms and models that allow computers to perceive, analyse, and

respond to data without explicit programming. We are embarking on a promising journey to explore new trends and technologies that will change the architecture and structure of AI in the near future.

The development of AI affects the technological progress of various technologies for the creation, training and optimization of intelligent systems. For the defence sector, this will concern autonomous combat systems, analysis of large volumes of data, detection and prevention of cyber-attacks, development of automated control systems, use of virtual reality and simulation based on AI for training and planning of strategic operations, optimization logistics of military equipment, implementation of automated medical care systems on the battlefield. AI in modern warfare is a necessity. We must be one-step ahead in the technological war. Battlefields in the future will be similar to the fight for data, so Ukrainian developments must have it. Thus, the development of artificial intelligence has a significant impact on technological progress in the field of defence, but also creates challenges in the field of ethics and control of the use of such technologies, which need to be carefully considered.

### **SYSTEM OF AUTOMATED CONTROL OF THE ACTIVITIES OF THE OFFICER OF THE COMBAT CONTROL OF THE GUIDANCE POINT OF AVIATION**

*S. Balakireva, Candidate of Technical Sciences;  
Y. Vorobiov, Candidate of Technical Sciences; D. Povzyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

As the capabilities of the ACS to solve control tasks in various ways increase, the volume of manuals that need to be used by the combat control officer of the air guidance point (AGP) increases, and the training of aviation specialists becomes more complex, there is a need to improve its processes.

In the process of automated control of the activities of an officer of the combat control of an AGP, tasks are used; their solution algorithms; the solutions themselves; scores for completing tasks; and task performance standards.

The control system includes the following principles for assessing the performance of a combat management officer:

- availability of a logical scheme for solving tasks;
- unified approach to performance evaluation for different types of tasks;
- availability of integrating procedures aimed at taking into account the performance of a combat control officer in a comprehensive manner.

In this case, a possible way to make decisions on assessing the performance of a combat management officer is to use the theory of fuzzy sets, which allows formalising the process of taking into account various types of uncertainty.

The objectivity of the resulting assessment is achieved through the use of statistical data reflecting the work of a combat management officer in different conditions during his activities.

Obtaining integral assessments makes it possible to increase the objectivity of the assessment of the performance of the officer of the AGP combat management and to substantiate recommendations for further improvement of the system of automated control of the performance of the AGP combat management officer.

**METHOD OF DETECTING CYBER ATTACKS  
TO PROVIDE INFORMATION RESOURCES OF THE UNITED  
AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE ARMED FORCES  
OF UKRAINE**

*S. Balakireva, Candidate of Technical Sciences; B. Konovalenko; D. Kyrychenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Unified Automated Command and Control System of the Armed Forces of Ukraine, like any other military command and control system, is characterised by high intensity of information flows in the process of commanding troops, and the requirements for the efficiency of command and control of troops, timely adoption and communication of decisions and combat tasks to the executors are constantly increasing. One of the most important requirements for aviation and air defence control systems is the continuity of the services provided. When processing information about the air situation, it is unacceptable to disrupt or make unavailable the tracking of an air object. A large number of events can cause a possible disruption of control, but the most harmful is a targeted impact on the control system – a cyberattack.

The method of detecting cyber attacks is a sequence of actions subject to a situational choice of how to counteract DOS attacks. Following this sequence makes it possible to identify the fact of a malicious impact and choose the best way to block this type of cyber attack. It should be noted that an important role in the functioning of this method is played by the time of the start of server load monitoring.

The method of detecting a cyberattack is based on comparing the obtained peak loads at time intervals with the obtained reference time intervals and taking into account the possibility of changing the time of arrival of the next cyberattack peak.

Thus, the advantages of the presented method of detecting cyberattacks are the detection and blocking of threats aimed at damaging control networks at an early stage.

**DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY OF A DECISION-  
MAKING SUPPORT SYSTEM**

*D. Kalinovskiy; S. Osiievskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's world, there is a growing need for effective decision support systems (DSS) to solve complex problems in various fields. These tasks are often characterized by large volumes of data from different sources, vagueness and incompleteness of information, as well as the need to consider the knowledge of experts and logical explanation with direct or reverse deduction.

The development of information technology of the decision support system is an important stage for increasing the efficiency of management and making optimal decisions in difficult situations.

The combination of methods of logical deduction and analysis of hierarchies in the information technology of the decision support system is manifested in their interaction and complementation of each other. Logical inference methods, such as those of Sugeno and Mamdani, allow for modeling fuzziness and uncertainty in decision-making by analyzing large volumes of data and considering expert

knowledge. At the same time, the method of analyzing hierarchies' structures and evaluates alternative solutions, considering the hierarchical order of criteria and their importance, which helps to make an objective choice. The combination of these methods in decision-making support information technology provides a comprehensive approach to the analysis and consideration of various aspects of decision-making, which reflects the complexity and heterogeneity of real conditions. This combination makes it possible to create a more accurate and adaptive decision-making system that effectively solves management tasks in conditions of uncertainty and change.

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF DETECTION OF FPV DRONES USING THE ROOT-MIN-NORM METHOD IN THE POWER BASIS**

*V. Liutov; A. Krepko; V. Stadnyk; S. Khabosha  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the Russian-Ukrainian war indicates a significant increase in the role of FPV drones on the battlefield. The effectiveness of their use in some cases exceeds the effectiveness of barrel and jet artillery, as it is a much cheaper and more accurate means of defeating infantry and military equipment, allows you to attack the enemy along a complex trajectory, striking the positions of troops (forces) even through small windows, doors and loopholes. As a result, the task of finding ways to combat FPV drones becomes more relevant.

Determining the coordinates or the direction of arrival of the FPV drone is decided by location or bearing, but such targets have a small effective scattering area, which makes it difficult and in some cases impossible to detect them. To increase the probability of detecting such targets, a complex of several radio channels, acoustic and optical channels of target detection is used, which in turn complicates, increases the detection time and significantly increases the cost of such complexes. One of the ways to improve the detection efficiency of FPV drones is to increase the signal-to-noise ratio of the signal received from the FPV drone, which, according to K. Shannon's theorem, will allow to increase the resolution and reduce the probability of target detection errors.

I propose to increase the signal-to-noise ratio of the radio complex and radio technical intelligence by using the method of spectral evaluation with Root-Min-Norm superdivision in a power-law basis, which in comparison with existing ones allows to reduce the time of spectral evaluation, and in comparison with methods of spectral analysis that use algorithms of fast Fourier transform to increase the signal-to-noise ratio from 2.84 dB to 41.88 dB for the specified simulation conditions.

### **ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТРАЄКТОРНОЇ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В АСУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*С.Г. Шило, к.т.н., доц.; Д.А. Яцун  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сучасному етапі виклики збройної агресії рф свідчать про надзвичайно важливу роль систем протиповітряної оборони, які мають забезпечувати спроможність своєчасно та ефективно виявляти та знищувати засоби повітряного нападу. В складі систем спостереження за повітряним простором підсистема траєкторної обробки даних є одним з ключових елементів.



Траекторна обробка в загальному випадку полягає в об'єднанні в просторовій та часовій площинах результатів первинної обробки прийнятих джерелами сигналів: разових оцінок координат, єдиних рішень про наявність і клас спостережуваних об'єктів для виявлення траєкторії, визначення координат і параметрів руху повітряних об'єктів.

Оскільки рознесені в просторі джерела РЛС спостерігають повітряну обстановку асинхронно, то удосконалення процедур ототожнення вимірів отриманих на різних джерелах, сприяє отриманню точніших оцінок місцеположення та параметрів руху ПО. Поєднання разових оцінок координат спостережуваних об'єктів в часі зменшує похибки вимірювання. Поєднання в часі єдиничних рішень про наявність або відсутність спостережуваного об'єкта в конкретному елементі роздільної здатності і його класі покращує характеристики виявлення і розпізнавання.

Кінцевим результатом радіолокаційного спостереження зазвичай є побудова траєкторій (трас) ПО. Якщо багатопозиційний радіолокаційний комплекс видає результуюче єдиничне вимірювання вектора стану ПО в кожному циклі спостереження, його можна замінити на "еквівалентну" однопозиційну радіолокаційну станцію з підвищеною частотою єдиничних вимірювань.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПРЕСІЇ ВІДЕОРЕСУРСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

*М.В. Пархоменко<sup>1</sup>, к.т.н.; В.Ю. Радзієвський<sup>1</sup>; С.П. Беляк<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Повітряне командування "Схід"*

На сьогоднішній день, в умовах ведення бойових дій на території України із-за постійних динамічних змін обстановки на фронті та через високу навантаженість на канали передачі даних значно зросла необхідність в підвищенні швидкості передачі відеоінформаційного ресурсу, шляхом його максимального стиснення з мінімальними втратами якості.

В роботі розглядаються сучасні методи компресії відеоінформаційного ресурсу. Методи компресії поділяються на методи компресії без втрати якості зображення та методи компресії з втратою якості. Серед методів компресії без втрати якості актуальним є тільки метод MJPEG (Motion Joint Photographic Experts Group). Цей метод стиснення широко використовується для компресії декількох кадрів. Він використовує кодування Хаффмана для компресії.

Серед другого варіанту, з втратами, є актуальними такі методи: H.264 та H.265 – ці методи використовують дискретне косинусне перетворення (Discrete Cosine Transform), що використовується для стиснення відеофайлів, розбиваючи їх покадрово на зображення. Принцип роботи DCT полягає у тому, що він розбиває зображення на безліч квадратних блоків, які після підпадають під квантування. Кожний окремо взятий блок стискається врізаючи частину зображення. А під час кодування блоки з'єднуються назад у зображення

У зв'язку з вищевказаною актуальністю та проблематикою за, пропонується більш детальне дослідження методів компресії, оскільки це може послужити базою для подальших досліджень у сфері оптимізації компресії інформаційного ресурсу та ефективності передачі даних

## **МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ПРИВАТНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРЕДАЧІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

*М.В. Пархоменко, к.т.н.; Д.С. Кириченко; К.О. Самойлов; О.М. Кулабухов  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба*

Радіолокаційна інформація (РЛІ) про засоби повітряного нападу (ЗПН) має вкрай важливе значення для відбиття ударів по державних і військових об'єктах. Комплекси обладнання цифрової обробки та система передачі РЛІ є дуже вразливими від загроз потенційних кібератак, які можуть призвести до порушення конфіденційності, цілісності та доступності РЛІ, що в свою чергу, приведе до невиконання завдань черговими силами з охорони повітряного простору України та протиповітряного прикриття важливих державних, військових об'єктів. Забезпечення інформаційної безпеки системи передачі РЛІ потребує удосконалення. У цьому контексті, дослідження сучасних методів побудови віртуальних приватних мереж (VPN) стає важливим завданням.

У мережах передачі РЛІ використовуються SSTP, L2TP та OpenVPN, але є проблеми зі швидкістю. Пропонується використання протоколу WireGuard. Дослідження ефективності протоколів VPN показало, що WireGuard є найбільш швидким та ефективним. Він забезпечує високу швидкість передачі даних на рівні 18,3 Мбіт/с як для відправлення, так і для отримання, що значно перевищує інші протоколи, що мають швидкість до 5 Мбіт/с. Крім того, WireGuard знижує втрати пакетів при передачі UDP трафіку: наприклад, при швидкості передачі даних 20 Мбіт/с втрати пакетів становлять лише 29%, навідміну від 70% втрат, що характерні для інших протоколів.

Отже, для надійності передачі радіолокаційної інформації про ЗПН рекомендується впровадження протоколу WireGuard як заміну для L2TP, SSTP та OpenVPN, що наразі використовуються у ЗС України.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ НАЛАШТУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЇ VPN З ВІДДАЛЕНИМ ДОСТУПОМ ДЛЯ ОБМІНУ ДАНИМИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ МІЖ ПУНКТАМИ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ПРОТИДІЇ ПРОТИВНИКА**

*А.В. Самокіш, д.філос.; Д.О. Таран  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У сучасному цифровому світі, де обмін інформацією став невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, питання забезпечення безпеки та конфіденційності даних у мережах має надзвичайну актуальність. Кіберзагрози, розвиток технологій та поява нових методів атак вимагають постійного удосконалення засобів захисту інформації та шифрування. Ця теза присвячена глибокому аналізу різноманітних методів шифрування мереж. На основі аналізу різних методів буде розглянуто їхні переваги, недоліки та рекомендації для оптимального вибору.

Використовуючи VPN можна організувати захист на різних рівнях моделей OSI. На каналному рівні, засоби VPN, дозволяють забезпечити інкапсуляцію різних видів трафіку та побудову віртуальних тунелів типу "точка-точка". Реалізувати VPN можна на основі мережевої операційної системи, мікросервєрного екрану, маршрутизаторів або програмних рішень.

Буде розглянуто захищену мережу за допомогою протоколів PPTP, L2TP, SSL, TLS та IPSEC. Протокол L2TP не прив'язаний до протоколу IP, тому він може бути використаний в мережах з комутацією пакетів. Також, в протокол L2TP додана важлива функція управління потоками даних, а також ряд відсутніх в специфікації протоколу PPTP функцій захисту.

В залежності від ролі вузла в якому працює IPsec, розрізняють три схеми його застосування: хост-хост, шлюз-шлюз та хост-шлюз. Система IPsec займає лідируючі позиції в наборі стандартів для створення VPN.

## **ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*О.М. Кулабухов; М.В. Пархоменко, к.т.н.; В.А. Руденко; А.О. Скакун  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Відсутність можливості прогнозування зміни технічного стану елементів комплексів засобів автоматизації (КЗА), особливо в умовах ведення бойових дій, може негативно вплинути на бойову готовність, та привести до невиконання поставлених бойових завдань, втрат техніки та особового складу.

На сьогоднішній день у існуючих КЗА, які знаходяться на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України, завдання виявлення поточного технічного стану реалізується не повністю та потребує використання нових методів прогнозування та визначення технічного стану.

Проведений аналіз показав, що використання підходу, який заснований на принципах придбання, обробки та формалізації знань для визначення технічного стану елементів КЗА є актуальним.

Отже, для автоматизації задачі оцінки технічного стану комплексу та подальшого його прогнозування доцільно застосування нових інформаційних технологій, а саме експертних систем, систем заснованих на машинному навчанні та логічному програмуванні, що забезпечить оперативну видачу якісної рекомендації особі, яка приймає рішення, для визначення технічного стану елементів КЗА.

## **ВПЛИВ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ НА КАНАЛ GPS БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

*Ю.В. Стасев, д.т.н., проф.; Д.С. Кратенко; М. О. Гелуненко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Широке використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у військових конфліктах кінця XX – початку XXI століття показало одну з найголовніших проблем – вразливість каналів управління та передачі інформації. Серед основних способів злому БПЛА можна перерахувати наступні:

- злом шифрованого каналу або підміна даних авторизації і отримання за рахунок цього доступу до управління дроном;
- використання вразливостей програмного забезпечення, в тому числі переповнення буфера;
- використання інтерфейсів і каналів даних оригінального програмного забезпечення для “протягування” стороннього коду.

Аналіз досвіду показав, що в багатьох випадках боротьби з БПЛА є атака на канал GPS. Метою такої атаки є придушення цього каналу, щоб БПЛА збився з маршруту з подальшим його знищенням або захопленням. За допомогою комплексів РЕБ є можливість подати більш потужний сигнал та зробити підміну координат. Така атака називається спуфінг. Метою цієї атаки є відведення БПЛА у потрібний для противника район з подальшим його захопленням або знищенням.

Проаналізовано способи боротьби з такими атаками. Запропоновано методи передачі, шифрування та захисту даних у сфері забезпечення безпеки БПЛА.

### **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМАЛІЗОВАНОГО ОПИСУ ЗНАТЬ ПРО ПРОЦЕСИ ВЗАЄМОДІЇ ПІДРОЗДІЛІВ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК ТА ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ**

*Н.О. Королюк, к.т.н., доц.; М.В. Дудко; А.О. Романюк; А.Г. Бабіч  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сучасний характер боротьби з сучасними засобами повітряного нападу противника і захисту об'єктів від їх удару зумовив необхідність постійної і безперервної взаємодії при веденні частинами і підрозділами зенітних ракетних військ (ЗРВ) та винищувальної авіації (ВА). Динамічність протиповітряних і повітряних боїв, невизначеність обстановки в ході ведення бойових дій, викликає ускладнення своєчасного прийняття обґрунтованих рішень. В умовах обмеження часу, невизначеності вихідної інформації і впливу на осіб, що приймають рішення (ОПР), негативних психологічних факторів, вирішення задач підтримки прийняття рішень неавтоматизованим способом не забезпечує необхідної якості управління. Автоматизація діяльності ОПР під час ведення бойових дій при використанні комплексів засобів автоматизації обґрунтовує необхідність алгоритмізації процесу вирішення задач узагальнення інформації та задач розрахункового характеру, формалізації логіко-аналітичної діяльності. До логіко-аналітичних задач під час управління частинами і підрозділами, які полягають в об'єднанні процесів збору і узагальнення необхідної інформації, проведенні розрахунків, логічного узагальнення даних, відносяться задачі визначення категорій повітряних об'єктів, напрямку головного удару повітряного противника.

Таким чином, удосконалення процесу організації взаємодії між частинами та підрозділами ЗРВ та ВА під час знищення засобів повітряного нападу за рахунок використання когнітивного методу є актуальним в сучасних умовах ведення протиповітряних та повітряних боїв.

### **ФОРМАЛІЗОВАНА СТРУКТУРА ПОДАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ В АСУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*С.Г. Шило, к.т.н., доц.; К.Д. Кардалян  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Ефективне реагування осіб, що приймають рішення, (ОПР) на загрози, які виникають в процесі управління повітряним рухом, спирається на якісну інформаційну підтримку їх дій.

Традиційно існуюча схема проектування інформаційних моделей (ІМ) дозволяє вирішувати часткові завдання ОПР без узгодження властивостей ІМ щодо необхідного набору інформаційних ознак (ІО), а також властивостей щодо їх відображення.

Пропонується проектування ІМ здійснювати в наступній послідовності: структурне проектування інформаційного забезпечення діяльності ОПР; формування множини ІО; кодування та розташування інформаційних елементів на інформаційному полі засобів відображення інформації; управління відображенням ІМ.

Також необхідно враховувати не тільки зовнішні прояви діяльності ОПР, а і внутрішні процеси діяльності ОПР.

Виходячи з зазначеного проектування та синтезу ІМ для забезпечення діяльності ОПР в АСУ СП повинне передбачати наступні етапи, операції та процедури: визначення переліку ІО, які забезпечують прийняття рішень по оцінці ситуацій обстановки (СО) і обґрунтування їх складу для оперативної оцінки обстановки; розробку ІМ, що забезпечують інформаційну підтримку прийняття рішень; розробку вимог до форми представлення інформаційних елементів (ІЕ) для найбільш повної відповідності характеру діяльності ОПР при оцінці СО, а також розробку системи управління формуванням і модифікацією ІМ.

## **IMPROVEMENT OF THE METHOD OF FORMALIZATION OF KNOWLEDGE FOR THE EFFECTIVE USE OF RECONNAISSANCE UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*N. Korolyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*Y. Zenova; K. Samoylov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today's realities, namely the conduct of hostilities with a terrorist state that violated the sovereignty and territorial integrity of Ukraine, testifies to the need to provide the Armed Forces of Ukraine with reconnaissance means for the timely detection and destruction of important enemy targets. After all, the success of combat operations is primarily achieved by the presence of complete and reliable information about the enemy. Aerial reconnaissance currently plays a significant role in solving the tasks of obtaining data about the enemy. Therefore, there is a trend towards the widespread use of unmanned aerial vehicles (UAVs).

With the rapid development of unmanned aerial vehicles capable of moving in difficult terrain, the task of planning a real-time flight path is becoming more and more urgent. The use of UAVs in conditions of uncertainty involves a large variety of flight route options. When planning a UAV flight route, it is important to take into account stochastic and non-stochastic indicators, which can be achieved by formalizing the decision-maker's own knowledge. Often, the factors influencing the planning of the UAV route do not have clear values. Therefore, the most effective mathematical approach to solving these problems are fuzzy sets of the type, with the help of which it is possible to formalize a higher degree of uncertainty.

Therefore, for the effective use of unmanned aerial vehicles in the performance of reconnaissance tasks, taking into account uncertainty, it is advisable to increase the level of automation of the process of choosing the optimal UAV flight route by formalizing the knowledge of the decision-maker.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВЗАЄМОДІЇ ПІДРОЗДІЛІВ ВИНИЩУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ТА ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК**

*Н.О. Королюк, к.т.н., доц.; А.Г. Бабіч; Р.О. Мананков; Є.В. Забайрачна  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сьогоднішній день актуальною є проблема автоматизації процесу прийняття рішень щодо взаємодії підрозділів винищувальної авіації та зенітних ракетних військ в комплексі засобів автоматизації систем управління авіації та протиповітряної оборони. Під час бойових завдань, ураховуючи постійний розвиток технологій та посилення вимог до безпеки, автоматизація взаємодії стає ключовим фактором для досягнення успіху в при виконанні бойових завдань.

Для того, щоб взаємодія між зенітними ракетними військами (ЗРВ) і винищувальною авіацією (ВА) була ефективною, необхідна узгодженість їх спільних дій для знищення засобів повітряного нападу (ЗПН), що можливо завдяки автоматизації. Основні завдання автоматизації: алгоритмізація процесу взаємної допомоги для виконання бойових сумісних завдань; формалізація процесу узгодження зусиль сил розвідки з виявлення повітряних цілей; забезпечення своєчасного обміну інформацією про повітряні цілі; розв'язання задачі усунення впливу перешкод від радіоелектронних засобів взаємодіючих військ; забезпечення безпеки польотів своєї авіації під час ведення бойових дій.

Таким чином, процес вироблення рекомендацій щодо розподілу зусиль частин та підрозділів ЗРВ і ВА під час їх спільних дій передбачає вирішення логіко-аналітичних, розрахункових завдань та задач пошуку, узагальнення. Аналіз відомих методів представлення знань свідчить про доцільність використання мережевої моделі цільових установок, як апарату формалізації задач даного класу.

## **ANALYSIS AND EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MODERN CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTIONS FOR INFORMATION PROTECTION IN THE AIR FORCE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK**

*M. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences; V. Cherkasov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The need to review and analyze the existing mechanisms of cryptographic data protection in the Air Force information and communication network and their vulnerability to modern attacks is becoming extremely relevant in the context of the constant development of technology and the growing complexity of cyber threats. Particular attention should be paid to the peculiarities of the military environment, where information security is a determining factor for the successful completion of tasks. It is critical to take into account the specifics of the military environment, in particular the requirements for responsiveness and reliability, in the process of developing and implementing cryptographic security measures.

A more in-depth analysis of existing cryptographic hash functions developed by different countries, such as "Kupyra" (Ukraine), "SM3" (China), and "SHA-2" (USA), is carried out. The key aspects, including the encryption algorithms used,

identification and authentication systems, as well as key management methods, are considered. "Kupyna" is characterized by large hash value lengths and high computation speed, which makes it attractive for demanding applications. "SHA-2" has proven to be a versatile and widely recognized hash function with different hash value sizes.

These results are combined into consolidated conclusions that indicate ways for further research and improvement of cryptographic data protection systems in the Air Force information and communication network.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ**

*С.І. Хмелевський, к.т.н., доц.; В.В. Шульга; О.О. Герасимов; К.О. Самойлов  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В сучасних умовах ведення бойових дій дуже поширено стало використання безпілотних літальних апаратів. Як відомо система управління грає ключову роль у їх використанні. Ця теза опановує та описує основні методи захисту інформації в системі управління безпілотними літальними апаратами.

При побудові системи захисту інформації спочатку використовуються криптографічні методи захисту інформації, які забезпечують найважливіші функції системи захисту інформації: забезпечення цілісності, достовірності та конфіденційності. Забезпечуючи цілісність команд і даних, ми посилаємося на програми, які захищають їх від несанкціонованої або випадкової модифікації, що гарантує правильність їх вмісту. Цілісність даних і повідомлень досягається за рахунок використання функцій криптографічного шифрування та введення в повідомлення контрольних символів, що дозволяє визначити факт пошкодження даних. В даний час для забезпечення імітозахисту та конфіденційності широко використовуються потокові та блокові системи шифрування. Існує три основних типи захисту інформації: блочний симетричний алгоритм шифрування; асиметричний алгоритм шифрування та алгоритм потокового шифрування.

Розглянуті основні види загроз для БПЛА. Запропонований криптографічний захист командно-телеметричної інформації БПЛА. Запропоновано принцип передачі даних між наземною та бортовою апаратурою. Результати дозволяють підвищити ефективність систем захисту БПЛА та створюють підґрунтя для подальших досліджень щодо розробки нових ефективних систем захисту інформації.

## **CRYPTOGRAPHIC HASHING FUNCTION TO INCREASE THE LEVEL OF DATA INTEGRITY IN THE AIR FORCE COMMUNICATION SYSTEM**

*S. Shylo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M. Zilnyk; S. Zilnyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Given the increased intensity of the enemy's information operations and the conditions of a protracted war in Ukraine, there is no reason to believe that the number of cyberattacks aimed at Ukraine's security will decrease. In this regard, the issue of increasing the level of information security of information resources

transmitted to the communication network is relevant in terms of ensuring the required level of data integrity.

The cryptographic method is based on the concept of cryptographic transformation of information and is performed according to a certain mathematical algorithm, which not only makes it impossible for unauthorized users, but also third parties to access this information, ensuring the exclusion of uncontrolled changes by the same persons.

Taking into account the specifics of the task under consideration, it should be noted that it is the methods and tools of cryptographic protection of information, such as encryption, the use of electronic digital signature, hashing, which are one of the most effective ways to comply with the requirements for the integrity of information when transmitting it over communication lines.

Hash functions are used in a number of cryptographic protocols, for example, to provide a digital signature, and they are also an important tool for security and data protection in the IT environment. This makes it possible to achieve the required values of performance indicators, since it becomes possible to manipulate individual arguments in the process of generating hash functions, and as a result, to carry out faster transformations with insignificant initial distortions that do not significantly affect the quality of the process of ensuring data integrity in communication systems.

## **DETECTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES USING A THERMAL IMAGING VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM**

*M. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences; M. Vdovychenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Thermal imaging video surveillance systems play a key role in detecting and monitoring unmanned aerial vehicles, ensuring efficiency, accuracy and reliability. The research and implementation of such technologies contribute to increasing the level of protection of objects, as well as the development of new strategies for managing and controlling unmanned aircraft, which determines the prospects for their widespread use in modern warfare.

The main purpose of this work is to analyze and develop recommendations for the creation and application of a system for detecting unmanned aerial vehicles using thermal imaging video surveillance.

The work involves the study of modern systems for detecting unmanned aerial vehicles, which in turn includes a thorough review of existing technologies in the field of optics and thermal imaging technology, taking into account their advantages and disadvantages, namely the combination of a thermal imaging camera with laser illumination, which can provide long-distance tracking of objects in rain or fog. Particular attention should be paid to laser rangefinders and automatic detection systems to achieve full-fledged automatic or passive object tracking.

The next stage is to develop recommendations for a thermal imaging video surveillance system, taking into account the specifics of unmanned aerial vehicles and their characteristics, and then the possibility of integration with radar systems.

It is expected that the developed recommendations for thermal imaging video surveillance systems will be able to ensure the effectiveness of detecting unmanned aerial vehicles.



## **STUDY OF THE PRINCIPLES OF STEGANOGRAPHIC ANALYSIS IN THE TASKS OF INFORMATION SECURITY**

*Y. Stasev, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. Koziuberda; M. Mikhailov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays, where information in the field of information technology has become the most valuable resource, there is a need for new, more reliable methods of protecting this information. To solve this problem, steganography methods are increasingly used, which allow not only to hide the information itself, but also the fact of its presence when transmitted through communication channels.

The authors determined that the main goal of steganographic analysis is to model steganographic systems and study them in order to be able to obtain qualitative and quantitative assessments of the stability of the stegano transformation used, and to build methods for detecting information hidden in the container, its modification or destruction. There are the following types of attacks on steganographic systems: 1) attacks based on known filled containers; 2) attacks based on known embedded messages; 3) adaptive attacks based on selected hidden messages; The task of the intruder may be to identify the facts that the stegano channel exists, but also to find the message or key. If the attacker knows the key, he can analyze other stegano messages.

Thus, the authors considered the basic principles of steganographic analysis. The main direction of steganographic analysis is the model of steganographic systems and their preliminary definition in order to obtain qualitative and quantitative estimates of the stability of stegano transformation, as well as the construction of methods for finding information hidden in containers, its modification and destruction.

## **TECHNOLOGIES FOR INCREASING THE BIT RATE OF VIDEO INFORMATION RESOURCES IN THE INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*M. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences; V. Balko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Advanced modern technologies for processing video information resources require an efficient coding method for video data compression. The main role in video surveillance is played by the video data bitrate. Currently, in most cases, video information redundancy is caused by an excess of static objects, background information, a significant amount of pixel depth and repetitive elements.

The analysis of existing approaches shows that this issue is solved by synthesizing existing technologies with fundamentally new types of transformation of the coded data alphabet. It is proposed to reduce the bit redundancy of the dynamic video information resource transmitted from an unmanned aerial vehicle to command posts. The characteristics, advantages and disadvantages of the MPEG intraframe coding method are considered. This made it possible to develop a method for controlling the intensity of video traffic based on MPEG technology. The developed method makes it possible to increase the efficiency of video services based on existing coding technologies without violating their operation algorithms.

The proposed method makes it possible to improve the quality and speed of video data transmission in control systems for strategically important reconnaissance missions of unmanned aerial vehicles and reduce the time required to deliver information for further decision-making, thanks to an effective technology for encoding the amount of video data using the block matching motion compensation method.

## **ANALYSIS OF APPROACHES TO OPTIMIZATION OF THE RESOURCES OF THE INFORMATION AND COMPUTER NETWORK OF ACS**

*I. Zakharchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*I. Dziuba; A. Lazareva*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The dynamism and rapidity of the conduct of combat operations by the groups of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine, the increase in the number of new means of air attack require the need for promptness and quality of calculations (solving operational-tactical tasks) and issuing results to the user. A set of requests coming from combat service personnel at random points in time forms a request flow. An important measure to improve the usefulness of processing the results of requests to the information and computing network (ICN) of the ACS is to optimize the resources of the ACS ICN to ensure its efficiency and productivity.

Among the measures that should be carried out to solve this problem are the following: analysis of the system load, including the amount of data, time and space limitations; optimization of algorithms in the system to find the possibility of their improvement or replacement with more efficient ones; constant monitoring and debugging to track the use of resources and identify possible problems; vertical or horizontal scaling to distribute the load and improve system availability, etc.

An important approach is database optimization, which involves regular review and optimization of queries, caching of query results for frequently used data or queries, optimization of database server configuration according to system needs and server resources. A necessary condition for the effective functioning of the database is the provision of the necessary level of security of information resources, which can be achieved by implementing appropriate methods, means and measures at all stages of data processing.

The essence and effectiveness of existing methods of protection are considered: organizational, procedural, structural, hardware and software methods.

## **ВИКОРИСТАННЯ УГРУПУВАННЯ БПЛА В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

*Ю.В. Стасев, д.т.н., проф.; Д.О. Топірик; В.А. Романюк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Використання угруповання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в умовах надзвичайних ситуацій, таких як військові конфлікти чи природні катастрофи, виявляється крайньо необхідним і перспективним напрямком для забезпечення ефективності та успішності розвідувальних операцій.

Аналіз сучасних військових конфліктів підтверджує, що БПЛА стали важливим елементом військового арсеналу. Угруповання БПЛА дозволяють максимально охопити територію, забезпечуючи широкий спектр

розвідувальних можливостей та ефективне виявлення потенційних загроз. Крім того, вони сприяють оптимізації використання ресурсів та координації дій, що дозволяє забезпечити швидку та адекватну реакцію на надзвичайні ситуації.

Авторами проаналізовані різноманітні архітектури побудови угрупувань БПЛА. Розроблено рекомендації щодо до вибору архітектури угруповання, типу БПЛА, надійності та вартості.

Основними перевагами використання угруповання БПЛА є швидкість реакції, висока точність та можливість здійснювати розвідку в умовах великої небезпеки або недоступності для людей. Вони є незамінними інструментами для забезпечення необхідної інформації та ефективного керування ситуацією в умовах надзвичайних обставин.

Використання угруповання БПЛА в умовах надзвичайних ситуацій є важливим елементом стратегії забезпечення безпеки та ефективності розвідувальних операцій. Враховуючи їх потенціал та переваги, можна стверджувати, що вони заслуговують на увагу як ключовий інструмент сучасного військового арсеналу.

## **THE LATEST TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE HIGHER MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF UKRAINE TO PROTECT THE SOVEREIGNTY OF THE STATE DURING REPULSE OF RUSSIAN AGGRESSION**

*V. Kalachova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor;  
O. Misiura, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Kovalenko; I. Kiriienko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Two years have passed since the beginning of the large-scale invasion of the russian-fascist occupation forces on the territory of Ukraine. The amount of direct damage caused to the infrastructure of Ukraine during this period has already reached about 155 billion dollars, and indirect damage - five times more! By the end of February 2024, as a result of the war in Ukraine, almost 400 educational institutions were completely destroyed, and more than 3.5 thousand were damaged in one way or another. And despite all this, the educational process in educational institutions of Ukraine continues, and higher military educational institutions (HMEI), even after the partial destruction of some of them, quickly resumed the educational process, relocating to temporary deployment points after the situation stabilized. To help solve the problem of setting up the educational process in the educational institutions of Ukraine in the conditions of war, the latest technologies are coming, which have a huge potential for the organization of learning in non-standard conditions, at a distance and provide, at relatively small costs, a high level of provision of educational services in the usual, mixed and remote formats, while making the process of obtaining knowledge as modern, visual and, most importantly, safe for the lives of those who are getting an education. Therefore, the study of the role of the latest technologies in the quality training of military personnel of Ukrainian higher education institutions during the repulsion of Russian aggression is an actual and timely task.

## **ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ПРОЦЕСИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

*О.Ю. Несміян, к.т.н., доц.; Я.С. Собецький; Б.В. Філоненко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Проведений аналіз методів та моделей інформаційної підтримки процесів прийняття рішень підкреслює важливість використання системи підтримки прийняття рішень. Ця система служить для полегшення взаємодії між даними, процедурами аналізу та обробки даних, а також моделями прийняття рішень. Для завдань, що мають неструктурований або слабоструктурований характер, прогнозування даних та процедур прийняття рішень ускладнене.

Невизначеність грає значну роль у плануванні військових операцій та управлінні Повітряними Силами. Існує ряд причин невизначеності, розв'язання яких може сприяти ухваленню точних та обґрунтованих рішень, спрямованих на зменшення непередбачуваних ситуацій. У випадку недостатньої кількості даних або неповної інформації прогнозування стає складним завданням. Ключовою причиною невизначеності є випадковість багатьох явищ, яка обумовлена їхньою природою та стохастичністю.

Причинами невизначеності є неможливість повного передбачення процесів, відсутність повної інформації та вплив суб'єктивних факторів. Взаємодія цих факторів спричиняє виникнення невизначеності при прийнятті рішень, тому розуміння цих причин є ключовим для розробки стратегій та технологій управління Повітряними Силами в сучасних реаліях.

## **THE INFLUENCE OF NEW TECHNOLOGICAL TRENDS ON THE LIFE CYCLE MANAGEMENT SYSTEM OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT**

*K. Kulahin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Vedmid, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Solonets, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; K. Kvitkin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's dynamic security environment, managers of the life cycle management system (LCMS) of weapons and military equipment (WME) are faced with a number of problems associated with the constant complication of the structure of defense products, its electronic component base and software, the expansion of cooperation, increasing requirements for accuracy, traceability and data security, compliance with high standards of production quality, energy efficiency and environmental friendliness.

The Emerging and Disruptive Technologies (EDT), and especially the technologies of Artificial Intelligence (AI) and analytics of very large arrays of structured and unstructured data (Big Data), have revolutionized the management of WME life cycle by providing new tools for fast and deep analysis of large volumes of data and automation of decision-making, algorithmic detection of regularities and forecasting changes in the state of control objects, implementation of predictive logistic support and maintenance, cultivating a culture of continuous innovation and sustainable defense production.

The report offers the results of an analysis of the advantages and disadvantages of the implementation of EDT technologies in the WME LCMS. In particular, the

prospects of integrating AI and Big Data technologies into the Product Life Cycle Support (PLCS) systems and predictive maintenance (PdM), and the use of machine learning (ML) technologies for the prediction of WME life cycle and optimal allocation of resources are considered.

### **ВИКОРИСТАННЯ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ НАЙМЕНШ ЗНАЧУЩОГО БІТУ ДЛЯ ПРИХОВУВАННЯ КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

*С.Г. Шило, к.т.н., доц.; В.В. Шульга; О.О. Перишн; А.О. Романюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У період війни РФ проти України, захист конфіденційної інформації набуває критично важливого значення. Використання стенографічного методу LSB (Least Significant Bit) у військовій комунікації дозволяє приховано вбудовувати секретні дані без відома зовнішніх спостерігачів. Це забезпечує надійний канал передачі інформації, що може бути використаний для координації дій в умовах військових операцій.

Метод LSB також доцільно застосовувати для вирішення проблем з обмеженим обсягом доступного простору для передачі даних, що може бути актуальним в умовах ресурсних обмежень.

Аналіз можливостей алгоритмів стеганографії зображень є ключовим для вибору підходу, який задовольняє вимоги споживачів. Серед основних чинників слід виділити вибір формату файлу. Обраний формат повинен дозволяти вбудовувати інформацію без помітних змін в зображенні, а також мати достатню ємність навантаження.

Для алгоритмів стеганографії проводять випробування з метою визначення оптимальної інформаційної у ємності для вбудовування. Крім того, застосовуються методи стеганоаналізу з метою виявлення та аналізу вбудованого контенту, що вимагає застосування надійних методів стеганографії. Формат PNG відзначається особливою придатністю для стеганографії, як підтверджують його високий PSNR та низький MSE, що робить доцільним його використання для приховування невідкритих текстових повідомлень, відповідаючи критеріям мінімальних змін та максимальної безпеки.

### **INCREASING THE CAPACITY OF INFORMATION TRANSMISSION CHANNELS IN THE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK**

*S. Khmelevskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Yatsiv  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main properties of the functioning of an information and communication network is the bandwidth of the information transmission channel, which can be used to make a comparative assessment of different options for building a network in order to select the optimal option. The article analyses operational and tactical factors that influence the capacity of information transmission channels in an information and communication network. The advantages and disadvantages of existing methods for determining the bandwidth of the information transmission channel are presented, it is found that the peculiarities

of the functioning of information and communication networks in the conditions of active electronic and fire counteraction are not taken into account. There is a need to revise the scientific, methodological and mathematical apparatus for their adaptation to modern conditions in order to provide reasonable recommendations for increasing the information transmission channel capacity in the existing conditions.

The article evaluates the option of building an information and communication network in the projected conditions of the operational situation and establishes that in terms of compliance its capabilities do not meet the requirements of the management system. Therefore, a number of organisational and technical recommendations to increase the capacity of the information and communication network have been proposed. The methodology for assessing the information transmission channel capacity of an existing information and communication network has been improved by combining the already known methods and requirements of guidelines. Their implementation will allow to meet the modern requirements of the management system.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БЕЗДРОТОВИХ MESH-МЕРЕЖ ТА ЇХ ПРОТОКОЛИ БАГАТОШЛЯХОВОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ**

*І.В. Нікора; О.С. Марченко; Д.М. Рябоконова  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

MESH-мережа – це бездротова система, що об'єднує кілька комп'ютерів у мережу, де кожен комп'ютер відправляє свої сигнали та передає інформацію від інших комп'ютерів. Вузли в такій мережі з'єднані між собою через виділене з'єднання, що дозволяє інформації переміщуватися без затримок або збоїв. Такі мережі також називають “самонастроювальними”, оскільки новий вузол автоматично інтегрується в мережу.

MESH-мережі широко використовуються у збройних силах для з'єднання військових баз та інших об'єктів. Вони дозволяють персоналу отримувати доступ до відео з високою роздільною здатністю в реальному часі під час польоту безпілотних літальних апаратів.

Багатошляхові протоколи маршрутизації дозволяють використовувати кілька шляхів для досягнення пунктів призначення, що забезпечує відмовостійкість, підвищення пропускну здатності, балансування навантаження та стійкість до помилок. Вони є ключовою технологією для бездротових мереж наступного покоління і потребують налаштування відповідно до характеристик конкретної мережі.

Протоколи багатошляхової маршрутизації можуть бути складнішими та вимагати більше ресурсів, але вони дозволяють досягти кращої продуктивності та надійності мережі, особливо у бездротових сітчастих мережах.

### **RESEARCH OF EXISTING APPROACHES TO IMPROVE THE QUALITY OF DATA PROCESSING OF AN INFORMATION RESOURCE IN A SPECIAL PURPOSE INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM**

*S. Shilo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M. Podhornyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, in conditions of active digitization of the information space, especially in the security and defense sector, the role of information resources as a means of effective management of available forces and means is growing in connection with

the conduct of hostilities on the territory of Ukraine. It is also worth noting that video resources are quite actively used as one of the main means of information support (air reconnaissance data, video conference communication between headquarters and subordinate units, stationary photo and video surveillance systems, etc.).

The problem of using video information resources is the imbalance between constantly growing data volumes and the bandwidth of communication channels. This especially applies to air reconnaissance systems, which is connected with the limitations of radio data transmission channels.

Existing approaches to encoding video information resources are based on the conceptual principles of the JPEG standard. Algorithms of these families allow you to obtain the necessary compression characteristics, but have a serious drawback – the data transmission channel does not provide the required level of reliability of aerial reconnaissance data.

Therefore, it is necessary to consider new approaches to achieve both reliability and compression performance. In this connection, it is proposed to use the regularities found in the binary representation of aerial reconnaissance data for the analysis of data clusters of the information resource and to develop a method of localization of the impact of errors within the clusters.

## **ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ КІБЕРАТАКАМ НА ІНФОКОМУНІКАЦІЙНУ МЕРЕЖУ**

*О.В. Перишин; А.О. Шевченко; В.Є. Лагунов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

З початку війни Україна стала об'єктом численних кібератак на державні та приватні структури. Кіберзлочинність являється серйозною загрозою для національної безпеки. Запобігання втручанню в мережу та зміцнення кібербезпеки стало актуальними завданнями.

Останнім часом спостерігається значний зріст кількості кібератак в інфокомунікаційних мережах. Негативними наслідками є несанкціонований доступ, порушення конфіденційності та цілісності інформації, а також можливе припинення працездатності мережі.

Існують різні технології та заходи, які вже зараз можуть допомагати у запобіганні та виявленні кібератак. Для цього використовуються спеціальні пристрої або програми, які називаються аналізаторами трафіку, сніферами. Аналіз мережевого трафіку є важливим етапом для забезпечення стабільності та безпеки мережі. Методи виявлення кібератак включають виявлення мережевих аномалій та виявлення зловживань в мережевому трафіку.

Дослідження мережевого трафіку дозволяє виявляти кіберзагрози та злочинну діяльність таку як вторгнення, спам, фішинг та інші. Може допомогти виявляти вразливості та відновлювати роботу мережі після інцидентів.

Аналіз трафіку забезпечує масштабний підхід до моніторингу інфокомунікаційних мереж, є важливим для забезпечення безпеки та ефективності мережі. Детальний аналіз трафіку під час інцидентів допомагає розкрити характер та мету кібератак, сприяє вдосконаленню заходів безпеки та підвищенню стійкості інфокомунікаційних мереж.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ КРИПТОГРАФІЧНОГО ШИФРУВАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

*В.О. Новічков; І.В. Столяр; А.І. Короткова  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В умовах зростаючої кількості кібератак на інформаційні системи Повітряних Сил Збройних Сил України забезпечення надійного захисту інформації в комунікаційних мережах є важливим завданням. Одним з основних способів захисту інформації є криптографічне шифрування. Однак, існуючі методи шифрування не ідеальні та мають слабкі місця, які можуть бути використані для здійснення кібератак. Для запобігання цьому необхідно проводити постійні дослідження в галузі удосконалення існуючих методів шифрування для підвищення надійності захисту інформації.

Методи криптографічного шифрування дозволяють захищати інформацію від несанкціонованого доступу, запобігати її перехопленню та підробці, а також забезпечувати конфіденційність та цілісність передачі даних між військовими підрозділами, державними органами та іншими зацікавленими сторонами. Це має надзвичайно важливу роль, особливо в наш час, коли російська федерація веде повномасштабну війну (в тому числі і кібернетичну війну) проти України.

Використання методів криптографічного шифрування дозволяє захищати секретну інформацію, забезпечувати надійний зв'язок, конфіденційність переговорів та обміну інформацією. Тому, необхідно продовжувати роботу щодо пошуку оптимальних шляхів вдосконалення існуючих методів криптографічного шифрування та впроваджувати новітні розробки в цій галузі для забезпечення надійного захисту інформації в комунікаційних мережах Повітряних Сил.

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ЛОГІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕДУРИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПРИСТРОЇВ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

*О.М. Кулабухов; А.О. Скакун; А.О. Романюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Розробка логіко-математичної моделі – це складний процес, який включає в себе визначення параметрів моделі, формулювання математичних рівнянь, валідацію та тестування.

На сьогоднішній день існують різні підходи до розробки логіко-математичних моделей, одним із яких є використання методів імітаційного моделювання, якій полягає у створенні віртуальних моделей системи на комп'ютері та аналізі їхньої поведінки за допомогою числових експериментів.

При розробці логіко-математичної моделі процедури визначення технічного стану засобів комплексу автоматизації (КЗА) використовуючи методи імітаційного моделювання враховуються всі параметри будь якого елемента та встановлюються зв'язки між цими параметрами, які відображають взаємодію між різними складовими.



Цей підхід дозволяє досліджувати складні системи, для яких немає аналітичного розв'язку, а також враховувати випадкові фактори та невизначеність.

Переваги використання логіко-математичної моделі процедури визначення технічного стану полягають у тому, що вона дозволяє аналізувати складні системи та прогнозувати їхню поведінку в різних умовах без необхідності проведення дорогих та часомістких експериментів. Крім того, модель може бути використана для виявлення та усунення недоліків.

Використання логіко-математичної моделі дозволяє зекономити час та ресурси, а також допоможе особі, яка приймає рішення, щодо визначення технічного стану елементів КЗА, більш обгрунтованим та ефективним.

### **ОБГРУНТУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ**

*І.В. Нікора; Д.М. Рябоконова; О.С. Марченко; А.О. Романюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Одним із засобів новітнього озброєння, які використовувались у воєнних конфліктах кінця ХХ – початку ХХІ ст., стали безпілотні літальні апарати, які довели свою здатність значно ефективніше вести повітряну розвідку та виконувати інші завдання бойового забезпечення.

Виявлення та розпізнавання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) противника проводиться з використанням радіолокаційні, акустичні, оптичні та інфрачервоні методи. Автоматизована система в процесі виявлення та розпізнавання БПЛА повинна вирішувати наступні завдання: адаптація технічних засобів до поганих умов, виявлення всіх рухомих об'єктів, пошук рухомого об'єкта за апіорною інформацією про його тип, форму, швидкість і характер руху, вимірювання геометричних параметрів об'єктів спостереження, автоматична ідентифікація типу об'єкта в порівнянні з еталоном за формою, кольором, текстурою поверхні, швидкістю руху, прогнозування траєкторії супроводжуваних об'єктів. Незважаючи на прогрес, досягнутий у розв'язанні цих окремих завдань, на сьогоднішній день не існує комплексного вирішення проблеми автоматизованого виявлення рухомих об'єктів та їх відстеження в режимі реального часу.

У зв'язку з цим виявлення та ідентифікація БПЛА є складною задачею для військових структур, яка вимагає використання передових технологій та методів виявлення, тому розуміння цих причин є ключовим для розробки методів та технологій управління Повітряними Силами в сучасних реаліях.

### **РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО МОДУЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО НЕОПТИМАЛЬНІ (АВАРІЙНІ) УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПУНКТІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

*В.О. Новічков; А.І. Короткова  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сучасні засоби автоматизації будуються за принципом програмно-апаратних комплексів (ПАК). Так побудова надає безліч переваг. З точки зору надійності, апаратна і програмна складові мають різні показники. Добре

налагоджена програмна складова, при справності апаратної частини, в роботі стабільна і з часом ці показники не змінюються, і не залежать від зовнішніх факторів. Апаратна ж складова, навпаки з часом схильна до погіршення своїх показників через складні процеси старіння та більш вразлива до дії зовнішніх чинників. Якщо дію зовнішніх чинників оператор може відстежувати, то наслідки зміни внутрішніх показників завжди є несподіваними та приводять до збоїв в роботі, а інколи і до повної втрати працездатності. Отже, для своєчасного виявлення та запобігання таким проблемам є актуальною розробка цифрового модуля попередження про неоптимальні (аварійні) умови експлуатації апаратної складової програмно-апаратних комплексів.

Аналізуються можливі проблеми при експлуатації апаратної частини, здійснюється вибір критичних показників, які переважним чином впливають на працездатність всієї системи. Проводиться обґрунтування функціональної та електричної принципової схеми цифрового модуля попередження, пропонується розроблений алгоритм його вбудованого програмного забезпечення. Представлено результати випробування, визначено висновки щодо подальшого розширення його функціональності. Додатком до роботи є експериментальний зразок цифрового модуля попередження про неоптимальні (аварійні) умови експлуатації технічних засобів.

### **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ЦІЛЕСПРЯМОВАНОЇ ПРОТИДІЇ ПРИ ПОБУДОВІ МАРШРУТІВ ПОЛЬОТУ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

*М.В. Дудко; Р.О. Мананков; А.Г. Бабіч; Є.В. Забайрачна  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Застосування концепції рефлексії управління (РУ) при прийнятті обґрунтованих рішень висвітлено у ряді робіт. У рамках даної концепції передбачається, що встановлюється ступінь обізнаності протиборчих систем про цілі і можливості одна одно. Іншими словами, приймаюча рішення система управління  $S_1$  повинна враховувати знання про цілі і можливості системи управління протиборчої сторони (ПС)  $S_2$ , знання цих систем про свої цілі і можливості. Так, основні позиції  $S_1$  перед початком бойових дій вважаються відомими  $S_2$  з точністю до десятків метрів, достатньо точно визначені вогневі можливості і можливості щодо прикриття. Крім того, пункти управління, кількість та склад особового складу, озброєння та військова техніка, їх якісний склад, а також цілі противника можуть бути достовірно визначені на основі аналізу розвідувальної інформації.

Таким чином, врахування передбачуваних цілей і можливостей противника системою  $S_1$  у процесі прийняття рішень дозволяє здійснювати рефлексію міркувань, відтворюваних в органах управління. Основні принципи РУ: силовий тиск, який передбачає демонстрацію сили, спрямовану на формування у противника непропорційних цілей; формування необхідної (хибної) оцінки вихідної обстановки у противника, що передбачає маскування, дезінформацію, імітацію діяльності; вплив на вибір моменту прийняття рішення ПС, який може бути реалізований раптовістю своїх дій, що змушує противника діяти в умовах гострого дефіциту часу.

У загальному випадку для планування маршрутів польоту БПЛА можна використовувати різні ранги рефлексії. Прийнято вважати, якщо система, яка

приймає рішення, повністю ігнорує цільові установки протиборчої сторони, то її ранг рефлексії дорівнює нулю.

Використання стратегії РУ другого рангу при плануванні маршрутів розвідувального польоту БПЛА зумовлює вирішення таких завдань: формування у ПС прагнення атакувати хибні БПЛА з метою розкриття системи ППО; побудова цілеспрямованого впливу на процес вибору і захоплення БПЛА на супровід радіолокаційною станцією зенітно-ракетних комплексів, прийняття рішення на обстріл БПЛА; порушення просторової і часової узгодженості дій ПС; створення у ПС наміру спотвореного уявлення про замисел дій противника.

У зоні відповідальності ПС засоби ППО можуть одночасно ефективно “обслуговувати” обмежену кількість цілей. Застосування хибних БПЛА, що імітують на екранах РЛС позначки, подібні оцінкам реальних цілей, значно ускладнює розпізнавання реальних цілей і перевантажує використовувану систему. При обмеженому часі радіолокаційного спостереження за цілями в зоні відповідальності ПС виділення реальних цілей серед хибних ускладнюються. При цьому процес селекції хибних цілей займає більше часу. У результаті засоби ППО зможуть пропустити справжні цілі. Прагнення ПС управляти діями у бажаному для себе напрямку (реалізація стратегії РУ першого рангу) та необхідність реалізації системою  $S_1$  більш високого рангу рефлексії вимагає використовувати при плануванні маршрутів та визначення доцільної стратегії запланованого розвідувального польоту БПЛА стратегії РУ другого рангу.

## **ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ АНАЛІЗУ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ АТАК У ІНФОРМАЦІЙНО- КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ**

*О.В. Першин; Д.В. Бова; І.О. Копцов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сьогоднішній день, в умовах ведення бойових дій на території України, зросла потреба в покращенні систем запобігання атак в інформаційно-комунікаційних мережах. Розуміння природи аномалій мережевого трафіку є важливим завданням і для традиційних інфокомунікаційних мереж, і для майбутніх автоматизованих програмно-конфігурованих мереж. Незалежно від того, чи є ці аномалії шкідливими, важливо проаналізувати їх з двох причин:

– аномалії можуть спричинити перевантаження мережі та збільшити використання ресурсів мережевих вузлів.

– деякі аномалії не обов'язково впливають на мережу, але можуть істотно впливати на якість наданої інформації.

Істотною проблемою виявлення аномалій є те, що форми аномалій можуть змінюватися залежно від причин їх появи, зокрема, створювані від простіших DoS-атак до неправильних конфігурацій адміністратора. Відмова в обслуговуванні, отримання доступу, сканування, шпигунство та неправильне налаштування – це такі атаки та аномалії, які можуть призвести до виходу із ладу всієї інформаційно-комунікаційної мережі.

Виявлення та класифікація аномалій передбачають безперервний процес моніторингу подій в інформаційних системах і мережах.

Аналіз останніх наукових досліджень свідчить про те, що для вирішення вищезазначеного питання використовуються наступні напрямки: використання

технологій на базі штучного інтелекту, методів, оснований на статистичному і поведінковому аспектах потоку даних й інші евристичних методів. В свою чергу, з метою виявлення (розпізнавання) аномалій з більшим коефіцієнтом істинних спрацювань та мінімізації хибних виявлень слід розвивати технології штучного інтелекту, реалізовані на базі штучних нейронних мереж.

## **ANALYSIS OF COMMON THREATS TO INFORMATION SECURITY IN THE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK**

*A. Pershin; R. Myronenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Information security and the maintenance of this security is an urgent task in the information and communication network (ICT), as threats to the security of Internet users' data are becoming more complex and expanding, both from attackers and from companies that collect and process this data.

Judging by the analysis of emerging security threats, we should divide them into four categories. The first category is denial of service (DDoS), when attackers try to overwhelm the network with requests, which leads to system outages. The second category is social engineering, when attackers try to gain access to the system by manipulating people.

The third category of threats is personal data misuse, when user data can be used without their consent for marketing purposes or fraud. The fourth category is social engineering, when attackers try to gain access to the system by manipulating people.

To ensure the security of information in ITM, it is necessary to apply a comprehensive approach that includes technical, legal and organizational measures. It is evident that the threats to information security in ITM are extremely serious and growing. Fortunately, however, since the emergence of these threats, various technologies and approaches to information security have emerged and continue to emerge. The main task in this area is to constantly improve methods of protecting and counteracting threats to information security in ITM.

## **ANALYSIS OF NETWORK MONITORING TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN SOFTWARE FOR COLLECTING AND DISPLAYING THE STATE OF THE INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORK**

*O. Pershin; K. Liesnikova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's world, where information technologies are at the core of many processes, it is important to have proper control over the network and systems of the information technology infrastructure environment. To effectively manage these systems and prevent possible problems, there is a need to use specialized network monitoring technologies.

To successfully use monitoring technologies, you need to know which parameters need to be monitored and which software tools will help identify problems. It is also important to configure the monitoring system in such a way that they do not load the network and servers.

Monitoring is an important task at any time of ITM operation. It allows you to quickly collect and analyze data about the network, servers and databases, increase

the efficiency and reliability of the information infrastructure, and ensure the early detection of problems and their quick resolution, which allows you to reduce the time of work interruptions and data loss during daily operation.

By the author the actual task regarding the use of monitoring technologies is substantiated. Analyzed existing technologies and monitoring tools that will ensure continuous and high-quality operation of the information and communication network.

## **STUDY OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AS A MEANS OF CRYPTOGRAPHIC PROTECTION OF INFORMATION IN A SPECIAL- PURPOSE TELECOMMUNICATIONS NETWORK**

*V. Novichkov; M. Kovalenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The number of telecommunication services provided by the military administration at the control points of the Armed Forces of Ukraine through information and telecommunication networks is constantly increasing. At the same time, attention is being paid to the protection of information in these networks, and various means of protection are being used.

An important and integral component of telecommunication networks is cryptographic information protection. To address this issue, a variety of security tools are used, which can be divided into hardware, software and hardware and software. Existing methods and algorithms for cryptographic protection of information are constantly being improved, and new ones are being developed that are more efficient and reliable.

Blockchain technology is nowadays widely and successfully used to protect against unauthorized interference with information systems. The blockchain is a decentralized, ever-growing database in which data is stored in interconnected blocks in a special way using a hash of the previous data block, which makes it almost impossible to distort information within the blocks, as it requires corresponding changes in all blocks after it.

In the report, the authors suggest the possibility of using blockchain technology to protect information as one of the methods of software protection.

## **A DEVICE FOR TRANSMITTING INFORMATION USING LASER RADIATION IN THE LAST MILE TECHNOLOGY**

*O. Kolomiitsev<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*V. Komarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*A. Lvov<sup>1</sup>; V. Kolomiitsev<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";*

*<sup>2</sup>Military Institute of Telecommunication and Information Technologies  
named after the Heroes of Kruty*

The modern development of corporate (private) information (voice and data) transmission networks requires ensuring both high reliability of short-range communication between the head office and nearby subdivisions and high speed of information transmission (data packets and voice messages) over a common communication channel. Therefore, one of the most important factors in the

formation of information transmission networks is the cost of purchasing, installing and maintaining such network equipment.

The well-known solutions for organizing short-range communication using wired (copper) or fiber-optic lines, which are widely used and well-proven, are not always convenient due to the high cost and time required to lay new communications, as well as the high rental fee for using existing communications. At the same time, existing communications are no longer able to cope with the ever-growing flow of information due to their overload.

In this regard, in modern cities with a high density of underground and above-ground communications, as well as in underdeveloped areas with unfavorable conditions for excavation or low building density, wireless radio equipment is used to circumvent the above difficulties (radio relay lines and radio modems). However, such wireless communication has the following main disadvantages: signal distortion (loss) due to radio air pollution and a long time spent on obtaining a special permit due to paperwork. These disadvantages are not completely solved by the well-known technologies of fast radio frequency hopping and digital coding by convolution of the signal using a pseudo-random noise sequence. There is a wireless communication – laser communication – that has a clear advantage over radio communication when it comes to organizing wireless bridges ("point-to-point") over a range of hundreds of meters to several kilometers. Compared to radio, such laser communications have higher bandwidth, greater noise immunity, and do not require a radio frequency permit, and the prices of laser communications equipment are comparable to radio prices. When using laser equipment (laser systems (LS)), there is no need to obtain a permit for the establishment of communications (use of radio frequency) and the related financial costs.

The use of lasers as radiation sources has opened up the possibility of building broadband optical communication systems that can transmit not only telephone and television signals, but also computer signals. In addition, the high frequency of laser radiation ensures high speed of information transmission. The report considers the peculiarities of using the spectrum of single-mode multifrequency with synchronization of longitudinal modes of laser radiation (LR). The attention is focused on the fact that longitudinal modes (carrier frequencies) can be used to create several channels for simultaneous transmission of information to consumers both through closed – fiber-optic communication lines and open – atmospheric ones, provided that only one laser transmitter is used.

Three well-known families of drugs used in the United States are considered: LOO, OmniBeam 2000 and OmniBeam 4000. It is emphasized that LOO is a basic one and allows data and voice transmission over a distance of up to 1000 m; OmniBeam 2000 has similar capabilities, but operates over a distance of up to 1200 m and can transmit video images and a combination of data and speech, and OmniBeam 4000 can provide high-speed data transmission: from 34 to 52 Mb/s over a distance of up to 1200 m and from 100 to 155 Mb/s over a distance of up to 1000 m.

The essence of creating a multichannel information transmission system is revealed. The use of single-mode multifrequency with synchronization of longitudinal modes of the laser will expand the ability to transmit information at different frequencies to consumers using only one laser as a radiation source. Such multi-frequency division of the laser will significantly increase the amount of information transmitted at minimal financial costs. Analytical and circuitry solutions are presented. Proposals for the creation of a device for the transmission of information using the LR in the last mile technology are developed.

**PROPOSALS FOR IMPROVING THE SAFETY OF FLIGHTS OF  
A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE URBAN  
ENVIRONMENT**

*O. Kolomiitsev<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Pustovarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; I. Rudakov<sup>1</sup>; A. Biesova<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";  
<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification*

According to the definition of the Unmanned Vehicle Systems International (UVS International), drones are a generic aircraft design that operates without a human pilot on board. Therefore, an unmanned aerial vehicle (UAV) is an aircraft designed to fly without a pilot on board, the flight management and control of which is carried out by a special control station located outside the aircraft. The main advantages of UAVs include their comparative cheapness, speed of deployment, and mobility, which makes it possible to solve problems of various kinds and nature in both civilian and military spheres.

The modern development of information technology has also led to a significant improvement in the quality of digital cameras and their resolution. Therefore, one of the areas of UAV application is monitoring of the urban environment, where UAVs are used for tasks that are not feasible for manned vehicles (aviation) for various reasons. Such tasks include monitoring urban development (construction, condition of buildings, etc.) and fire hazards, urgent delivery of cargo to hard-to-reach places and transportation of victims, etc. The use of UAVs allows for fast data collection, makes it possible to take pictures in hard-to-reach and dangerous places in a fully automated mode, etc. The UAV is equipped with special software that processes the data obtained as a result of the survey, creates 3D models, calculates volumes and areas, etc. However, the use of a large number and different types of UAVs, both remotely controlled by operator commands and automated by a program, increases the level of flight hazard. Thus, the development of proposals to improve the safety of UAV flights in the urban environment is an urgent scientific task.

The report describes the types of UAVs used to monitor the urban environment, as well as their main means of application (single, group and mixed). The main tasks related to UAVs are highlighted - deployment and management of a group (swarm) of UAVs, as well as data (information) transmission and loss of control over UAVs (navigation and communication systems). An analysis of current approaches and trends in the development of onboard navigation systems (ONS) is presented. It is proved that the main way to increase the functional efficiency of the onboard navigation systems is to provide them with the property of autonomy by applying intelligent data analysis technologies based on machine learning and pattern recognition. It is shown that most of the tasks can also be solved with the help of artificial intelligence technologies, namely Machine Learning (ML). It is established that, according to the results of previous studies, effective machine learning algorithms for UAV navigation are reinforcement learning, SLAM, 3D modeling, visual odometry, Computer Vision, and others.

The results of the analysis of the main methods and means of training and application of neural networks for UAV navigation, as well as methods for improving UAV navigation, which allow conducting experiments and determining the quality of the trained model, are presented. The main indicators used to improve the quality of training are identified: learning complexity, learning speed,

algorithmic complexity of calculations, and the number of steps required to achieve the goal. The results of the study of the main strategies of rewarded learning – DQN, PPO and SAC – are presented.

It is emphasized that to ensure UAV navigation, there are means both at the level of the built-in onboard electronic computer of the UAV and separate systems for performing complex calculations. It is established that the key means for improving UAV navigation is the use of fuzzy logic algorithms. The relevance of using methods based on neural networks to improve the navigation of a group of UAVs is substantiated.

Thus, the use of artificial intelligence technologies will improve the quality of the navigation system and communication between UAVs and UAVs with operators (remote control points (ground control stations)), etc., and thus increase the safety of UAV group flights in the urban environment.

### **PECULIARITIES OF SYNTHESIS OF A MOBILE SINGLE-POINT MULTIFUNCTIONAL LASER INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR MULTIPLE STRUCTURES, SIGNALS AND TECHNICAL PARAMETERS**

*O. Kolomiitsev<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Pavlii<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Bespalko<sup>2</sup>; L. Pavlii<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The synthesis of a mobile single-point multifunctional laser information and measuring system (system) for multiple structures, signals and technical parameters is due to the need to detect and recognize (classify) ground and air objects, including small-sized ones, as well as to measure their six motion parameters (azimuth and elevation angles, inclined range, radial velocity and angular velocity) with stable angular automatic tracking. The system uses narrowly directed monochromatic laser radiation that propagates in a straight line with potentially high power and high spectral brightness, which provides a number of advantages over traditional radar and optoelectronic systems.

Thus, the high stability of the reference frequencies and a wide range of signals provide high accuracy in measuring the parameters of object motion and information transmission rate. Due to the formation of ultra-short laser pulses, the system allows remote detection, recognition and measurement of coordinates and motion parameters of high-speed objects with high resolution. The use of modern information technologies makes it possible to implement complex algorithms for processing the information received from the tracked object in real time, which increases the accuracy of devices that perform optical measurements.

The report analyzes the technical characteristics of known laser information and measurement systems. Their main advantages and disadvantages are presented. The peculiarities of synthesizing a system into a set of structures, signals, and technical parameters are revealed. It is established that the energy potential of the laser communication line with the object, which takes into account the influence of the route, can serve as a criterion for the quality of the system. The problems of optimal synthesis of a system for a set of structures, signals, and technical parameters can be solved by a single vector of technical requirements. At the same time, the tasks of parametric system synthesis are more objective than the tasks of selecting structures



and signals, and the algorithms meet the requirements of universality, invariance to the dimension of the problem, rapid convergence of results, simplicity, and possess the qualities of separable and block programming.

The method of mathematical separable programming is proposed, which allows solving the problem of multidimensionality, convergence of results, simplicity, construction of exchange curves, etc. The advantages of the method include the following: the problem of multidimensionality does not affect; the universality of the optimization algorithm for arbitrary separable functions; the iterative process converges quickly, as in the gradient method; the solution is obtained in a general (analytical) form, which allows to immediately obtain exchange curves, and the analytical form of the solution and the optimum allows to immediately see and predict which production and quality of the system and functional elements need to be developed.

The method can be used to solve many parametric problems with separable functions, where the communication function is the system cost. In addition, the method allows us to obtain algorithms for solving complex block programming problems by stitching together solutions and optima of simple standard problems, and to program them on modern personal computers.

The method can also be used to solve many parametric problems with non-collapsible objective functions if they are decomposed into low-order polynomial series. However, the efficiency of the proposed method is reduced to that of the Wolfe method.

Unlike conventional methods of system synthesis, which intuitively determine the parameters of functional elements, the proposed method uses all possible market statistics, which allows to increase the efficiency of the system being synthesized by an order of magnitude.

## **PROPOSALS FOR THE CONSTRUCTION OF INTELLIGENT AUTONOMOUS UNMANNED AERIAL VEHICLES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

*O. Kolomiitsev<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
O. Kulieshov<sup>2</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
S. Klivets<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; I. Rudakov<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used to solve a wide range of civilian and military tasks (monitoring, surveying and mapping the area for scientific or other purposes, delivering mail and other cargo, providing assistance in emergency situations, etc.) in various sectors of the economy (agriculture, construction, energy, etc.). UAVs used for military purposes can perform a range of tasks, from reconnaissance (covert video surveillance of the enemy from the air) to destruction (strikes on land and sea targets, interception of air targets), as well as radio jamming, fire control and targeting, relaying messages and data, cargo delivery, etc. At the same time, UAVs have varying degrees of autonomy – from remotely controlled to fully automatic – and differ in design, purpose, and other parameters. UAVs can be controlled by issuing occasional commands or continuously.

There are five main levels of UAV autonomy:

– zero, initial (none) – a UAV with fully manual control;

- first, low – the operator is responsible for controlling the UAV (performs at least one important function);
- second, partial – the operator is responsible for the safety of operations (the UAV maintains altitude in certain conditions and also regulates the direction);
- third, conditional – the operator operates in emergency mode (the UAV performs all functions independently, but "under certain conditions");
- fourth, high – the operator does not take any part in the control cycle (the UAV is equipped with several emergency systems so that in case of failure of one of the systems, the UAV continues to perform tasks (work) independently);
- fifth, full – a fully autonomous UAV (operates independently without operator involvement, uses artificial intelligence when planning a flight and performing a task).

The UAVs currently in use, numbering in the millions, have both the first and second levels of autonomy and the largest range of types. There are few UAVs with the third level of autonomy. The number of UAVs with the fourth level is in the thousands, and the number of UAVs with the fifth level is extremely small, and they are usually the most expensive and military in nature.

The Ministry of Defense of Ukraine has approved the SkyKnight 2 UAV, which is equipped with artificial intelligence and an automatic flight mode, for use in the army. The UAV is "fast enough, powerful and quiet at the same time," capable of carrying 2.5 kg of payload and reaching the target even in case of loss of communication due to jamming by electronic warfare. Thus, when the operator determines the target to be hit, the UAV will fly to it automatically using an onboard computer.

The United States Air Force plans to purchase at least 1,000 unmanned fighter jets that will be able to operate autonomously thanks to artificial intelligence, which will "help deter China". The unmanned fighters will be designed to escort and protect conventional aircraft (F-35 or B-21), and they can also carry their own weapons to attack air and ground targets. One such drone will cost the United States \$20-30 million, but can be reduced to \$10 million. For comparison, the cost of the F-35 is about \$100 million, and one new B-21 bomber is estimated at \$750 million.

The report analyzes the technical solutions underlying the processors from INTEL, NVIDIA and ECAD. The evaluation of MultiClet processors indicates that onboard computers of UAVs of the 5th level of autonomy can be implemented using MultiClet processors using the 28 nm process technology. They are 5 times more efficient than processors of other traditional architectures.

Proposals for the use of MultiClet processors for the construction of intelligent autonomous UAVs with "strong" artificial intelligence are presented.

### **MOBILE LASER INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR MEASURING MOTION PARAMETERS OF PROMISING SAMPLES OF AIR OBJECTS OF VARIOUS TYPES**

*O. Kolomiitsev<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Bielimov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
A. Berdochnik<sup>2</sup>; P. Bieliaiev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";*

*<sup>2</sup>Kharkiv National Air Force University of Ivan Kozhedub*

The development of modern lasers has opened up new perspectives in location technology. Laser location refers to the field of optoelectronics that detects and determines the location of various objects using electromagnetic waves of the optical

range emitted by lasers. The objects of laser location can be both ground objects (cars, armored vehicles, ships, etc.) and air objects (airplanes, unmanned aerial vehicles, missiles, satellites, etc.).

In modern laser location, two main methods of range measurement are used: pulse and phase. The implementation of the pulse method of measuring the inclined range involves determining the propagation time of a short laser pulse from the radiation source to the object and back to the receiver. For the pulse method, the minimum duration of the probing pulse and its maximum quality factor (i.e., the steepest possible leading edge) must be ensured. The phase method, unlike the pulse method, allows you to obtain the accuracy of the measurement by analyzing the mutual correlation function of the emitted and received radiation. A reliable (and, as a result, accurate) measurement will be characterized by the presence of a distinct maximum of the mutual correlation function, while an unreliable measurement will have a blurred appearance and the maximum value will not be determined as accurately.

The report presents a brief overview and main tactical and technical characteristics of existing ground-based radio and radio telemetry means of high-precision external trajectory measurements of test objects, as well as ground-based optical, optoelectronic, quantum-optical, laser and television means and systems of high-precision trajectory measurements used at research test sites, etc. for testing test objects (samples of rocket and space and aviation equipment, etc.). Their main disadvantages and advantages are highlighted.

A laser information and measurement system for measuring the motion parameters of advanced samples of air objects of various types based on the frequency-time measurement method is proposed. The main structure of the system includes: receiving and transmitting equipment, a channel for measuring azimuth and elevation angles, a channel for measuring the inclined range to an air object, a channel for measuring radial velocity and a channel for measuring angular velocities  $\alpha'$  and  $\beta'$ , as well as an optoelectronic module consisting of television and infrared channels. At the same time, the receiving and transmitting equipment and the optoelectronic module are located on a gyro-stabilized platform.

In the channel for measuring the angles of azimuth and position of an air object, the angles of azimuth and position ( $\alpha$  and  $\beta$ ) are measured with high accuracy by the duration of shifts of the envelope periods of the envelope packets of pulses of intermode beats in one complete pass of the laser radiation pattern in the forward and reverse scanning directions in each of the two orthogonal planes using the time-pulse method.

In the channel for measuring the angular velocities of an airborne object, angular velocities ( $\alpha'$  and  $\beta'$ ) are measured with high accuracy by the duration of half-periods of enveloping packets of pulses of intermode beats frequencies in one pass by the laser radiation pattern in one (forward or reverse) scanning direction in each of the two orthogonal planes using the time-pulse method.

In the channel for measuring the inclined range to an air object, the inclined range is measured with high accuracy by using the delay of intermode bit frequencies, reference frequencies, picosecond and "blanking" pulses and the formation of a multi-scale method.

In the channel for measuring the radial velocity of an air object, the radial velocity is measured with high accuracy using the intermode bit rate delay, reference frequencies, phase auto-tuning frequency (stand frequency) and the Doppler effect.

The optoelectronic module continuously monitors the tracked aircraft in the visible and infrared ranges during day and night conditions.

The essence of the system is revealed. Analytical expressions for calculations are presented.

## **DETERMINING THE OPTIMAL DISTANCE FOR DETECTING OBJECTS IN AN IMAGE USING A NEURAL NETWORK**

*Y. Tolkachenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; M. Servatynskiy<sup>1</sup>; I. Vysotskyi<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics*

When using a neural network on an unmanned aerial vehicle, it is necessary to determine the distance from which it can distinguish the required object. The specified distance depends on the lens and resolution. This report considers the method of determining this distance using open software for three-dimensional modeling and the YOLO 8 neural network. The proposed method allows you to directly select the necessary parameters of the optics of the aircraft.

The most relevant scenarios for the use of unmanned aerial vehicles are considered. The specified method is applied to them. The topic of resource limitations on board the drone is revealed. Using modern solutions from embedded systems as a basis for building machine vision in real time.

The most critical characteristics for the autonomous operation of artificial intelligence on board the aircraft are indicated. In addition, the mass and dimensional indicators of such systems are considered. The effect of the above on the distance of object recognition by artificial intelligence is considered as characteristics included in the preliminary assessment of the specified task

## **METHOD OF AN UNMANNED AIRCRAFT GROUP NAVIGATION IN CONDITIONS OF SYSTEM DEGRADATION**

*V. Fustii<sup>1</sup>, Ph.D.; D. Parkhomenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*E. Drob<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Central Department of Military Education of General Staff  
of the Armed Forces of Ukraine*

In recent years, UAVs have become an important tool in many fields, such as military affairs, logistics, environmental monitoring, and others. When performing tasks, groups of UAVs often encounter dynamic changes in the environment, which can lead to system degradation. This can be caused by various factors, such as damage to the UAV, loss of communication, GPS interference, change in weather conditions, etc. Degradation of the system can negatively affect the performance of the task by the UAV group, therefore it is important to have methods of dynamically changing the route of the group in such conditions.

The report proposes a method of dynamically changing the route of a group of UAVs under conditions of system degradation. The method is based on the dynamic calculation of the target function for each member of the group. The target function takes into account such factors as the distance to the target, the battery charge level, the state of the communication channel, weather conditions, the presence of obstacles, etc. The method of dynamically changing the route of a UAV group makes it possible to increase the efficiency of task performance, reduce the risk of UAV loss, and ensure the group's resistance to degradation. The proposed method of dynamically changing the route of the UAV group allows to significantly increase the efficiency of the task in the conditions of system degradation. The method also makes it possible to reduce the risk of UAV loss and ensure the group's resistance to various factors that negatively affect its work by taking into account factors that dynamically change during the execution of a combat mission.

## **INTELLECTUAL ANALYSIS OF VIDEO RECORDING DATA OF TEST OBJECTS**

*O. Yula<sup>1</sup>; E. Tsuria<sup>1</sup>; S. Shvets<sup>1</sup>; O. Shmyglenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of video surveillance systems plays an important role in testing prototypes of weapons and military equipment, in particular, moving objects. This is of practical importance for meeting the needs of the Armed Forces of Ukraine in the experimental evaluation of the tactical and technical characteristics of experimental, new, modernized samples of weapons and military equipment.

When conducting tests, the task of choosing video surveillance systems and defining tasks that can be solved with their help arises. It is important to take into account that video surveillance systems and computer (information) technologies are wholly or mostly foreign production, due to the suspension of the development of these areas in domestic industries and industries. The choice of systems is limited to: available in Ukraine video systems and corresponding computer (information) technologies; real availability of their use during testing; features of operation in certain climatic conditions; the possibility of single and complex (combined) work; post-processing of video materials and time synchronization.

Video information processing algorithms play a significant role: pre-processing at the hardware level and post-processing at the software level. The implementation of methods of intellectual analysis of test data at the indicated levels makes it possible to separate images of samples of weapons and military equipment in the video stream, provided that the features of these images are pre-formed for the purpose of automating the processing of the received video materials, which allows to reduce the time of processing the received data.

## **IMPROVEMENT OF THE METHOD OF COMPRESSION OF VIDEO INFORMATION FLOW FROM RECONNAISSANCE UASS IN REAL TIME SCALE**

*O. Novichkov; I. Ageenko; V. Radzievsky*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Unmanned aerial systems (UASs) are a technological innovation in Ukrainian army that is rapidly developing in today's world. Since we are trying to reach NATO standards of quality we are trying our best to import UASs in our military systems. They are used in various fields, including military use, geological exploration, agriculture and many others. For example, in NATO forces UASs are used as regular weapon, and that is a level that we are trying to reach. One of the most important characteristics of modern UASs is their ability to transmit video information in real time. This ability has become possible thanks to the rapid development of data transmission and image processing technologies. The technology of video information flow in UASs continues to develop. Thanks to the rapid growth of computing power and artificial intelligence technologies, the possibilities of analyzing and interpreting video data are growing. This makes it possible to develop autonomous systems for automatic detection of events and objects on video recordings.

So generally, the transmission of video information in unmanned aerial vehicles (UASs) represents a crucial technological advancement with wide-ranging applications across various sectors. This article has delved into the intricacies of the process, encompassing video capture, wireless transmission, and on-ground processing. Moreover, it has highlighted the ongoing evolution of this technology, driven by advancements in computing power and artificial intelligence, promising even greater potential for automated analysis and utilization of video data in the future. As UASs continue to shape our world, the ability to seamlessly transmit and process video information will remain at the forefront of innovation and progress.

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОКОЛУ MPLS В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЄЮ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЮ ОБОРОНОЮ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*I.V. Нікора; B.B. Шульга; P.B. Яців*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Ефективне виконання бойових завдань Збройних Сил України залежить не тільки від наявності новітнього озброєння та техніки, але й від своєчасного, достовірного та безпечного управління військами та озброєнням. У зв'язку з цим, сучасні системи управління мережами відчують потребу у розвитку та модернізації, а також у забезпеченні вимог щодо своєчасності, достовірності та безпеки інформаційного обміну. Один з можливих шляхів покращення роботи систем управління – це використання технології MPLS для передачі даних по міткам.

Автори дослідження проаналізували основні аспекти побудови мереж з використанням технології MPLS та дали приклади її застосування для АСУ авіацією та ППО. У роботі було визначено як позитивні, так і негативні сторони використання даної технології в мережах. Для забезпечення ефективного функціонування автоматизованої системи управління авіацією та протиповітряною обороною необхідно використовувати сучасні технології, які забезпечують швидку та безпечну передачу інформації. Технологія MPLS може бути однією з найкращих вибірок для побудови мережі в системі управління авіацією та протиповітряною обороною.

Отже, розвиток технологій управління та забезпечення інформаційної безпеки має велике значення для забезпечення ефективного захисту країни та її національних інтересів.

### **APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES TO PROTECT STATE BORDERS**

*Y. Nasibov*

*National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Protection of state borders is the basis of the country's national security and is one of the main stages of defense against foreign threats. The developed countries of the world use geographic information systems based on spatial data to protect their borders [1]. Different types of technical surveillance devices are used during border protection. The correct determination of the positions of technical surveillance devices in the area is considered one of the main issues [2-5].

In the article, a study was conducted on the issue of correct location of observation points in the area. Various digital terrain models were developed using GIS technology and digital elevation data for the purpose of conducting the research.

An area bordering the Russian Federation was selected as the research area. ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) elevation data of the area selected for the study was provided from an open source. Esri's ArcGIS Desktop and Global Mapper software were used as software.

Observation conditions were studied from each observation post in the study area. A complex method based on GIS was applied in the study of observation conditions.

The correct selection of the positions of the border observation points allows to use a minimum number of observation devices. This can be considered favorable from the economic point of view.

The use of Geographic Information Systems (GIS) allows effective exchange of digital spatial data collected and analyzed at border points with headquarters, neighboring and higher units.

References:

1. Bayramov A. A., Hashimov E. G., Amanov R. R. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology //Geography and nature sources. – 2016. – p.124-126.

2. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries //Journal of Military and Information Science. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – p. 61-66.

3. Hashimov, E. G., Bayramov, A. A., Nasibov, Y. A., & Amanov, R. R. (2015). Application of relief digital model for combat operation planning. Military Knowledge, (4), 63-69.

4. Nasibov Y. A. et al. MODELLING OF THE RATIONALLY DEPLOYMENT OF OBSERVING SYSTEMS //Advanced Information Systems. – 2019. –Т. 3. – №2.-p. 10-13.

## **ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ В ТАКТИЧНИХ БПАК КЛАСУ I**

*Д.А. Рибчинський; Н.В. Прищеп*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Аналіз досвіду бойових дій в ході Операції об'єднаних сил, а також повномасштабного вторгнення російської федерації (рф) свідчить про ефективність застосування сучасних безпілотних авіаційних комплексів (БПАК), зокрема для розвідувального забезпечення військ (сил) оборони України та нанесення вогневого ураження противнику. Поряд з цим постійно спостерігається тенденція врахування противником результатів застосування БПАК Збройних Сил України та пошуку нових підходів щодо їх протидії, а саме удосконалення методів подавлення, перехоплення даних та знищення в ході розвідувальних операцій. Саме тому завдання забезпечення криптозахисної передачі даних з борту БПАК є актуальним, своєчасним та необхідним. Виходячи з даних передумов, метою даної наукової праці є аналіз відомих методів шифрування інформації та впровадження їх у систему обміну даних БПАК для підвищення ефективності їх функціонування.

Проведений авторами аналіз алгоритмів шифрування свідчить про те, що одним із можливих варіантів реалізації надійної та криптозахисної передачі

даних є застосування ДСТУ 7624:2014 “Калина”, зокрема режиму вибіркового гамування із прискореним виробленням імітовставки – GSM, виходячи із рівня криптостійкості заявленого шифру та можливостей його впровадження. Такий підхід дозволить забезпечити конфіденційність та цілісності даних розвідки комплексу під час їх передавання каналами зв’язку на наземну станцію управління.

Отже, актуалізовано питання застосування БпАК для розвідувального забезпечення підрозділів (військ) Сил безпеки й оборони та запропоновано удосконалення їх за рахунок впровадження національного стандарту шифрування.

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАМОВЛЕННЯ ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РОБІТ В ІНТЕРЕСАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*А.В. Власов, к.т.н., ст.д.; О.Г. Матюченко, д.філос.;*

*О.В. Шабанова, к.е.н.; В.М. Павлов*

*Державний науково-дослідний інститут  
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Процес ініціації та замовлення ДКР в інтересах ЗС України має значний вплив на організацію виробництва (модернізації) ОВТ. Враховуючи збройну агресію росії, наслідки цього, світові стратегічні виклики, інвестування в дослідження з метою розробки новітніх сучасних зразків ОВТ є ключовим для забезпечення ефективної національної безпеки.

На теперішній час актуальним є завершення в стислі терміни ДКР за напрямком розробки і модернізації ОВТ, впровадження новітніх технологій, організація та впровадження спільного або ліцензійного виробництва продукції оборонного призначення з використанням механізмів лізингу та офсетних схем, а також розробка в інтересах ЗС України науково-технічної продукції (в першу чергу новітніх технологій) за рахунок замовлення та виконання ДКР.

В доповіді подано результати аналізу існуючої нормативно-правової бази щодо процесу ініціації та замовлення ДКР в інтересах ЗС України з урахуванням змін від початку збройної агресії росії, вихідні дані для ініціації замовлення, визначено учасників процесу замовлення (їх мінімальну необхідність), сформовано загальну схему замовлення ДКР в Україні за національними стандартами та вимогами, сформовано пропозиції щодо скорочення змістовності самих етапів, їх послідовності та взаємозв’язків між ними з урахуванням особливостей закупівлі товарів, робіт і послуг оборонного призначення.

## **ЕКСПЕРТНЕ ОЦІНЮВАННЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ ЛЬОТНОГО ОБМУНДИРУВАННЯ**

*О.В. Андрієнко<sup>1</sup>, к.психол.н.; М.О. Андрієнко<sup>2</sup>; О.М. Череди́ков<sup>1</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки;*

*<sup>2</sup>Національний університет харчових технологій*

Формалізація оціночних характеристик зразків льотного обмундирування ґрунтується на варіантах модифікованої методики збору апріорної інформації, перетворення її та представлення в зручному вигляді для оформлення протоколів та акту випробувань.



Метою роботи є розробка алгоритму оцінки якості зразків льотного обмундирування на всіх етапах життєвого циклу і, в першу чергу, при випробуваннях і сертифікації для узагальнення результатів об'єктивного та суб'єктивного методів, що дозволить отримати найбільш повні характеристики показників якості. Проводиться погроз валідності лонгїтюдних досліджень і надається опис основних статистичних підходів до аналізу лонгїтюдних схем та їх можливих обмежень для підвищення достовірності ергономічних характеристик оцінювання дослідних зразків льотного обмундирування експертним методом. Вказані у дослідженні особливості алгоритмізації робіт потрібно враховувати при виборі інформаційно-методичних підходів, на базі яких запропоновано розробку методики випробувань.

В роботі проведено теоретичне обґрунтування та практичне використання лонгїтюдного методу оцінки показників якості обмундирування для аналізу рангових оцінок експертною групою при випробуваннях. Обґрунтування теоретико-методологічних положень концепції експертної оцінки та розроблений підхід оцінювання можливо застосувати для визначення достовірної оцінки характеристик інших об'єктів випробувань за статистичними критеріями з наперед заданою ймовірністю.

## **УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ MESH-МЕРЕЖ**

*Ю.А. Хажанець, Ph.D.; В.П. Ясинецький, к.військ.н., доц.;  
Г.В. Мильников, к.військ.н., доц.; О.В. Білоус  
Національний університет оборони України*

Успішне вирішення поставлених завдань залежить не тільки від співвідношення сил і засобів збройної боротьби, а й від якості управління. В умовах сьогодення роль управління значно зросла тому не випадково провідні вчені і фахівці порівнюють його з додатковим бойовим потенціалом, а так як система зв'язку є складовою системи управління то і її роль теж значно зросла.

В умовах російсько-української війни противник всіляко намагається порушити управління військами через знищення засобами вогневого ураження засобів зв'язку, або шляхом їх подавлення засобами радіоелектронної боротьби.

Mesh-мережі можуть значно покращити ефективність управління військами в умовах бойових дій, адже вони більш стійкі до впливу противника. Якщо один чи декілька вузлів мережі виходять з ладу, інші вузли можуть продовжувати забезпечувати зв'язок через альтернативні шляхи. Тобто мережа швидко адаптується до змін у її топології. Це особливо важливо в умовах ведення бойових дій, коли зв'язок може бути обмеженим або змінюватися через рух військ або інші обставини. Також mesh-мережі можуть забезпечити більшу безпеку комунікацій шляхом застосування шифрування, автентифікації та інших заходів безпеки. Це особливо важливо в умовах, коли військова інформація може бути цільовою для кібератак. Mesh-мережі підтримують різні сервіси зв'язку з передачею голосу, даних та відео. Це дозволяє командам взаємодіяти між собою та обмінюватися інформацією в реальному часі, що підвищує оперативність і ефективність ведення бойових дій.

У цілому, mesh-мережі можуть значно поліпшити ефективність управління військами в умовах бойових дій, забезпечуючи зв'язок, який є необхідним для координації дій та прийняття рішень.

## **ТЕХНОЛОГІЯ VPN ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ПІДРОЗДІЛІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*О.В. Федін<sup>1</sup>, к.т.н.; О.О. Лаврут<sup>2</sup>, д.т.н., проф.; В.О. Федін<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Військовий коледж сержантського складу військового інституту телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут;*

*<sup>2</sup>Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

*<sup>3</sup>Полтавський державний аграрний університет*

В умовах російсько-української війни питання захисту інформації, яка циркулює між підрозділами Сил безпеки і оборони України, має надзвичайне значення. Ворог намагається тиснути на всіх напрямках: військовому, дипломатичному, економічному, інфокомунікаційному, медійному, психологічному тощо. Розвідка противника постійно веде пошук інформації, використання якої може завдати шкоди національній безпеці України. Під особливою увагою противника перебуває робота силових структур, зокрема, Збройних Сил України. Тому створення надійного, безпечного та швидкого каналу зв'язку між територіально рознесеними підрозділами ЗС України є однією із першочергових задач сьогодення.

В доповіді пропонується для вирішення питання захисту конфіденційної інформації використання віртуальної захищеної мережі за технологією VPN (Virtual Private Network), як значно дешевшої та раціональнішої з точки зору використання обмежених ресурсів. В такій мережі захист інформації забезпечується за рахунок аутентифікації користувачів, криптографічному шифруванні даних, перевірці достовірності та цілісності інформації, що передається. Застосування технології VPN дозволить об'єднати окремі ПЕОМ або локальні мережі підрозділу у віртуальну мережу, яка забезпечить дотримання всіх належних вимог щодо цілісності та безпеки даних, а також захистить від несанкціонованого доступу з боку зловмисників.

## **АВТОМОБІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ**

*С.Ю. Костюк*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Електричні та гібридні транспортні засоби не могли б бути розроблені та вироблені без широкого використання електроніки, а перевірені технології безпеки такі як електронний контроль стійкості, не могли б бути впроваджені. Ці складнощі також створюють загальні проблеми в галузі надійності, та забезпечення безпеки транспортних засобів, що дедалі більше об'єднуються в мережу і використовують електроніку.

Електроніка забезпечує багато функцій безпеки, захисту, зручності, комфорту та ефективності для операторів транспортних засобів через взаємозв'язок і комунікацію з іншими бортовими електронними системами. Загальні комунікаційні мережі та протоколи дозволяють обмінюватися інформацією між датчиками, виконавчими механізмами та електронними блоками управління, які виконують програмне забезпечення для певних

функцій. Транспортний засіб, як правило, має кілька мереж. Обмін даними між кількома мережами повинен бути захищеним від негативного впливу на системи, критичні з точки зору безпеки. Крім того, аномалії, пов'язані з електронними системами – в тому числі пов'язані з програмним забезпеченням, переривчастістю роботою електроніки апаратними несправностями і впливом електромагнітних збурень можуть не залишати фізичних доказів, а отже, їх важко дослідити без запису даних з електронних систем.

Враховуючи складність цих нових систем з точки зору необхідного додаткового електронного програмного та апаратного забезпечення.

### **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ СВОЄЧАСНОСТІ РОЗВІДУВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

*І.В. Пасько, к.т.н., с.н.с.*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

У сучасних умовах забезпечення органів управління артилерії своєчасними даними про об'єкти ураження є однією з важливих вимог до роботи пункту управління артилерійською розвідкою (ПУАР). Своєчасність розвідувальної інформації (РІ) визначається ступенем її старіння, яка, у свою чергу, залежить від можливостей ПУАР щодо оброблення відомостей і можливостей залишення об'єктом займаних позицій (району) до початку його ураження. Вона визначається шляхом порівняння часу їх оброблення і часу виявлення об'єкта (цілі) з урахуванням характеру його дій і ступеня рухливості.

Своєчасність РІ про об'єкт можна визначити за допомогою такого показника, як ймовірність своєчасності розвідувальних даних. Разом з тим, необхідно урахувати фактори, які впливають на ймовірність своєчасності розвідувальних даних, а саме: час перебування об'єкта противника в незмінному положенні; час на визначення координат об'єкта і передачі розвідувальних відомостей (РВ) від засобу розвідки; час на збір РВ; час на оброблення РВ; час доведення розвідувальних даних до органів управління або вогневих підрозділів.

У якості шкали оцінювання актуальності розвідувальних даних за розрахованою ймовірністю своєчасності розвідувальних даних може використовуватися вербально-числова шкала Харрінгтона.

За розвідувальні дані для підготовки стрільби артилерії приймаються лише ті, які мають ймовірність своєчасності не менше 0,8. При цьому раціональним часом на збір, оброблення та доведення розвідувальних відомостей (даних) про об'єкти є час, який складає не більше третини часу їх перебування у незмінному положенні.

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КРИПТОВАЛЮТИ В ІНТЕРЕСАХ СЕКТОРУ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ**

*С.С. Стефанцев; М.А. Кобиляр; Г.С. Кравченко; А.В. Онисько*  
*Воєнна академія ім. Євгенія Березняка*

У сучасних умовах воєнного стану в Україні інформація є однією з ключових цінностей, а захист кіберпростору та забезпечення безпеки інформації стали надзвичайно важливим завданням для сектору безпеки і

оборони. Однією з інноваційних технологій, яка здобула популярність в цьому контексті, є криптовалюта.

Криптовалюта – це цифровий або віртуальний актив, який використовує криптографію для забезпечення безпечних транзакцій та контролю створення нових одиниць. Основними принципами криптовалюти є децентралізація та анонімність. Існує багато різних криптовалют, але найбільш відомими є Біткойн, Ефіріум, Лайткоїн, Ріпл та Кардано. Кожна з цих криптовалют має свої унікальні характеристики.

Криптовалюта надає можливість забезпечити анонімне та безпечне фінансування для сектору безпеки і оборони, зменшуючи ризики фінансових операцій. Технології блокчейн, які лежать в основі більшості криптовалют, можуть бути використані для підвищення рівня кіберзахисту, забезпечуючи безпеку інформаційних обмінів. Системи ідентифікації на основі технологій блокчейн можуть сприяти покращенню процесів автентифікації та контролю доступу в критичних об'єктах.

Звичайно, використання криптовалюти має свої ризики. Наприклад, курси криптовалют можуть дуже сильно змінюватися, що може викликати труднощі в управлінні фінансами.

Таким чином, використання криптовалюти в секторі безпеки і оборони може принести багато переваг, але водночас вимагає обережного підходу через виклики та ризики. Ефективне впровадження та регулювання дозволить максимізувати позитивний вплив цієї інновації в секторі безпеки і оборони.

## **RESEARCH THE WAYS OF NEURAL NETWORKS USING FOR WEATHER FORECASTING FOR AVIATION OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE NEEDS**

*A. Voronin; O. Dyakiv; Y. Shevtsov; O. Ivanov  
Ivan Kozhedub National Air Force University*

The task of improving the efficiency of weather forecasting (WF) methods is a topical one for science. This is due to the complexity of the task, which requires the introduction of the latest methods and improvement of the tools that can be used for this purpose.

Meteorological conditions and atmospheric phenomena can significantly affect aviation activities and even limit them. Thus, ensuring flight safety and the effectiveness of flight operations depend on the reliability of WF. The task of increasing the reliability of WF is also due to the fact that information about future meteorological conditions is integrated into all stages and processes of flight preparation and execution.

One of the promising areas for improving WF is the use of artificial neural network (ANN) algorithms. ANNs are gaining popularity as a WF tool because they are capable of processing large amounts of data and finding complex patterns and nonlinear dependencies. ANNs have significant potential to improve WF for aviation. A detailed study of the effectiveness of ANNs for WF in certain geographical locations can be the basis for the introduction of ANNs in the activities of meteorological units on airfields of the Armed Forces of Ukraine aviation.

The report presents:

- prerequisites for the prospective use of ANNs for WF in the interests of aviation;
- requirements and conditions for the use of ANNs for WF;

- stages of construction and preparation for the use of ANN;
- summarised conclusions of published research results on the use of ANNs for meteorological data forecasting.

## **ANALYSIS OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AVIATION METEOROLOGY**

*O. Ivanov; O. Dyakiv; A. Voronin; I. Laptev  
Ivan Kozhedub National Air Force University*

Aviation operations are limited by meteorological conditions (MC). The reliability of weather forecasting (WF) and consideration of the physical state of the atmosphere significantly affects flight safety and the efficiency of aviation flight operations. Meteorological information (MI) is integrated into the planning, preparation, decision-making, conduct of flights and the actual performance of flight tasks by aircraft crews.

Aviation meteorology (AM) focuses on hazardous weather events and the promptness of the formation of an WF. Meteorologists use all available data, tools, methods and combinations of technologies to develop the forecast. The development of AM has the following trends:

- building emergency response models with automated analysis of meteorological data, including the use of artificial neural networks;
- development and implementation of automated flight route planning systems with consideration of MC;
- expanding the network of automated ground and aerospace meteorological stations;
- development of methods for remote acquisition of data on atmospheric phenomena, as well as systems for receiving and exchanging MI;
- implementation of the concept – aircraft (manned, unmanned) as an automatic sensor and MI sensor;
- expanding access to real-time MI;
- introducing the latest methods of visualisation of MI and integration of MI with air traffic control systems.

Thus, the development of AM is mainly based on the use of the latest information technologies in managing the processes of receiving, transmitting, exchanging, processing and analysing meteorological data and generating aviation traffic.

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ПОТОКУ ВІДЕОДАНИХ З БПЛА В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

*В.Г. Оніщенко*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

В контексті створення аналітичної складової опрацювання потоку відеоданих з БПЛА в онлайн режимі, розробники стикаються з численними викликами, які пов'язані з побудовою систем збору та передачі даних, обробкою і аналізом відеопотоку, машинним навчанням для виявлення аномалій, інтеграцією геопросторових даних, візуалізацією та поданням

інформації. Нижче наводиться інформація стосовно окремих проблемних питань та можливих шляхів їх вирішення.

Системи збору та передачі даних:

Проблема: зменшення пропускнуої здатності відеопотоку.

Рішення: використання технологій стиснення відео, оптимізація алгоритмів передачі та можливість розподіленого збору даних.

Машинне навчання для виявлення аномалій:

Проблема: нестабільність даних та недостатня кількість маркованих прикладів.

Рішення: використання технік посилення навчання (reinforcement learning) та систем для автоматичної адаптації моделей.

Інтеграція з геопросторовими даними:

Проблема: різні формати та джерела даних.

Рішення: використання стандартів геопросторової інформації та розробка адаптерів для різних систем геопозиціонування.

Система візуалізації та подання інформації:

Проблема: відсутність ефективних інтерфейсів для операторів для аналізу великих потоків відеоданих.

Рішення: розробка програмних рішень візуалізації та навігації.

Практична реалізація вказаного сприятиме забезпеченню високої ефективності та надійності систем аналізу великих потоків відеоданих з БПЛА в реальному часі.

## **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ**

*А.Г. Павленко, к.т.н.; В.І. Лільчицький; О.О. Акимов, к.т.н.; Р.В. Холодний  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Надійність є однією з основних характеристик інформаційних систем, які підлягають оцінюванню в ході випробувань.

Відповідно до нормативних документів Міністерства оборони України та Збройних Сил України системи ситуаційної обізнаності (СО) як інформаційні системи підлягають випробуванням таких категорій: попередні, що проводяться на етапі розробки, та приймальні, що проводяться на етапі впровадження.

Особливості оцінювання надійності систем СО при проведенні приймальних випробувань обумовлені наступним:

– особливістю структури систем, до складу яких входять компоненти, функціонування яких засновано на фізичних явищах та принципах дії, що суттєво відрізняються;

– обмеженістю термінів проведення приймальних випробувань та ресурсів на їх проведення, що унеможливує планування та проведення повноцінних випробувань на надійність.

До складу систем СО входять: апаратні та програмні засоби (ПЗ), сенсорне та комунікаційне обладнання, тобто основними компонентами є технічні вироби та ПЗ. Методології оцінювання надійності технічних виробів та ПЗ, викладені у національних та міжнародних стандартах, суттєво відрізняються, хоча мають деякі спільні засади.

Для оцінювання надійності технічних виробів за експериментальними даними рекомендовано застосовувати положення ДСТУ 3004-95 та ДСТУ 8647:2016. Проте, умови приймальних випробувань, зазначені вище, не дозволяють формувати репрезентативні вибірки відповідно до визначених стандартами планів випробувань на надійність, апріорна інформація про вид закону розподілу показників надійності відсутня, результати дослідів утворюють, як правило, цензуровані вибірки малих обсягів.

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ВІЙСЬКОВИМИ СОЦІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ**

*В.Г. Хлань, к.т.н., с.н.с.*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Управління складними військовими соціально-технічними системами в сучасних умовах вимагає інтеграції інформаційно-аналітичного забезпечення для досягнення ефективності та стабільності в операційних сценаріях. Автоматизація цього процесу є критичним фактором в контексті адаптації до динамічних змін оперативної обстановки при вирішенні ключових завдань у сфері забезпечення державної безпеки.

До пріоритетних задач за визначеним напрямом можна віднести розробку і впровадження інтелектуальних систем безпеки, що базуються на передових методах штучного інтелекту; автоматизацію процесу адаптації системи управління до складності об'єкта управління; подальше втілення інтелектуальних технологій в процес автоматизації інформаційно-аналітичного забезпечення військових соціально-технічних систем. Вирішення вказаних задач дозволить ефективно виявляти та протидіяти кібератакам, забезпечуючи при цьому високий рівень безпеки. При цьому технічна оптимізація, включаючи розробку та вдосконалення алгоритмів виявлення загроз, є необхідною складовою для досягнення ефективності цих систем. В свою чергу, автоматизація інформаційно-аналітичного забезпечення є ключовим елементом для ефективного управління складною військовою соціально-технічною системою. Застосування інтелектуальних технологій та автоматизованих засобів забезпечення безпеки, конфіденційності та адаптації дозволить забезпечити стійкість та гнучкість в управлінні такими системами, враховуючи вимоги сучасного технологічного середовища.

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНТЕРЕСАХ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ВІЙСЬКОВОГО ВИШУ**

*С.А. Радзіковський; В.О. Колесник*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

У контексті російсько-української війни актуалізувалась проблема адаптації національної вищої освіти до відповідних європейських і натовських стандартів, за якими основоположною метою закладу вищої освіти повинна стати підготовка випускників до майбутньої професійної діяльності з її поліфункціональністю, багатоаспектністю, чисельними протиріччями, тощо. Усі ці вимоги мають безпосереднє відношення до фахової підготовки

майбутніх офіцерів у військових вишах, не виняток – Національна академія сухопутних військ (НАСВ), де інформаційні технології (ІТ) докорінно змінили підходи до організації навчального процесу.

Серед ІТ, що ефективно використовуються в ході навчального процесу у НАСВ, слід відмітити такі: мультимедійні системи (CD-sys), електронна пошта (e-mail), голосова електронна пошта (v-mail), електронний підручник, навчальний посібник (e-tbook), електронний бібліотечний каталог (e-libr), банк даних (db), локальні та розподільчі (глобальні) обчислювальні системи (LAN/WAN) тощо.

Основою сучасної освітньої системи є високоякісні навчальні продукти, створені засобами ІТ. Серед них – електронні підручники, навчальні посібники, тестові комп'ютерні системи, електронні карти, електронні розрахункові завдання, які передбачають інтерактивні процеси навчання та забезпечують формування електронного навчального середовища вишу.

Таким чином, систематичне та організоване використання новітніх ІТ у навчальному процесі військового вишу сприяє підвищенню рівня оволодіння навчальним матеріалом, проте його ефективність залежить від наявності сучасних інформаційних систем, методичного забезпечення навчальних дисциплін та електронної інформаційної бази для відбору навчального матеріалу.

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО МЕТОДУ ПОБУДОВИ КОДУ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛІЗОВАНИХ БЛОК-СХЕМ**

*Р.Г. Макаренко; С.В. Панасенко*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Програмне забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах має відповідати вимогам зручності і ергономічності під час користування. А при побудові користувацького інтерфейсу має досягатися максимальний рівень простоти і інтуїтивності.

Інтерактивний метод побудови коду на основі візуалізованих блок-схем працює по принципу систем з низьким рівнем коду і дає змогу не тільки будувати алгоритми у візуалізованому форматі, а і розширювати послідовності алгоритму за допомогою додавання спеціальних умов.

Інкапсулювання логіки дає змогу перевикористовувати вже існуючих базові алгоритми для потреб реалізації більш специфічних сценаріїв.

Отримані візуальні блок-схеми автоматично конвертуються в програмний код, з дотриманням описаних послідовностей, умов виконання, а також вхідних і вихідних параметрів.

Одним із засобів використання інтерактивного методу побудови коду на основі візуалізованих блок-схем є застосування даного методу при створенні схем розсилки кореспонденції у Система Електронного Документообігу (СЕДО). Даний підхід сприяє полегшенню сприйняття користувачем послідовностей виконання алгоритму через візуалізацію. Спрощує опанування системи користувачем через відсутність потреби вивчати мови програмування, чи пропріетарні механізми налаштувань. І збільшує гнучкість при побудові складних багаторівневих алгоритмів за рахунок інкапсуляції і перевикористання вже існуючих алгоритмів з бібліотеки базових чи новостворених алгоритмів користувачами.



## **СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЬ**

*О.А. Чечин*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В умовах агресивної війни російської федерації проти України особливої актуальності набуває проблема інформаційного забезпечення навчального процесу. Робота у відриві від місць постійної дислокації ускладнює організацію освітньої діяльності та проведення навчальних занять.

Для вирішення питань пов'язаних з інформаційною підтримкою усіх видів навчальних занять була розроблена та впроваджена у навчальний процес система інформаційної підтримки “Равлик”. По своїй архітектурі “Равлик” кардинально відрізняється від звичайних систем управління навчанням і не потребує підключення до Інтернету, що повністю виключає можливість зламу, кібератак та стороннього втручання з боку глобальних комп’ютерних мереж.

Система “Равлик” є індивідуальним цифровим інструментом викладача, яка створює в аудиторії цифрове інформаційно-освітнє середовище. Великою перевагою системи “Равлик” є можливість повної цифровізації роботи викладача, а саме – відмови від друкованих методичних розробок, планів, завдань та навчальних посібників, що економить матеріальні ресурси та час викладача.

Розробка методики використання та впровадження системи у навчальний процес відбувалися в рамках педагогічного експерименту, який проводився на базі Військового коледжу сержантського складу ХНУПС. В теперішньому варіанті “Равлик” містить цілий набір цифрових методичних комплексів навчальних дисциплін та корисних цифрових інструментів. Потужність системи дозволяє обслуговувати більше 100 одночасних бездротових підключень клієнтів.

## **СЕКЦІЯ 10**

### **РОЗВИТОК ОЗБРОЄННЯ, ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА СПОСОБІВ ЗАСТОСУВАННЯ ВІЙСЬК ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ. ПРОТИПОВІТРЯНА ОБОРОНА ВІЙСЬК В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ**

Керівники секції: полковник Черевашенко Ю.А.;  
к.т.н. доц. полковник Кадубенко С.В.  
Секретар секції: к.т.н. доц. пр. ЗС України Піскунов С.М.

### **ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО РИСК-МЕНЕДЖМЕНТУ В ХОДІ ПЛАНУВАННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ТА ПРОТИРАКЕТНОЇ ОБОРОНИ В ОПЕРАЦІЯХ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ КРАЇН НАТО**

*Г.А. Левагін<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Ю.А. Черевашенко<sup>2</sup>;  
А.Ф. Шевченко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;  
<sup>2</sup>Командування Сухопутних військ Збройних Сил України;*

Позбавлення країни-агресора можливості завдання масованих ракетних в глибині території нашої держави та ракетно-бомбових ударів на лінії зіткнення розглядається воєнно-політичним керівництвом України як один з ключових пріоритетів. В умовах обмеження наявних сил засобів протиповітряної та протиракетної оборони особливої актуальності набуває визначення об'єктивної інформації, щодо наявних ризиків важливим об'єктам та військам для обраного варіанту побудови системи прикриття від ударів з повітря. Відомо, що комплексний процес керування ризиками (CRM – Composite Risk Management) є невід'ємною частиною процесів планування протиповітряної та протиракетної оборони (ППО/ПРО) на оперативному і тактичному рівнях в країнах НАТО. Тому для оптимального розподілу обмежених сил і засобів ППО/ПРО в міжвидових операціях важливо мати відповідний методологічний апарат для визначення та керування ризиками з урахуванням взаємної сумісності з країнами-партнерами.

В доповіді розкрито зміст супроводжуючих процесів CRM під час планування ППО/ПРО в країнах НАТО на етапах визначення небезпек (Identify Hazards), оцінювання ризиків (Risk Assessment), розроблення та впровадження засобів керування ризиками (Develop and Implement Controls) та процедур контролю та аналізу (Supervise & Review) в тому числі оцінювання значення залишкового ризику (Residual Risk). Також наведений зміст взаємодії результатів на кожному етапі CRM з основними процедурами MDMP та JOPP планування на тактичному та оперативному рівнях за стандартами НАТО.

**JUSTIFICATION OF THE NEED FOR MODIFICATION  
OF THE AUTONOMOUS ACQUISITION CHANNEL  
OF THE 9K330 SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM "TOR"**

*D. Khitalenko; S. Kadubenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the most important indicators of the capability of an anti-aircraft complex is the mathematical expectation of target destruction, which in turn consists of many variables. We propose to consider the coefficient of combat readiness, which is directly proportional to the operating time of the complex before restoration and inversely proportional to the repair time.

The 9K330 "Tor" surface-to-air missile (SAM) system stands out from other Army Air Defence systems by its ability to verify its systems for serviceability, but there are exceptions even in this system.

The autonomous acquisition channel of the guidance station is not checked during automated functional testing, meaning that the serviceability of the autonomous acquisition channel cannot be verified until the missile is launched. Additionally, there is no duplication of this channel.

The function of the autonomous acquisition channel is to measure the parameters of the missile's motion during the initial stage of the missile's flight, known as "tilt". The functioning process of the guidance loop and the components of the missile in flight were considered. A mathematical model of the missile's flight during the "tilt" stage was constructed. Using data from this model allows for the creation of a redundant channel for missile guidance at the initial stages of flight.

The use of such an approach should allow for reducing the time to detect faults in the missile guidance system, increase the reliability of missile control, and ultimately increase the combat readiness coefficient of the "Tor" SAM system.

**ANALYSIS OF METHODS FOR AIR TARGETS SEARCHING IN MODERN  
MULTIFUNCTIONAL RADARS WITH PHASED ANTENNA ARRAY**

*S. Prokhorenko; S. Piskunov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Chumak  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To counter russian armed aggression, our country requires new technological solutions in the field of weapons and military equipment. Although the use of phased antenna arrays (FAA) technology in radars is not a new idea, it is becoming more widespread in modern radars, in particular, in the weapons supplied by NATO partner countries to deter russian armed aggression. The report analyses the main existing methods of searching for air targets in radars with FAA, identifying their advantages and disadvantages.

The scanning method is a change of beam direction by means of electronic control of the signal phases of individual emitters. This method allows to change the search sector quickly and flexibly, as well as to implement various types of scanning: linear, circular, sectoral, conical, etc. Oscillation method – changing the direction of the beam by means of mechanical or electronic movement of the antenna or its part. This method allows you to increase the beam width and cover a larger search area.

Synthesis method – creation of several beams with different directions and parameters by means of a linear combination of signals from individual emitters. This method allows you to simultaneously perform various search, tracking, altitude determination, terrain flight tasks, etc. The adaptive search method is a method that uses a change in the beam parameters of the radiation pattern depending on the search conditions, target characteristics, and obstacles.

Stochastic search method - a method that uses random changes in the parameters of the beam of the radar pattern to create an unpredictable search mode, which complicates countermeasures by the air enemy.

### **DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE ANTI-AIRCRAFT ROUND MOVEMENT OF THE SELF-PROPELLED ANTI-AIRCRAFT GUN "GEPARD"**

*S. Piskunov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Filippenkov<sup>2</sup>, Ph.D.; D. Startsev<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification*

The war of the Russian Federation against Ukraine has shown that the enemy extensively utilizes precision weapons. Achieving high effectiveness in countering precision weapons can be attained through further enhancing the efficiency of anti-aircraft artillery fire. The effectiveness of conducting anti-aircraft fire will largely depend on accurately compiled and stored firing tables for specific artillery armament in the memory of digital counting devices.

To address this issue, it is necessary to develop mathematical methods and create models describing the movement of anti-aircraft rounds in the air during firing from anti-aircraft artillery guns, which are part of the armament of the Army Air Defence.

The report presents the results of developing a mathematical model of the movement of a 35mm anti-aircraft round, taking into account the influence of external and internal shooting factors. The mathematical model is implemented using the Mathcad package. It allows finding the parameters of the overall shooting error distribution law and forming firing tables for 35 mm rounds. Based on the input values, this model enables determining the probabilities of hitting the target with a 35mm round at any point of its flight.

The model can be used for research purposes to explore further directions for the modernization and combat application of the Self-propelled anti-aircraft gun (SPAAG) "GEPARD".

### **РАДИОЛОКАЦІЙНЕ РОЗСНОВАННЯ МОДЕЛЕЙ ТАКТИЧНИХ БІЛІА РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ І РОЗМІРІВ У ДЕЦИМЕТРОВМУ ДІАПАЗОНІ ХВИЛЬ**

*Г.С. Залевський, д.т.н., с.н.с.; Ю.О. Галкін  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Збройними Силами України достатньо ефективно застосовуються РЛС дециметрового діапазону як одні з найважливіших джерел отримання радіолокаційної інформації про повітряні об'єкти під час відсічі російської

збройної агресії. В наведеній доповіді розглядаються результати комп'ютерного моделювання характеристик вторинного випромінювання моделей БпЛА різної конструкції і розмірів у дециметровому діапазоні хвиль. Для отримання результатів комп'ютерного моделювання застосовано електродинамічний метод, заснований на розв'язанні інтегральних рівнянь. Особливістю застосованого методу є тещо він дозволяє моделювати радіолокаційні відгуки таких об'єктів, що містять як металеві так і діелектричні складові власної конструкції.

Вплив конструкції та розмірів БпЛА на інтенсивність його вторинного випромінювання у зазначеному діапазоні відображають діаграми зворотного вторинного випромінювання чотирьох моделей БпЛА на двох ортогональних поляризаціях і різних частотах дециметрового діапазону.

Отримані результати дозволяють визначити загальні властивості радіолокаційного розсіювання повітряних об'єктів резонансних розмірів у дециметровому діапазоні хвиль.

Практичну реалізацію даних, що дозволяє отримати розроблений пакет прикладних програм доцільно використовувати як при оцінюванні можливостей існуючих і перспективних РЛС дециметрового діапазону щодо виявлення і супроводження БпЛА різних типів, так і при проектуванні вітчизняних літальних апаратів із зменшеним рівнем радіолокаційної помітності.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ОБСЛУГАМИ ЗГРК 2К22 “ТУНГУСКА”**

*В.В. Кобзев, к.т.н., с.н.с.; А.Л. Ковтунов, к.т.н.; О.А. Наконечний, к.т.н., доц.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Повномасштабне вторгнення російської федерації загострило проблему відсутності апаратного оснащення пунктів управління (ПУ) підрозділів протиповітряної оборони Сухопутних військ та вогневих засобів ЗГРК 2К22 “ТУНГУСКА”, яке надавало змогу автоматично видавати цільовказівку для зменшення робітного часу бойових обслуг. Особливо це відчувається під час масованих комбінованих ракетно-авіаційних ударів по військам та об'єктам, в умовах значного збільшення кількості літаків та вертольотів в ударах. Слід відмітити, що попередньо передбачалося встановлення на вогневих засобах спеціальної апаратури зовнішньої цільовказівки “АВЦУ”, про що згадується в окремих експлуатаційних документах. Втім, у складі зразків озброєння, що перебувають у підрозділах протиповітряної оборони Сухопутних військ, такої апаратури немає. Перспективним шляхом вирішення цього питання є розробка автоматизованого робочого місця (АРМ) начальника обслуги виробу 2С6, яке б мало зв'язок з відповідним АРМ ПУ підрозділу протиповітряної оборони.

Визначені основні вимоги щодо конструктивного виконання та програмного забезпечення кожного з модулів. Крім того, розроблено спосіб взаємодії запропонованого АРМ з багатофункціональною системою відображення повітряної обстановки, яка, в свою чергу, має замінити індикатор кругового огляду (блок ОИ-1). Для реалізації взаємодії запропонований спосіб обміну інформацією між автоматизованими робочими місцями ПУ та автоматизованим робочим місцем вогневого засобу за допомогою сучасних радіостанцій з цифровим каналом обміну та шифруванням AES-256.

## **ALTERNATIVE METHOD OF PROTECTION AIR DEFENSE FORCES OF THE GROUND FORCES AGAINST THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC WEAPONS**

*P. Kalnytskyi; M. Iasechko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The significant development of electromagnetic weapons puts under attack the existing anti-aircraft weapons equipped by the Air Defence Forces of the Ground Forces.

Ensuring the normal functioning of the Ground Forces air defence forces requires the use of modern defence technologies.

In contrast to known natural (plasma) technologies, it is proposed to solve the problem of the Air Defence Forces of the Ground Forces protection using photoionization technology to create a highly conductive channel in the waveguide path of Air Defence Forces of the Ground Forces to protect the receiving system of Air Defence Forces of the Ground Forces from the destructive influence of electromagnetic pulse.

The implementation of this technology of creating a highly conductive channel in the waveguide path of the Air Defence Forces of the Ground Forces system is possible with the help of photoionisation, taking into account the artificially created atmospheric pressure in the Air Defence Forces of the Ground Forces waveguide.

## **USE OF MOBILE FIRE GROUPS FOR THE PROTECTION OF THE AIR SPACE OF UKRAINE**

*B. Kruk, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
P. Martynenko; O. Gurin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the moment, Ukraine lacks air defense equipment. Russia's attacks on Ukraine's critical infrastructure with Shahed drones and cruise missiles have significantly depleted Ukrainian air defense and it needs to be strengthened. Currently, protection is concentrated around cities, objects of important infrastructure, on the directions that the state needs to protect. The enemy is constantly changing tactics. At first, the occupiers used drones singly during the day, then struck in groups, after which they decided to carry out point strikes at night.

To strengthen the protection of the airspace of Ukraine, mobile fire groups (MFG) are being created, which are an integral part of the modernized art of war. Equipped with advanced technologies and high mobility, they are able to effectively hit enemy air targets. The group consists of trained fighters who train regularly, because shooting down an aerial target is a difficult task.

Providing effective protection against air threats is an extremely important task for the Defense Forces of Ukraine. The speed, maneuverability and training of mobile fire groups, which are designed to attack enemy air targets both day and night, makes it possible to effectively use their work during enemy attacks from the air. Saturating our air defense system with such groups increases the effectiveness of the defense as a whole. According to the Air Force, more than 80% of drones are destroyed by mobile groups.

The main advantage of MFG compared to stationary complexes is quick deployment – it takes up to ten minutes. In addition, mobile groups are able to move

on the terrain depending on the direction of enemy detection. Also, they do not need a large number of people. In particular, the crew can include up to four people: a driver, a machine gunner, a MANPADS operator and a group commander. MFGs operate in the areas where other types of weapons cannot be used, such as fighter aircraft or anti-aircraft missile systems.

The state should increase the number of mobile fire groups in order to use the available weapons more rationally. In particular, the MFG needs to be provided with high-passability vehicles in order to quickly direct the group to the Shahed drone route, which can maneuver during the attack. At the same time, the radius of action of the mobile fire group is limited. Thus, MANPADS is capable of destroying air targets at a distance of up to 4 kilometers, and a machine gun is effective at a radius of 1-2 kilometers.

Mobile fire groups must be armed with anti-aircraft guns, large-caliber machine guns, thermal imaging equipment, night vision devices, searchlights, and laser pointers. It is also proposed to increase the situational awareness of the groups and provide them with small-sized mobile means of detecting aerial targets.

### **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕСТ-ТРАКТОВИХ СХЕМ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ РАДІОТЕХНІЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ БОЙОВОЇ МАШИНИ 9А33БМЗ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ**

*Н.О. Корнійчук; Ю.В. Литвиненко; А.Ф. Шевченко, к.т.н., доц.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід отриманий за результатами технічної експлуатації зенітного ракетного комплексу 9К33МЗ в умовах ведення бойових дій вказує на те, що найбільш складною та трудомісткою операцією при ремонті бойових машин (БМ) 9А33БМЗ є пошук відмов та несправностей в радіотехнічній апаратурі (РТА). Це має з декілька пояснень: по-перше наявна система контролю працездатності не завжди забезпечує повноту контролю та достовірність отриманих висновків, що працездатності зразка; по-друге існуюча система вбудованого контролю працездатності РТА БМ забезпечує проведення лише неавтоматизованого діагностичного методом послідовних по елементних перевірок з низькими показниками оперативності контролю. Застосування більш ефективних методів послідовних групових перевірок та комбінованого методу утруднено відсутністю наявних тест-трактових схем пошуку несправностей в РТА які не передбачено експлуатаційною документацією.

В доповіді представлені результати розробки тест-трактових схем для пошуку несправностей у тих системах РТА БМ, які мають порівняно гірші значення експлуатаційних показників безвідмовності роботи та ремонтно-придатності. Наведено результати оцінювання показників оперативності та достовірності контролю при застосуванні запропонованих тест-трактових схем пошуку несправностей.

Показано, що застосування тест-трактових схем пошуку несправностей є доцільним, особливо при проведенні пошуку відмов РТА БМ підрозділами технічного забезпечення у польових умовах.

**RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE USE OF THERMAL IMAGING DEVICES AS A MEANS OF AIMING IN NIGHT CONDITIONS ON COMBAT VEHICLE 9A34M2**

*O. Nakonechnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Kyianytsia; I. Medved  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The intensive use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and strike UAVs by the Russian Federation during the aggressive war against our country requires the search for quick and effective solutions to destroy targets of this class both during daylight and at night. Open expert assessments indicate that the intensity of conducting aerial reconnaissance and adjusting fire strikes on ground targets in nighttime conditions by the enemy remains unabated. Therefore, a significant solution to destroy enemy UAVs in nighttime conditions has become the use of thermal imaging devices as means of guiding surface-to-air guided missiles (SAMs) 9M37, 9M333 at night. Therefore, the use of thermal imaging devices for targeting may be appropriate and requires analysis.

The report considers the application of a combined opto-electronic device designed for terrain reconnaissance and observation of specific user-selected objects in any lighting conditions, with limited visibility, for active measurement of distance to the selected object by means of a laser rangefinder safe for human eyes, video recording of images on built-in flash memory at distances of  $3000 \text{ m} \pm 15\%$  at ambient temperatures from  $-30^\circ$  to  $+55^\circ$  with relative air humidity not exceeding 95% and atmospheric precipitation in the form of rain, hail, snow, as well as fog and smoke.

This device is mounted on a launch vehicle in a protective casing.

With the help of this device, the operator can detect enemy aerial targets in nighttime conditions and destroy them.

**ANALYSIS OF THE DETECTION ZONE PARAMETERS OF THE 2S6 SELF-PROPELLED ANTI-AIRCRAFT GUN TAKING INTO THE ACCOUNT THE CHARACTERISTICS OF THE SECONDARY RADIATION OF FIRE SUPPORT HELICOPTERS**

*M. Brechka, Candidate of Technical Sciences; D. Sydorenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Throughout the entire duration of the Russian-Ukrainian war, the enemy continues to launch missile and aviation strikes on Ukrainian territory. The enemy actively uses fire support helicopters (FSC) to enhance the effectiveness of the actions of the Ground Forces (GF).

In order to reduce flight time and increase the combat radius of action of helicopters, the enemy deploys airfields near the state border of Ukraine (SBU) and in the occupied territories of Ukraine. Destroying FSC is a pressing task for the Army Air Defence of the Armed Forces of Ukraine (AFU).

The effectiveness of employing means to destroy aerial enemy can be significantly increased by solving tasks of radar detection, recognition, assessment of the functional state of individual targets, and anticipating their actions.

Parameters of rotor modulation spectra, caused by the rotating blades of helicopter engines, can be used as recognition features of FSC with rotary engines.



The radar characteristics of the Mi-24 helicopter model have been analyzed in various frequency ranges. Circular mean and median values of the effective scattering area (ESA) of the Mi-24 helicopter have been evaluated.

The main tactical and technical characteristics (TTC) of the target detection station (TDS) of the 2S6 self-propelled anti-aircraft gun (SPAAG), which affect the detection range, have been analyzed. Detection ranges of the Mi-24 helicopter by the 2S6 TDS have been obtained for ten-degree azimuth sectors (with a conditional probability of correct detection of 0.9 and 0.5).

### **ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КАНАЛУ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ЗЕНІТНИМИ КОМПЛЕКСАМИ БЛИЖНЬОЇ ДІЇ**

*М.Ю. Дергоусов, д.філос.; І.Л. Медведь; С.С. Кравченко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сучасну армію неможливо уявити без безпілотних літальних апаратів (БПЛА), адже вони вказують на ціль, наводять артилерію, коригують вогонь, передають розвіддані прямо до штабу військової частини або підрозділу, який виконує бойове завдання, а головне – беруть життя особового складу. В умовах ведення швидкоплинних бойових дій та різкої зміни обстановки застосування БПЛА являється одним з чинників забезпечення розвідувальною інформацією відповідних командирів (начальників) в масштабі реального часу і можливості здійснити вогневий вплив на особовий склад та об'єкти противника.

Різноманітність за принципами використання та призначенням сучасних малорозмірних повітряних цілей передбачає їх подальший розвиток та масовість застосування.

Для боротьби з малорозмірними повітряними цілями, за своїми маневреними та вогневими можливостями, широко використовуються зенітні комплекси (ЗК) ближньої дії (БД).

Для виявлення повітряних цілей ЗК БД, як основний, використовують радіолокаційний спосіб. У ряді випадків малорозмірні повітряні цілі є складною ціллю для існуючих радіолокаційних засобів виявлення. Такі повітряні цілі мають малу ефективну площу розсіювання, через що їх виявлення стає досить складним.

В такому випадку слід застосовувати альтернативні способи виявлення повітряних цілей.

Для покращення розвідувальних можливостей ЗК БД, разом із оптичним каналом, доцільно використовувати тепловізійний. Такий спосіб дозволяє вести повітряну розвідку як вдень, так і вночі та забезпечити режим скритного ведення спостереження.

### **ANALYSIS OF TASKS SOLVED BY MULTI-FUNCTIONAL RADAR SYSTEMS IN MODERN (PERSPECTIVE) ANTI-AIRCRAFT SYSTEM OF ARMY AIR DEFENCE**

*V. Mehelbei, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; M. Servetnyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the current conditions of armed aggression by the Russian Federation, various types of aircraft are being used, ranging from strategic aviation with a variety of suspended armaments (guided bombs, cruise missiles) to tactical aviation (attack

aircraft, fighters, multi-role and rotary-wing aircraft), as well as small-sized drones with low effective scattering area.

Their complex application poses tasks for anti-aircraft systems regarding effective detection and countering of this type of threat. The report briefly highlights the main tasks performed by the multifunctional radars of the prospective anti-aircraft complexes and their possible implementation, namely: detection of aerial targets, determination of their parameters such as azimuth, range, altitude, and speed of movement; tracking and targeting of fire means (missiles, guns) on the target. Effective allocation of energy resources in the multifunctional radar system (MFRS) of the air defense missile system (ADMS) is key to ensuring its multitasking and high productivity.

Some of the main principles and methods include: Adaptive control – the MFRS automatically adjusts the energy distribution depending on the current situation and task priority; Optimization method – using optimization algorithms to distribute energy among various functions of the MFRS such as detection, tracking, and targeting; Integration of systems – integrating MFRS into a single information network for coordinating resource distribution between stations. These methods allow the MFRS to effectively perform its functions, ensuring high accuracy and speed of response in detecting and intercepting aerial threats.

## **APPLICATION OF MULTIFREQUENCY ANTENNA ARRAYS FOR COGNITIVE RADARS**

*V. Nazarov; S. Tymofietiev;*

*A. Shevchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern anti-aircraft radars must be able to operate in a complex interference environment and against multiple low-altitude and small-sized targets. Cognitive radars can meet these needs. This is a direction of improving radar capabilities by intelligently adapting operating modes and operational parameters in accordance with the properties of the environment and new knowledge gained during operation.

Multi-frequency antenna arrays have a unique opportunity to be used in cognitive radars due to the ability to control the spatial and temporal distribution of radiation energy in space. Such arrays allow implementing the MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output) mode when each element emits a signal with its own average spectrum frequency.

For a cognitive MIMO radar with a multi-frequency array, a methodology for uniform distribution of radiation energy within the range and maximization of the received signal energy in the receiver is proposed.

The algorithm for controlling the parameters of a cognitive radar involves the transformation of a non-convex second-order optimization problem into a convex one, which is solved by the decoupling method and convex optimization methods, which are used, among other things, to find the optimal parameters of multifrequency signals for forming a rectangular envelope by the methods of harmonic phase modulation of signals in the antenna array opening. Simulation results are presented that confirm the feasibility of the proposed approach to increase the secrecy of cognitive MIMO radars without loss of detection quality of received signals.

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ  
ЗЕНІТНИХ КОМПЛЕКСІВ МАЛОЇ ДАЛЬНОСТІ  
ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК**

*О.А. Наконечний, к.т.н., доц.; С.С. Дрібниця  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід застосування підрозділів ППО СВ в ході збройної агресії російської федерації вказує на суттєву складність вирішення завдання технічного обслуговування та ремонту застарілого зенітного озброєння. Виходячи з існуючих проблем та загроз засоби протиповітряної оборони Сухопутних військ (ППО СВ) мають бути здатним виконувати свої завдання у будь-який час доби, взаємодіяти з озброєнням інших родів військ та видів Збройних Сил України, мати високий рівень скритності, надійності, покращені експлуатаційні якості.

Удосконалення зенітних комплексів малої дальності ППО СВ необхідно здійснювати шляхом покращення їх мобільності, заводо захищеності, ступені автоматизації, забезпечення всепогодності і вседобовості, застосування різних видів озброєння, зниження часу реакції.

В доповіді розглядається пропозиції щодо покращення розвідувальних можливостей, скритності, заводо захищеності зниження часу реакції, автоматизації бойових машин ППО СВ.

Запропоновано удосконалити систему обробки радіолокаційної інформації радіолокаційними засобами бойових машин за рахунок впровадження апаратури цифрової обробки радіолокаційної інформації, застосувати оптико-електронний приціл з поліпшеними характеристиками та лазерним дальноміром, перевести на сучасну елементну базу обчислювальні засоби, впровадити нові засоби радіозв'язку та апаратуру приймання і реалізації цілевказування, обміну і відображення радіолокаційної обстановки, апаратуру тренажу, запису та відображення параметрів апаратури і роботи розрахунку, нову систему електроживлення.

**METHODOLOGICAL APPROACH TO JOINT ACTIONS  
OF ARMY AIR DEFENCE UNITS AND ELECTRONIC  
WARFARE IN COMBAT OPERATIONS**

*S. Cherkashyn; O. Lezik, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
V. Nadozhyn  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Analysis of the experience of conducting a liberation war against enemy occupation forces provides grounds for the assertion that future air and anti-aircraft operations will be characterized by spatial scope, high dynamics of combat actions, sharp deterioration in the conditions of using radio electronic command and control systems and weapons, in conditions of massive use of electronic warfare means and precision weapons.

The comprehensive nature of electronic warfare includes not only electronic means, as was possible before, but also a wide range of armament and military equipment (AME). For successful conduct of such type of combat actions, it is necessary to receive, process, and transmit rapidly increasing volumes of information in real-time while maintaining high quality.

In modern conditions, decisive advantage will be held by those who can faster and, most importantly, more effectively apply their firepower and electronic warfare forces and means to disable and suppress the most important (critical) and vulnerable elements of the enemy's armed forces command and control. In this regard, the question arises of which electronic objects or links need to be hit or suppressed first at various stages of the anti-aircraft operation.

Therefore, it is expedient to create tactical air defense units and tactical electronic warfare units, which should be used in conjunction in order to influence the most important (critical) and vulnerable elements of the enemy's armed forces command and control.

### **PROPOSALS TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF THE MOBILE FIRE GROUPS USE TO COVER CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES**

*O. Tokar; V. Stadnichenko; V. Kheilyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of the Russian-Ukrainian war, the armed forces of the Russian Federation had a numerical advantage in air power and in the first two weeks of full-scale invasion increased the number of air attack means (AAM) involved in strikes on troops and targets on a daily basis. In general, the structure of air strikes was consistent with the classic pattern of missile and air strikes against troops and targets, except for a significant increase in the number of aircraft and helicopters involved in the strikes. Given the significant number of AAMs destroyed in the course of air-to-air combat, the enemy has abandoned the massive use of aircraft to strike troops and targets and has changed the forms and methods of using aviation.

To date, the most effective means of Army Air Defense to cover critical infrastructure facilities are mobile fire groups (MFG) armed with various types of weapons: heavy machine guns (HMG) and man-portable air defense systems (MANPADS), etc., which in turn allow to destroy UAVs, in some cases cruise missiles, with a high probability.

The high efficiency of the mobile fire groups is due to the possibility of conducting reconnaissance in a circular manner without restrictions, the presence of a real connection with the air target, the choice of the moment of firing (launch) with reference to the location. The article considers the issues of actions of mobile fire groups to cover critical infrastructure facilities, methods of building a unit's combat order, which allows to assess the expected results of actions of the Army Air Defense units, as well as to develop scientifically based recommendations for their effective combat use and to develop proposals for the tactics of their actions in today's conditions.

### **PROPOSALS FOR IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING COMMAND AND CONTROL CONTINUITY**

*A. Volkov; T. Fedo  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the conditions for the functioning of the command and control system shows that the management processes are affected by the high dynamism and maneuverability of hostilities, the destructive power of weapons, the likelihood of

heavy losses in personnel and equipment, the technical equipment of the Army Air Defense (AAD) Command Center (CC), the training of command and control officials, etc. Success in these conditions can only be achieved by the party that has an effective command and control system, comprehensively trained personnel capable of making informed decisions, able to ensure continuous, prompt, high-quality, stable and covert command of troops in difficult conditions of combat operations, with the enemy's influence on the command and control system and possible serious violations in it.

In order to improve the existing methods for assessing the continuity of command and control, it is proposed to use the approaches implemented in the coefficient methods for assessing the effectiveness of the command and control system, in which the influence of various factors of the command and control system is determined by a set of different coefficients that are calculated in advance, tabulated and serve as a convenient additional material in the preparation of decision options and justification of the main proposals. To assess the ability of the AAD CC to ensure continuous operation, it is proposed to use the continuous control coefficient, which characterizes the ability of the AAD CC to ensure continuous control of subordinate forces and means. The proposed coefficient of continuous control of the AAD CC is directly proportional to the ratio of the time of continuous control of the AAD CC to the AAD CC control cycle, which is the time interval between the completion of work to ensure the exchange of information at different positions.

## **ВИКОРИСТАННЯ ДРОН-ДЕТЕКТОРІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Р.В. Попадюк; Д.В. Фесенко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Проаналізувавши сучасні виклики під час ведення бойових дій у російсько-Українській війні, можна визначити, що велику роль відіграють безпілотні літальні апарати (БпЛА). За допомогою них можна як вести цілодобову візуальну розвідку, так і нанесення вогневого ураження. Через малі розміри і невелику свою ефективну площу розсіювання їх важко виявити візуально так і за допомогою радіолокаційної та тепловіїної станції. Допомогти у цьому можуть електронні пристрої – детектори дронів, які використовують для виявлення сигналів управління БпЛА.

Зважаючи на відсутність доступних портативних промислових дрон-детекторів, пропонується саморобний пристрій (дрон-детектор), який складається із аналізатора спектру "tinySAUltra", направленої всесіпазонної антени, а також ВЧ-підсилювача. Дальність виявлення БпЛА таким пристроєм залежить від умов (тип антени, висота польоту БпЛА, потужність передавачів БпЛА, висота пристрою над землею, перешкоди у вигляді рельєфу місцевості, забудов, лісових насаджень тощо) та складає:

– для БпЛА квадрокоптерного типу, які знаходяться на висоті 50÷500 метрів – від 1 км до 5 км (з використанням направленої антени);

– для БпЛА літакового типу, які знаходяться на висоті 1000÷5000 метрів – від 10 км до 30 км (з використанням направленої антени).

З використанням ненаправленої антени дальність виявлення значно зменшується, і збільшується імовірність виявлення своїх дронів.

## **СТВОРЕННЯ ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ**

*В.В. Яроцук; М.А. Більченко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Війна сьогодення – це битва новітніх технологій, штурмового інтелекту, сучасного озброєння, що забезпечує підвищення ефективності вогневого ураження противника, як на землі так і небі і живучість підрозділів (частин) ЗС України та інших складових сил оборони держави. Швидкий розвиток технологій та їх впровадження в озброєння значно збільшило свою роль застосування безпілотних систем (далі – БпС) та спектр завдань, які на них покладаються.

Характерною рисою сучасної збройної боротьби є застосування БпС в бойових діях, що дозволяють особовому складу вести асиметричні дії та максимально дистанціюватися від безпосереднього зіткнення з противником. Під час бойових дій БпС довели свою здатність позитивно впливати на перебіг бойових дій для сторони, яка успішно їх застосовує. ЗС України успішно використовують суттєві переваги застосування БпС на полі бою в умовах відбиття збройної агресії російської агресії проти України.

Отриманий досвід застосування БпС в умовах складної на даний час бойової обстановки свідчить про можливість їх суттєвого впливу на характер ведення збройної боротьби України.

Основами застосування БпС в бою є: постійна готовність сил та засобів БпС до виконання бойових завдань; відповідність спостереження БпС покладених на них; розуміння командира особливостей завдань покладених на БпС; завчасне, безперервне та узгоджене планування застосування БпС; приховане, стійке управління силами та засобами БпС; координація дій БпС в ході ведення бойових дій з метою забезпечення максимальної ефективності їх застосування, запобігання ведення вогню по своїх підрозділах та мінімізації супутніх збитків.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ОРІЕНТУВАННЯ ТА ЦІЛЕВКАЗІВКИ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ВОГНЕВОЇ ГРУПИ В ТЕМНИЙ ЧАС ДОБИ**

*О.М. Романюк; В.В. Белей*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В умовах масованого використання противником безпілотних летальних апаратів (БПЛА) застосування мобільних вогневих груп (МВГ) є ефективним способом боротьби з такими повітряними цілями шляхом їх знищення вогнем зенітних засобів.

Відомо, що найбільш масовий БПЛА противника типу “Герань-2” переважно застосовується у темний час доби. Це ускладнює завдання їх візуального виявлення викликану складністю реалізації цілевказівки через можливі помилки орієнтування які виникають при дії вогневих засобів МВГ з короткої зупинки, або при зайнятті вогневої позиції сходу.

Для зменшення часу реалізації цілевказування та часу допошуку цілі в доповіді запропоновано використовувати спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) “Віраж-ІІПО”, яке може встановлюватися на смарт-

пристрої на операційній системі Android. Оскільки у функціоналі СПЗ є програмні засоби орієнтування, то застосування “Віраж-ППО” на мобільних пристроях з типовим набором датчиків положення стандартних мобільних пристроїв дозволяє точно реалізовувати цілевказівку по цілі по азимуту який входить до параметрів цілей, що призначено для знищення та видано на МВГ з пункту управління.

Для спрощення прийому та реалізації цілевказівки із застосуванням СПЗ “Віраж-ППО” на типових смарт-пристроях та їх закріпленні на елементах бойового екіпірування обслуги, в т.ч. на бронжилетах, сконструйовано допоміжний пристрій за допомогою технологій 3D-друку. Наведені приклади застосування запропонованого підходу підтверджують доцільність його використання для прийому та реалізації цілевказівки МВГ особливо в ночі.

### **ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ВІЙСЬКОВИХ СПЕЦІАЛІСТІВ**

*К.А. Ворошилов; М.М. Ясечко, д.т.н., доц.*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Застосування мультимедійних тренажерів є важливою частиною підготовки військових фахівців у сучасному освітньому процесі. Серед різноманітних видів тренажерів використання мультимедіа виявляється особливо перспективним.

Сьогодні тренажерні комплекси широко використовуються для навчання та розвитку навичок у військових фахівців на будь-якому рівні кваліфікації. Використання комп’ютерних технологій робить цей підхід ефективним для вищих військових навчальних закладів та центрів підготовки.

У часи війни з’являється потреба у доступності озброєння та військової техніки для навчання фахівців. Застосування мультимедійних тренажерів для тренування обслуги бойових машин є одним із можливих рішень цієї проблеми.

Впровадження ефективних навчальних програм з використанням цифрових ресурсів є необхідним для підготовки кваліфікованих фахівців за мінімальний час, що відповідає потребам Збройних Сил України.

Застосування розробленого імітаційного програмного комплексу-тренажеру з використанням мультимедіа дозволяє навчити фахівців експлуатації самохідної установки розвідки та наведення зенітного ракетного комплексу “Куб” без фактичного використання цього зразка озброєння.

Внаслідок війни та недоступності до даного зразка озброєння застосування імітаційного програмного комплексу-тренажера відкривають нові можливості для навчання та підготовки особового складу.

### **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ З АДАПТИВНОЮ ФУНКЦІЄЮ ВТРАТ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВІДСТЕЖУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ’ЄКТІВ**

*В.В. Воїнов, к.т.н., доц.; Г.А. Левагін, к.т.н., доц.; А.Р. Вістай*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Одними з основних завдань комп’ютерного бачення (Computer vision) є виявлення та супроводження об’єктів (object detection and object tracking). Задача виявлення об’єктів також поєднується з задачею їх класифікації, тобто

при виявленні об'єкту він повинен бути віднесеним до одного з відомих програмі класів. Тобто, повинна бути вирішена також задача класифікації (object classification).

На даний час у відкритому доступі є велика кількість програмних моделей, що пристосовані для виявлення і супроводження рухомих об'єктів. Ми вважаємо що продуктивність потрібної нам моделі може вважатися оптимальною з точки зору продуктивності обробки відеопотоку на обмеженому доступному обчислювальному ресурсі. На основі проведеного аналізу і з огляду на наявну матеріальну базу (мікрокомп'ютер типу RaspberryPi) ми обрали модель з адаптивною функцією втрат. Ця модель має відносно невисокі вимоги до обчислювальних властивостей комп'ютеру, на якому базуватиметься.

Використання програмної моделі з адаптивною функцією втрат, що дозволяє при навчанні більш спиратися на складні зображення (зображення із складним фоном), зменшувати час на навчання на зображеннях з простим фоном і не розглядати зображення лише з фоном, без ознак предметів. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити датасет необхідних для навчання повітряних цілей.

## **USE OF MEASURES TO INCREASE THE RADIO VISIBILITY OF A REMOTE-CONTROLLED AIR TARGET BASED ON A UKRAINIAN-MADE UAV**

*V. Voinov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M. Kirichenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the Army Air Defense Faculty of Kharkiv National Air Force University, systematic work is being carried out on the development of options for building targets for training air defense crews and units of Army Air Defense.

Among other things, the possibilities of creating a unified radio-controlled air target based on a domestic UAV are being investigated.

One of the research team's task is to resolve the conflicting requirement for the high visibility of a radio-controlled aerial target in the radar band with small physical dimensions of the UAV. Modern unmanned aerial vehicles, including those of domestic production, are made with extensive use of composite materials and have a small radar cross section, especially for radars in the decimeter wave range (C,D,E bands in NATO classification).

The report highlights the research team's experience of the use of increasing the radar visibility means for UAVs. Especially, covering the entire surface of the UAV with metal foil, using dipole reflectors, both resonant with a specific wavelength and broadband. Possibilities of using Luneberg lenses made with the help of 3D printing from special polymers.

Types of Luneberg lenses, their electromagnetic range, specificity of secondary radiation. Possibilities of using corner reflectors, their electromagnetic range and features of secondary radiation.

Conclusions were made about the optimal arrangement of increasing radar visibility means on board of a small-sized UAV – an aerial target.



## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ У СКЛАДІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ**

*О.С. Балабуха, к.т.н.; А.Л. Ковтунов, к.т.н.;*

*Г.М. Качуровський, к.т.н.; В.С. Кітов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В роботі пропонується створення уніфікованого автоматизованого робочого місця (АРМ) у складі автоматизованої системи підтримки прийняття рішення (АСППР) командира бойової машини (БМ) мобільного комплексу озброєння (МКО) родів військ Сухопутних військ, як основного елементу перспективного пункту управління (ПУ) та бойових засобів при управлінні бойовими діями підрозділів Сухопутних військ. Такий ПУ може використовуватися для управління бойовими діями зенітних ракетних, ракетних та артилерійських засобів.

Пов'язані в єдину систему в складі перспективного ПУ уніфіковані АРМ у складі АСППР повинні забезпечувати автоматизоване вирішення наступних завдань: приведення підлеглих підрозділів у різні ступені бойової готовності; збір, обробка та відображення інформації про обстановку, яка надходить від приданих засобів розвідки, мережі оповіщення та бойових засобів підлеглих підрозділів; прийом та відображення даних про місцезнаходження та стан бойових засобів підлеглих підрозділів; інформаційна підготовка та вироблення оптимального варіанту розв'язання задачі цілерозподілу; видача цілевказівки підлеглим підрозділам та контроль за виконанням поставлених завдань; топогеодезична підготовка керування вогнем БМ (підрозділу); проведення тактичних (оперативно-тактичних) розрахунків; документування процесу бойової роботи; імітація бойової обстановки для тренувань розрахунку перспективного ПУ та бойових засобів МКО.

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕНОСНИХ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІДРОЗДІЛАМИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ДЛЯ УРАЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРОТИВНИКА**

*Г.В. Іванець, к.т.н., доц.; С.І. Федченко; Л.О. Хроль*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Однією з характерних особливостей військових дій агресора є широке застосування військово повітряних сил, зокрема, літаків, гелікоптерів, безпілотних літальних апаратів, які мають на озброєнні крилаті ракети різних типів. Підрозділи Сухопутних військ активно використовують проти російської авіації переносні зенітно-ракетні комплекси радянського, польського, американського, британського та французького виробництва. Серед комплексів зарубіжного виробництва досить добре зарекомендували себе комплекси "Piorun", "Stinger", "Martlet", "StarStreak" та "Mistral".

Переносні зенітно-ракетні комплекси радянського виробництва мають як інфрачервоні головки самонаведення, так і напівавтоматичні системи наведення. Ефективність таких головок самонаведення знижується внаслідок застосування "теплових пасток", а також при наявності природних перешкод, таких як купчасті хмари, освітлені сонцем.

Комплекси з напівавтоматичною системою наведення можуть здійснювати пуск ракет як навздогін, так і назустріч цілі. При командному наведенні полегшується селекція цілі в умовах перешкод та з'являється можливість вести вогонь і по наземних цілях.

Комплекси зарубіжного виробництва за своїми бойовими характеристиками перевершують комплекси радянського виробництва сімейства “Стріла” та “Ігла”. Вони дозволяють захоплювати цілі з малою тепловою помітністю та виявлення їх на фоні “теплових пасток”, мають високу вражаючу здатність повітряних цілей.

### **КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ЕШЕЛОНОВАНОЇ ОБОРОНИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЕРЖАВИ ВІД УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Г.В. Іванець, к.т.н., доц.; В.І. Самоквіт*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Однією з характерних особливостей військових агресивних дій російської федерації на території України є широке застосування ударних безпілотних літальних апаратів для знищення цивільних об'єктів та об'єктів критичної інфраструктури. В цих умовах актуальним становиться пошук прийнятних засобів й методів боротьби з подібними літальними апаратами, що дозволяють ефективно виявляти та вражати такі повітряні цілі, виконувати бойові завдання по їх знищенню або самостійно, або у складі існуючих зенітних комплексів.

Одним із можливих концептуальних підходів до вирішення проблеми боротьби з ударними безпілотними літальними апаратами з метою захисту об'єктів критичної інфраструктури може бути формування багато-ешелонованого угруповання різних типів зенітних комплексів таких як зенітні ракетні комплекси, зенітна артилерія, зенітно-гарматні ракетні комплекси, переносні зенітно-ракетні комплекси, що мають досить високі розвідувальні та вогневі можливості щодо виявлення та вогневого ураження мало розмірних безпілотних літальних апаратів. При цьому перший ешелон для протидії та знищення ударних безпілотних літальних апаратів складають зенітні ракетні комплекси, другий – гарматні засоби, третій – мобільні та не мобільні вогневі групи, озброєні переносними ракетними комплексами, антидроновими рушницями або стрілецькою зброєю різних калібрів.

Це дозволить значно підвищити ефективність боротьби з сучасними ударними безпілотними літальними апаратами за рахунок компенсації недоліків одних видів озброєння іншими.

### **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ПРИСТРОІВ У МОБІЛЬНО-ВОГНЕВИХ ГРУПАХ ПІД ЧАС ВІДБИТТЯ НАПАДУ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА (БПЛА – ТИПУ SHAHED-136) В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ**

*Б.Г. Ландар; О.М. Ставицький, к.т.н.*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Shahed-136 призначений для ураження цілей на великих відстанях (заявлена дальність ураження до 2500 км). Маршрут для БПЛА прокладають на висотах до 500м для менш помітного польоту для наших

радіолокаційних станцій. Безперечно, що збиття БПЛА типу Shahed-136 з високою імовірністю буде за допомогою зенітної керованої ракети, але виходячи з недостатньої кількості ракет для ЗРК було прийнято рішення використовувати стрілецьке озброєння. На сьогоднішній день, для ефективного ураження з найменшими витратами, використовують стрілецьке крупнокаліберне озброєння (від 12 до 15 мм).

Збройні сили рф масово використовують ударні БПЛА по об'єктам критичної інфраструктури здебільшого у нічний час, що не дає змогу завчасного візуального виявлення, супроводження та ефективного збиття їх. Для цього у мобільно-вогневих групах використовують тепловізори (тепловізійні системи), що дають змогу виявити ціль в ночі та вести по ній вогонь.

На даний час бойова робота МВГ по БПЛА в ночі проводиться таким чином: за допомогою спеціального програмного забезпечення (“Кропива”, “Віраж ППО”), яке знаходиться на планшеті, оператор отримує інформацію про тип, азимут, висоту та швидкість цілі, переводить озброєння в готовність №1 та за допомогою тепловізійного пристрою виявляє ціль у повітрі. Візуально через тепловізійний пристрій оцінює курс, швидкість та висоту польоту цілі, робить упередження для стрільби та відкриває вогонь по цілі.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АЗИМУТУ ЦІЛЕЙ В РЛС П-18 ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ**

*С.П. Володько, к.т.н., доц.; А.В. Чеканов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Одним із завдань, які покладені на війська протиповітряної оборони Сухопутних військ, є прикриття військ і сил при виконання бойових завдань. Якість виконання цього завдання (імовірність поразки повітряних цілей) значно залежить від якості радіолокаційної інформації про повітряну обстановку в районі ведення бойових дій.

В даний час на озброєнні військ залишається багато лампових РЛС з аналоговою обробкою радіолокаційних сигналів, тобто РЛС “старого” парку.

Найбільшу частину таких РЛС складають РЛС типу П-18 та П-19.

Джерела РЛІ, якими є РЛС військ протиповітряної оборони Сухопутних військ, здійснюють локацію повітряних об'єктів у полярній системі координат, тобто визначають їх азимут та дальність. Будь яка похибка у визначенні цих параметрів приводить до зменшення можливостей наведення радіолокаторів вогневих засобів, які мають достатньо вузьку діаграму спрямованості антени.

Як наслідок, це призведе до погіршення якості виконання бойового завдання щодо знищення засобів повітряного нападу противника.

В оглядових РЛС “старого” парку точність визначення азимуту цілей, як правило, невисока – потенційна точність вимірювання азимуту цілей складає ( $\sigma_{\beta} \approx 1^\circ$ ).

В той же час при застосуванні розробленої схеми для відображення радіолокаційної інформації можливо використовувати LED-монітори замість ІКО на базі електронно-променевих трубок, ресурс яких вже давно вичерпаний.

## **МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ПУНКТУ УПРАВЛІННЯ ППО СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ДЛЯ ВИКЛЮЧЕННЯ ХИБНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

*С.П. Коваленко, к.військ.н., доц.*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Актуальним питанням сьогодні є удосконалення та створення нових алгоритмів управління, які б забезпечували ефективне управління засобами протиповітряної оборони Сухопутних військ на кожному рівні ланки управління.

Прийняття рішення командиром відповідної ланки вимагає затрату часу на організацію робіт, пов'язаних з обробкою інформації. Якісну інформацію, яка надходить від радіолокаційних станцій усього угруповання ППО СВ необхідно обробити на ПУ. Потік інформації дуже великий, тому необхідна автоматизація процесу обробки і розподілу інформації в контурі управління системи ППО СВ. Інформація в контур управління може надходити, як послідовно, так і паралельно. Тому пропонується метод автоматизованої обробки інформації прямо пов'язаний з якістю інформації та виключенням помилок в обробці зайвої і неправдоподібної інформації, та необхідністю вдосконалення елемента контуру управління.

Запропонований удосконалений метод автоматизованої обробки інформації на ПУ ППО СВ з використанням методу максимальної правдоподібності оцінки параметрів руху цілей та зайнятості зенітних комплексів для виключення помилок в обробці зайвої та неправдоподібної інформації при одночасному надходженні паралельних та послідовних потоків інформації особливо актуальний під час війни росії проти України. Застосування запропонованого методу дасть можливість зменшити час на обробку інформації і на прийняття рішення командиром відповідної ланки управління по розподілу повітряних цілей між підрозділами (засобами) ППО СВ, що дозволить підвищити ефективність усього контуру управління.

## **IMPROVING THE FORMS AND METHODS OF ASSIGNING COMBAT TASKS TO ARMY AIR DEFENCE UNITS**

*M. Oboronov; S. Korsunov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Timeliness and accuracy in executing combat tasks by Army Air Defence (AAD) units largely depend on the ability of commanders to provide subordinates with the necessary information to make timely and well-founded decisions or to formulate and assign combat tasks in an accessible and straightforward manner. These tasks can be assigned through a combat order or a combat directive. Additionally, during the preparatory stages of battle planning, directives are used as a form of task assignment. The distinction between these forms lies in the amount and completeness of information provided and the level of detail in the assigned tasks.

In the armed forces of NATO countries, in accordance with MDMP (Military Decision Making Process) and TLP (Troop Leading Procedures), preliminary combat directives are used, which are issued after completing a certain stage (step) of battle planning to convey new information to subordinates, clarify future tasks, or

communicate the commander's decision made at a certain stage of planning (management).

The main methods of assigning combat tasks in NATO armies include: using standardized forms (templates, overlays, maps, diagrams, etc.); through communication channels (personally or through communication personnel with recording in journals); orally (during meetings or individually); using automated command and control systems via secure communication channels.

The implementation of these forms and methods in the combat activities of troops will help simplify, accelerate, and optimize the processes of battle planning and management of AAD units, enabling timely and full execution of assigned tasks.

## **СПОСОБИ ПОСТАНОВКИ ВОГНЕВИХ ЗАВДАНЬ ПІДРОЗДІЛАМ ППО СВ**

*М.І. Оборонов; С.І. Корсунов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Своєчасність і точність постановки вогневого завдання є ключовими для виявлення повітряної цілі та її знищення. Постановка вогневого завдання підрозділу ППО – надання інформації про положення цілі, параметри її руху та подача команди на знищення. Розглянемо способи постановки вогневих завдань.

Цілевказівка – основний спосіб, який використовують за сприятливого балансу часу. Видається голосом, по радіо або автоматизовано. До підрозділу доводять інформацію про положення і параметри руху цілі. Застосовують при централізованому управлінні вогнем.

Відповідальні сектори призначаються: для зосередження зусиль на важливих напрямках; розосередження зусиль розвідки й розподілу вогню; для надання нижчій ланці управління права приймати самостійні рішення; при раптовій появі цілі; в умовах складної фонові і заводові обстановки; за несприятливого балансу часу у вищій ланки управління. Сектори призначають завчасно на основі раніше відданих вказівок чи бойовим наказом. Зенітним підрозділам доводять праву і ліву межу, позначені азимутом або орієнтирами на місцевості. Межі секторів сусідніх підрозділів мають перетинатись, призначаються відповідальні підрозділи за стики справа (зліва).

Постановка вогневого завдання встановленим сигналом застосовується при відповідності повітряної обстановки, прогнозу, зробленому в ході оцінки повітряного противника.

Отже, правильний вибір способу постановки вогневого завдання є важливою складовою бойової роботи в ході ведення протиповітряного бою та визначально впливає на знищення повітряних цілей.

## **ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ТАКТИЧНИХ БПЛА**

*Ю.О. Галкін; О.А. Токар; Т.Є Філков*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід застосування підрозділів ППО СВ в ході збройної агресії російської федерації вказує на суттєву складність вирішення завдання виявлення тактичних БпЛА. Безперечним є той факт, що успішне виявлення та

розпізнавання тактичного БПЛА країни агресора є запорукою виконання завдання щодо його активного або пасивного знешкодження, а отже процес виявлення та розпізнавання таких об'єктів повинен бути невід'ємною складовою підсистеми боротьби з тактичними БПЛА.

У роботі надаються практичні рекомендації та шляхи підвищення ефективності виявлення зазначених повітряних об'єктів. Розроблений комплекс організаційно-тактичних заходів дозволяє командирі підрозділу ППО СВ оптимізувати процедуру прийняти рішення щодо вибору позиції при виконанні завдань виявлення тактичних БПЛА.

Запропонований алгоритм роботи командира підрозділу ППО СВ доповнює визначений керівними документами порядок його роботи. Наголошується важливість використання програмних продуктів ("Аргумент", "Вираж-Планшет") з метою визначення найбільш вигідних позицій для конкретного зразку озброєння з подальшим здійсненням математичних розрахунків дальності виявлення повітряної цілі. Також запропоновано розгортання робочого місця позаштатного оператора радіотехнічної розвідки, що забезпечить можливість здійснити програмно-технічне декодування і аналіз структури радіосигналів, умовно-порівняльний радіомоніторинг сигналів за формами їх спектрів і частотними діапазонами та просторово-часовий аналіз місцезнаходження БПЛА.

Звертається увага на доцільність організації інформаційної взаємодії з підрозділами контрбатареїної та радіоелектронної боротьби щодо виконання завдань виявлення тактичних БПЛА та їх супроводження.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ППО СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК**

*М.І. Оборонов; С.І. Корсунов; Д.В. Книш*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід ведення бойових дій підрозділами ППО у російсько-Українській війні, наявність озброєння та військової техніки країн НАТО, поява нових засобів повітряного нападу вимагають нових підходів до організації ППО військ і об'єктів.

Одним із напрямків, що дозволить оперативно враховувати ці зміни та реагувати на ці загрози є удосконалення організаційно-штатних структур підрозділів ППО Сухопутних військ.

Таке удосконалення можна провести за наступними напрямками:

– по-перше, з метою підвищення ефективності боротьби з малорозмірними БПЛА, введення до штату підрозділів ППО рівня взвод, батарея відділень і взводів РЕБ, оснащених портативними засобами РЕБ;

– по-друге, з метою підвищення ефективності та автономності застосування зенітних взводів, внесення змін до організаційно-штатних структур і збільшення кількості відділень (бойових машин, установок) до 4-6 одиниць, озброєння їх різними типами засобів ураження та введення до їх штатів відділень бойового управління, з необхідними засобами управління на рухомій базі;

– по-третє, з метою підвищення ефективності планування бою та управління підрозділами на рівні взводу, розділення посад командира взводу і командира бойової машини (установки) та вивільнення командирів взводів від виконання обов'язків командирів установок (бойових машин);

– по-четверте, з метою підвищення оперативності застосування підрозділів ППО рівня відділення-взвод, делегування окремих повноважень із прийняття рішень на їх застосування та відкриття вогню, на рівень їх командирів.

Враховання цих пропозицій надасть можливість підвищити ефективність та оперативність застосування підрозділів ППО Сухопутних військ та управління ними.

## **АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ КРИЛАТИХ РАКЕТ ЗА ДОСВІДОМ ПОВНОМАШТАБНОГО РОСІЙСЬКОГО ВТОРГНЕННЯ**

*С.С. Рязанцев; М.А. Більченко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Дана тема присвячена використанню крилатих ракет у контексті війни між росією та Україною. Аналізуються стратегії використання крилатих ракет обома сторонами конфлікту, їхні впливи на бойові операції та воєнні наслідки. Розглядаються технічні характеристики та можливості цих систем у контексті сучасного військового конфлікту.

Сучасний етап розвитку засобів повітряного нападу на даний час характеризується такими основними світовими тенденціями:

– масованість і скритність дій сучасних і перспективних засобів повітряного нападу;

– підвищення маневреності і швидкості польоту засобів повітряного нападу, зокрема, створення гіперзвукових літальних апаратів і крилатих ракет;

– застосування технологій малопомітності при створенні засобів повітряного нападу;

– широке застосування безпілотних ударних засобів – високоточної ракетної зброї, оперативного-тактичних і тактичних балістичних ракет;

– високі темпи розвитку дистанційних пілотованих літальних апаратів різноманітного військового призначення;

– нарощування бойових можливостей засобів постановки перешкод.

Результати аналізу показали, що росія використовує крилаті ракети для атаки на критичну інфраструктуру, військові об'єкти та цивільні цілі. Україна має значний досвід протидії крилатим ракетами, але потребує більш досконалих систем ППО.

## **ОЦІНКА ВХІДНОГО ФОНУ ПОВЕРХНІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЗМІНИ КОНТРАСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

*Г.М. Дементіюк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сьогоднішній день є актуальним питання захисту об'єктів критичної інфраструктури від деструктивного впливу крилатих ракет з радіолокаційним наведенням. Досвід застосування крилатих ракет у війні показав, що росія ставить за мету знищення критичної цивільної інфраструктури для створення кризової ситуації в Україні. В такій обстановці штатні засоби протиповітряної оборони та радіоелектронної боротьби України не завжди ефективні у боротьбі з крилатими ракетами. Є необхідність використовувати інші методи фізичного знищення крилатих ракет. Враховуючи те, що російські ракети з

радіолокаційним методом наведення мають на борту радіолокаційну головку самонаведення, з відомим частотним діапазоном, існує можливість протидіяти їх деструктивному впливу.

На основі методу розрахунку вторинного випромінювання та виконаної моделі поверхні проведено математичне моделювання радіолокаційних характеристик секції будівлі без урахування впливу підстилаючої поверхні. Поверхня будівлі розглядалася ідеально провідною. Розглянуто такі радіолокаційні характеристики: ефективна поверхня розсіювання, некогерентна ефективна поверхня розсіювання (одержувана додаванням ефективної поверхні розсіювання окремих елементів поверхні об'єктів без урахування набігу фаз між ними), середні та медіанні значення ефективної поверхні розсіювання у певних діапазонах ракурсів опромінення. Отримані характеристики впливають на побудову комплексного захисту об'єктів критичної інфраструктури при захисті від деструктивного впливу крилатих ракет з радіолокаційним методом наведення.

## **DIGITAL TECHNOLOGIES IN MILITARY EDUCATION: VIRTUAL SIMULATORS FOR EFFECTIVE TRAINING**

*Y. Shetelia; I. Zahoruiko; A. Kurylko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The significant acceleration of military education compliance with modern standards lies in the application of information technologies and digital solutions in the learning process, particularly in mastering the methods of operating military equipment and machinery.

Considering the constraints imposed by the situation of the Russian-Ukrainian war, the development of simulation models for virtual training of various aspects of combat activities becomes crucial, allowing crews and technical personnel to learn to use various types of weapons and military equipment.

Key elements for ensuring the quality of education using digital means include personnel, infrastructure (software, digital devices), and methodological materials for conducting classes. The creation of simulation software allows training specialists in operating the launching installation of the 2P25 "Kub" surface-to-air missile system without the actual use of this type of weaponry.

Conclusion: Analysis of the most significant factors affecting the quality of training indicates that the use of digital tools significantly improves the quality of personnel training under conditions of limited resources and time.

This is accompanied by several advantages, such as simultaneous training of a larger number of personnel, reduced equipment load, efficient utilization of pedagogical potential, individualized learning, scenario modeling of various combat activities, and assessment of knowledge acquisition levels.

## **ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ В КОНТЕКСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

*М.В. Сергєєв; А.В. Бологов  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У реаліях повномасштабної війни з російською федерацією насущним є питання щодо відбиття ударів засобів повітряного нападу противника. Одним з найважливіших етапів відбиття ударів засобів повітряного нападу



противника є підготовка номерів розрахунків бойових машин. Проведені дослідження дозволили сформулювати науково обгрунтовані рекомендації щодо розробки програмного забезпечення та імітаційних моделей основних зразків озброєння та військової техніки військ протиповітряної оборони Сухопутних військ для дистанційного навчання та підготовки номерів розрахунків бойових машин.

Наявність широкого спектру програмного забезпечення, що імітує роботу систем та комплексів протиповітряної оборони, сприятиме більш ефективній підготовці особового складу, допоможі військовослужбовцям у засвоєнні навчального матеріалу, а також зменшенню навантаження на матеріально-технічну базу та уникнення витрати паливно-мастильних матеріалів.

Концентрація військовослужбовців, зібраних в одному місці для навчання або підготовки, особливо на сучасних зразках озброєння, є пріоритетною ціллю для противника.

Тому наявність програмного забезпечення або імітаційних моделей основних зразків озброєння та військової техніки військ протиповітряної оборони Сухопутних військ, що виключить потребу у концентрації військовослужбовців для навчання та надасть їм можливість проходити певні етапи підготовки в незалежності від їх місця знаходження також буде корисною як форма дистанційного навчання особового складу для уникнення загроз життю і здоров'ю військовослужбовцям в наслідком ворожих ракетних ударів або ударів з застосуванням БПЛА вглиб території України.

## **РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ТЕХНІЧНОЇ ДОПОМОГИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТАНКІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*А.В. Древаль*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сьогоднішній день Сухопутні війська (СВ) Збройних Сил (ЗС) України оснащені різноманітними за типами зразками озброєння та військової техніки (ОВТ), що мають достатню бойову якість та надійність. Однак, у ході повномасштабної збройної агресії з боку російської федерації проти України, СВ ЗС України також мають значні втрати ОВТ, що підлягає поповненню за рахунок не тільки поставки нових зразків від країн-членів НАТО, а й – відновленню існуючого парку озброєння та військової техніки.

При цьому, середній відсоток одиниць збережених бойових засобів, що безпосередньо беруть участь під час ведення бойових дій, визначається співвідношенням сил і ефективності вогню (бойовим потенціалом) та можливістю системи до відновлення. Отже, система відновлення є одним із основних оперативного-стратегічних факторів для досягнення перемоги у бою та операціях.

В доповіді проведено аналіз стану та показників існуючих рухомих засобів ТО і ремонту системи ТО і ремонту СВ ЗС України, а також вимог, які пред'являються до них. Розглянуто методику визначення обсягів робіт за видами ремонту зразків ОВТ залежно від бойових втрат. Висвітлені перспективні шляхи розвитку рухомих засобів ТО та ремонту бронетанкового озброєння і техніки системи ТО та ремонту СВ ЗС України.

Розроблено та запропоновано рекомендації щодо удосконалення машини технічної допомоги для ТО та ремонту танків СВ ЗС України.

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОГО БОЮ ЗЕНІТНОЇ РАКЕТНОЇ БАТАРЕЇ, ОЗБРОЄНОЇ ЗЕНІТНИМ РАКЕТНИМ КОМПЛЕКСОМ МАЛОЇ ДАЛЬНОСТІ**

*Ю.Ю. Плохий; І.Я. Загоруйко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

За результатами аналізу застосування підрозділів протиповітряної оборони Сухопутних військ, озброєних комплексами малої дальності, у війні з російською федерацією здійснено формування переліку значимих чинників, що суттєво впливають на ефективність ведення протиповітряного бою. Показником обґрунтованості таких рішень є результати математичного моделювання створеного комплексу моделей протиповітряного бою зенітної ракетної батареї, до якого увійшли:

– модель вогневого ураження з врахуванням двостороннього впливу протиторчих сторін;

– неординарна модель протиповітряного бою, що враховує невизначеність складу повітряних цілей та часові інтервали входу в зону відповідальності підрозділу;

– неповнодоступна модель протиповітряного бою з врахуванням бойового порядку засобів вогневого ураження підрозділу.

Під час розробки моделей застосований метод аналітико-стохастичного моделювання із використанням математичного апарату марковських процесів масового обслуговування з дискретними станами та безперервним станом.

Перевагами розроблених моделей є відповідність вимогам оперативності, достовірності, повноти результатів, що отримуються, вимогам системності, модульності та відповідності рівню керівництва.

Отримано дієвий інструмент для формування пропозицій для підвищення ефективності бойового застосування підрозділу та обґрунтування рішень командира, інших органів управління.

## **EDUCATION TRANSFORMATION: IMPLEMENTATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND MILITARY MODELING**

*D. Zaitsev; A. Chekanov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Information technologies have become an essential component of the modern world and play a crucial role in the further development of humanity. In this context, the education system also requires constant changes.

Therefore, the implementation of the digitization process becomes extremely relevant in the modern educational environment, as quality teaching of certain disciplines is already impossible without the use of tools and capabilities provided by information technologies.

It is proposed to develop a software training complex for training the personnel of the "Crotale" surface-to-air missile system. It will include the ability to perform crew procedures for system activation, conduct checks of basic operating parameters, and system shutdown.

The use of computer programs for simulation provides military personnel with the opportunity to better visualize and understand abstract concepts and processes. By observing changes in parameters, they can see how it affects the final results.

This approach allows for experiments and modeling in a safe virtual environment, avoiding the risk to expensive equipment and potential negative consequences.

The modern global trend of digital transformation involves a transition from traditional, contemplative methods of learning to simulation-based methods. This approach is more accessible and engaging, and it does not lead to increased training costs. Compared to outdated methods and means of education that do not fully meet modern requirements, simulation-based learning is much more effective in achieving educational goals.

## **АНАЛІЗ МІШЕНЕЙ У ВИГЛЯДІ ПРОСТИХ ПАСИВНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ВІДБІВАЧІВ І ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ**

*А.Г. Галузінський; О.М. Ясинський; А.В. Тітова*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Широке застосування в різних радіолокаційних системах знаходять штучні відбивачі простої геометричної конфігурації. Вони, при малих розмірах мають значну ЕПР, здатні концентрувати поле вторинного випромінювання в напрямку, зворотньому напрямку падаючої хвилі, являють собою точкові в радіолокаційному відношенні цілі. Їх використовують в якості ефективних і дешевих засобів навігаційного обладнання, для підсвічування цілей, що мають слабку відбиттєву здатність і т.п. До таких відбивачів відносять: пластину, сферу, диполь, кутові відбивачі.

В доповіді розглядаємо металеві пластини прямокутної форми щодо створення і використання мішеней. Недоліком радіолокаційних відбивачів з такими пластинами є вузький головний пелюсток діаграми вторинного випромінювання при досить високому рівні бокових пелюстків.

Проведений теоретичний аналіз мішеней у вигляді металеві кулі та мішеней у вигляді кутових відбивачів. Проаналізовані спрямовані енергетичні, поляризаційні характеристики простих за конструкцією пасивних відбивачів з точки зору можливостей їх використання в якості радіолокаційних мішеней і хибних повітряних цілей.

Встановлено, що металеву пластину доцільно використовувати для імітації крупногабаритної військової техніки для радіолокаційних станцій сантиметрового діапазону довжин хвиль з лінійною поляризацією і відомою орієнтацією відносно пластини. Металеву повітряну кулю діаметром 1-1,5 м доцільно використовувати в сантиметровому діапазоні для імітації нерухомих і малорухомих радіолокаційних цілей.

## **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РОЗВІДУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАСОБУ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ БЛИЖНЬОЇ ДІЇ**

*В.В. Сидоров, к.т.н., с.н.с.*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Прицільно-оптичне обладнання (ПОО) засобів протиповітряної оборони, які стоять на озброєнні військ протиповітряної оборони Сухопутних військ (ППО СВ), являють собою поєднанням оптичних, електромеханічних, аналогових електронних пристроїв, робота яких координується у більшості

випадків оператором. Ефективність роботи ПОО цілком залежить як від людини – оператора, його навченості та психофізіологічного стану, так і від часу доби. Досвід ведення бойових дій свідчить, що необхідна автоматизація ППО і зменшення залежності якості його функціонування від часу доби – отримання спроможності виконувати функції наведення і прицілювання вогневого засобу із застосуванням сучасних оптико-електронних засобів, оснащених апаратурою реалізації машинного зору.

В доповіді розглядається процес розробки макету оптико-електронної системи (ОЕС) із машинним зором для вирішення задач пошуку повітряної цілі, наведення озброєння та проведення пускових операцій засобу ураження.

Проведено огляд можливих відео і тепловізійних камер. Розглянуто питання отримання зображення на відеомоніторі. Показано процедуру обробки відеопотоку. Показані можливості поєднання даних з ОЕС та обладнанням засобів протиповітряної оборони, що дозволять більш якісно обробляти повітряну обробку.

Представлені результати натурних випробувань ОЕС у складі комплексу ППО ближньої дії.

### **ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ОСВОЄННЯ ОВТ, ЩО НАДХОДИТЬ ВІД КРАЇН-ПАРТНЕРІВ**

*А.М. Гордієнко<sup>1</sup>, к.військ.н., ст.д.; А.В. Фомін<sup>1</sup>;*

*І.В. Тітов<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; В.І. Самоквіт<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

З початку повномасштабного вторгнення РФ прийнято на озброєння (постачання) велику кількість зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) іноземного виробництва, які надійшли від країн-партнерів в рамках міжнародної матеріально-технічної допомоги. Певна частина цього ОВТ, яка стояла або стоїть на озброєнні країн НАТО зайшла за спрощеною процедурою, інша частина зразків ОВТ пройшли функційні випробування і на підставі їх позитивних результатів, були прийняті на озброєння (постачання). Решта зразків ОВТ надійшли до частин та підрозділів ЗСУ без прийняття на озброєння (постачання), або допущення до експлуатації. Результати аналізу наявної інформації дозволяють стверджувати існування проблем загального характеру, притаманних існуючій системі постачання зразків ОВТ іноземного виробництва для більшості видів (родів) військ ЗСУ. До таких проблем можна віднести широкий спектр номенклатури зразків ОВТ, відсутність або недостатню кількість експлуатаційної, технічної та іншої документації, відсутність системи підготовки екіпажів для зразків ОВТ, які не прийняті на озброєння у країнах-членах НАТО, відсутність нормативно-правової бази щодо проведення випробувань за кордоном, під час навчання екіпажів (розрахунків, обслуг) поза межами країни, не завжди одночасно з тим організовується та проводиться навчання власних інструкторів. В доповіді представлені результати аналізу стану питання щодо освоєння зразків ОВТ, які надходять в рамках міжнародної матеріально-технічної допомоги, висвітлені деякі проблемні аспекти та шляхи їх вирішення.

**FACTORS DETERMINING THE REQUIREMENTS  
FOR THE OPERATIONAL PARAMETERS  
OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM COMBAT VEHICLES**

*O. Balabukha<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Kitov<sup>1</sup>;  
D. Yatymov<sup>1</sup>; T. Sokova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Ivan Cherniakhovskiy National Defence University of Ukraine*

The report analyzes the current state and trends in the development of modern armament systems in leading countries of the world in the context of rapid advancements in reconnaissance and firepower capabilities.

It is established that one of the main directions of development for modern armament systems is the integration of reconnaissance assets, automated control systems, and firepower capabilities into a unified functional system. This system should detect and destroy enemy objects (both ground and aerial targets) in real-time during combat operations (local conflicts).

When procuring, modernizing, or developing new models of armament systems, such as anti-aircraft missile system combat vehicles (AAV), there arises the task of formulating new tactical and technical requirements for their operational parameters and combat properties, taking into account changes in operating conditions. This is done to reduce the probability of their engagement by the enemy and consequently increase their survivability.

The development of methods and proposals aimed at increasing the survivability of AAVs in conditions of significantly reduced time for target detection and engagement by the enemy is a relevant scientific and practical task. Solving this task will ensure that AAVs are capable of fulfilling combat missions in any location with minimal time expenditure, without being engaged by enemy firepower.

**ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ  
ЗРАЗКІВ ОВТ НА ПОЛІГОНАХ ТА ВИПРОБУВАЛЬНИХ БАЗАХ  
ІНОЗЕМНИХ ДЕРЖАВ**

*А.В. Фомін<sup>1</sup>; Я.О. Цуканов<sup>1</sup>; І.В. Калніболотчук<sup>1</sup>; С.М. Піскунов<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Кожен зразок озброєння та військової техніки (ОВТ) на певних етапах свого життєвого циклу має прохолодити ті чи інші види випробувань. В разі відсутності в Україні можливостей (територіальних, технічних та ін.) або належних умов щодо проведення таких випробувань, державним замовником може бути прийнято рішення щодо їх проведення на полігонах або випробувальних базах іноземних країн. Таке рішення може бути оформлене у вигляді окремого документу або визначено в окремому пункті спільного рішення на відкриття дослідно-конструкторської роботи (ДКР) (для зразків ОВТ вітчизняного виробництва). Загальний порядок та базові принципи організації, підготовки та проведення випробувань зразків ОВТ на полігонах та випробувальних базах країн-партнерів визначені діючими в межах України правовими та нормативно-технічними документами. Разом з тим існують певні особливості, які мають бути визначені додатковими Положеннями та

Угодами (особливо щодо використання матеріально-технічних баз та інших логістичних аспектів), що мають бути розроблені та затверджені найближчим часом. В доповіді висвітлені деякі особливості щодо організації та проведення випробувань озброєння, військової та спеціальної техніки за кордоном України на випробувальних базах і полігонах країн-партнерів. Зазначені особливості доцільно врахувати при розробці нормативно-правових документів, які мають регламентувати порядок підготовки та проведення таких випробувань.

### **ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ДРОНУ-КАМІКАДЗЕ “ШАХЕД-136”**

*В.М. Сенаторов<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; А.В. Гурнович<sup>1</sup>, д.т.н., проф.;  
Б.О. Мельник<sup>1</sup>, к.т.н.; А.Ф. Волков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральний Науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Наразі існує декілька варіантів знешкодження безпілотних літальних апаратів (БпЛА): системи протиповітряної оборони, придушення сигналу за допомогою систем радіоелектронної боротьби, ловля сітками, зіткнення з апаратами-перехоплювачами, стрілецька зброя. Зазначені варіанти відрізняються дальністю ураження і кінцевим результатом: БпЛА може бути повністю знищений або захоплений практично неушкодженим. На нашу думку, найбільш ефективним способом знищення БпЛА-камікадзе є супроводжувальна стрільба. При цьому потрібно враховувати поправки на випередження при обстрілі баражуючого боєприпасу. В інформаційному полі надаються рекомендації щодо поправок на випередження, які суттєво різняться за даними. Ці суперечливі дані визначили мету доповіді – розробка методики розрахунку випередження і верифікація рекомендацій щодо обстрілу дронів-камікадзе “Шахед-136” стрілецькою зброєю. В доповіді, на базі розробленої теорії окомірного способу прицілювання, подано результати верифікації відомих рекомендацій. Верифікація показала, що значення поправок на випередження, рекомендовані в джерелах, не суттєво відрізняються від даних верифікації на малій дистанції до цілі і суттєво відрізняються на великій. Це пояснюється неврахуванням балістичної функції. Дано рекомендації щодо поправок на випередження при використанні стрілецької зброї, яка є на озброєнні ЗС України, з врахуванням балістичної функції. Сформовано пропозиції щодо вдосконалення кулеметної установки, яка успішно використовується Національною гвардією України.

### **ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ ЗРК “СТРІЛА-10”**

*Д.М. Литовченко<sup>1</sup>, к.т.н.; В.Є. Кудряшов<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Для комплексів, які застосовують принцип пасивного самонаведення ракети, ефективність стрільби оцінюють за значенням імовірності ураження цілі при пуску однієї ракети  $W_1$ . Пасивне самонаведення реалізується по

фотоконтрастному (ФК) або по інфрачервоному (ІЧ) каналу головки самонаведення (ГСН) ракети. Ефективність стрільби оцінюють через відповідні ймовірності, які характеризують етапи БР о/с бойової машини (БМ), а саме імовірності своєчасного виявлення цілі  $P_{\text{в}}^{\text{в}}$ , пуску ракети  $P_{\text{п}}$ , виведення ракети у точку зіткнення  $P_{\text{вив}}$ , нормального її функціонування  $P_{\text{н}}$  та ймовірності ураження цілі  $P_{\text{у}}$ . Крім того на величини імовірностей впливають геометричні розміри цілі, колір, наявність цілевказання, параметри польоту цілі, її тип, метеорологічна дальність видимості (МДВ), яскравість фону та стійкість роботи системи управління польотом ракети.

Розрахунки ймовірності ураження типової цілі (ТЦ) однією ракетою при стрільбі на зустрічному курсі й наведенні у ФК каналі ГСН ракети становлять 0,75, а в ІЧ каналі – 0,525. Імовірність ураження однією ракетою у фотоконтрастному каналі, цілі типу БпЛА, на дальності 1500 м. значно зменшується в порівнянні з ТЦ та становить 0,29, а при зменшенні дальності до 800 м. та кольору цілі ймовірність зменшується до 0,17. За наявності туману, дощу суттєво знижується МДВ, а отже для цілі типу БпЛА імовірність ураження не існує. Для підвищення ефективності стрільби по БпЛА застосовують зосередження вогню ЗРК. Розрахунки показують підвищення імовірностей для відстані 1500 м. та 800 м – 0,5 та 0,3 відповідно, а при зменшенні МДВ – 0,05.

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ МОБІЛЬНИМИ ВОГНЕВИМИ ГРУПАМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

*В.В. Кобзев<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; А.Л. Ковтунов<sup>1</sup>, к.т.н.;*

*О.А. Наконечний<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; В.А. Васильєв<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Військова частина А3017*

Широке застосування ударних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) російською федерацією для нанесення пошкоджень військовій та цивільній інфраструктурі обумовило значне поширення в якості засобу боротьби з зазначеними цілями такого елементу протиповітряної оборони як мобільна вогнева група (МВГ). І якщо засобами ураження МВГ оснащуються за рахунок допомоги країн-партнерів, то інформаційне забезпечення (повітряна обстановка, розташування вогневих засобів, тощо) організовується здебільшого стихійно з використанням мовного зв'язку через цифрові радіостанції, “зашифрованих месенджерів” через засоби мобільного зв'язку, спеціалізованого графічного програмного забезпечення планшетів через мережу Інтернет. Протягом останнього часу виникало багато питань як до способів, так і до засобів передачі інформації, зазначених вище (низька швидкість мовного способу обміну інформацією, фрагментарність покриття або зникнення мобільного зв'язку, неможливість використання сенсорних пристроїв управління в польових умовах у холодну пору року, тощо). Перспективним шляхом вирішення зазначених питань є розробка пари пов'язаних пристроїв: автоматизованого робочого місця пункту управління МВГ та інформаційного модулю МВГ. Визначені основні вимоги щодо конструктивного виконання та програмного забезпечення цих пристроїв. Запропонований спосіб обміну інформацією між ними за допомогою сучасних радіостанцій з цифровим каналом обміну та шифруванням AES-256.

## **РОЛЬ І МІСЦЕ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ У СУЧАСНІЙ ВІЙНІ**

*С.І. Корсунов<sup>1</sup>; М.І. Оборонов<sup>1</sup>; О.В. Філіппенков<sup>2</sup>, д.філос.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Війни ХХІ ст. підтвердили, що провідні країни світу створили потужні угруповання засобів повітряного нападу, що поєднують ракети, пілотовану і безпілотну авіацію.

Досліджено склад авіаційного угруповання, яке створила росія для дій в Україні. Проаналізовано застосування їх засобів повітряного нападу з початку повномасштабного вторгнення в Україну. Визначена їх роль і місце при виконанні завдань, тактика застосування на початку війни та її зміни у часі.

Очевидною стала перевага безпілотних засобів над пілотованими. Вони отримали широке застосування і використовуються для вирішення різних завдань. Є ефективними засобами розвідки, РЕБ, вогневого ураження, забезпечують безпосередню доставку корисного навантаження на великі відстані. Можуть тривалий час знаходитись у повітрі з управлінням їх діями в реальному масштабі часу. Малі габарити, високі технології виробництва дозволяють досягти значення ефективної поверхні розсіювання, що значно зменшує дальності їх виявлення РЛС ЗРК. Застосування сучасних двигунів робить їх політ майже безшумним і мало теплоконтрастним на фоні неба. А головне, вони набагато дешевші, порівняно з пілотованою авіацією.

Проаналізовано тактику дій БпЛА рф при виконанні бойових завдань, їх можливості, сильні та слабкі сторони з точки зору організації боротьби з ними. Розглянуто основні підходи до організації та ведення протиповітряної оборони.

Проаналізовані сильні і слабкі сторони ЗПН, як цілей для підрозділів ППО СВ. Розроблені пропозиції по боротьбі з БпЛА з урахуванням досвіду застосування підрозділів ППО СВ.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ**

*І.І. Кравченко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Вимоги до сучасних збройних формувань зростають з кожним роком, і це вимагає від Сил оборони України знаходити нові способи боротьби зі складними та розвинутими ворожими системами. З досвіду російсько-української війни відомо, що неможливе проведення жодного виду операції без застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) з боку ворога. РЕБ стала невід'ємним елементом системи ведення бойових дій.

Одна з задач комплексів РЕБ – це вражати спрямованим атакуючим імпульсом радіоелектронне обладнання систем управління та зв'язку, засобів ведення розвідки, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) чи гвинтокрилів, тим самим повністю виводити їх з ладу або унеможливити виконання ними



бойового завдання. Такі засоби РЕБ здатні сканувати простір у пошуках електромагнітного випромінювання та вражати цілі вузькоспрямованим імпульсом, під впливом якого у ланцюгах виникають імпульси перенапруги, що призводить до руйнування напівпровідникових приладів внаслідок, як властивостей р-п переходу, так і питомої теплопровідності напівпровідникових матеріалів. Як наслідок після припинення електромагнітного впливу пристрої не можуть самостійно повернутися до працездатного стану та потребують ремонту.

Відомі дослідження можливих способів захисту радіоелектронних засобів від потужного імпульсного електромагнітного випромінювання спрямовані на розробку захисних екранувальних пристроїв для захисту радіоелектронних засобів. Це не забезпечує повного захисту від потужного імпульсного електромагнітного випромінювання ультракороткої тривалості через наявність можливих дефектів та технологічних отворів у корпусах засобів та техніки. Тому актуальним є пошук нових технологій, які дозволять зменшити або повністю виключити проникнення електромагнітного випромінювання до чутливих напівпровідникових компонентів радіоелектронних засобів.

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВІДБИТТЯ ВІД РУПОРНИХ АНТЕН У СКЛАДІ ФАЗОВАНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК**

*В.В. Ковальчук; О.Л. Сидорчук, к.т.н., доц.  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Сучасні зразки озброєння та військової техніки (ОВТ) у своєму складі мають велику кількість антен. Найчастіше покращення їх характеристик передбачає заміну звичайних антен на фазовані антенні решітки (ФАР). Для підвищення коефіцієнта підсилення, дальності дії, збільшення кількості цілей необхідною є розробка нових рупорних випромінювачів у складі ФАР. З'ясовано, що основним недоліком таких антен є зворотне розсіювання електромагнітних хвиль елементами конструкції антени. Це впливає на радіолокаційну помітність зразків ОВТ та їх електромагнітну сумісність. Для усунення зазначених недоліків проаналізовано характеристики діаграм зворотного розсіювання апертурних антен з метою покращення математичної моделі дослідження розсіяного поля з урахуванням коефіцієнтів відбиття від їх рупорних випромінювачів. Вдосконалено математичний апарат розрахунку електромагнітного поля, розсіяного антенною решіткою, що складається з рупорних випромінювачів пірамідальної форми. Графіки залежності амплітуд відбитого електромагнітного поля, від кутів спостереження свідчать, що покращення узгодження в антенному тракті призведе до збільшення максимальної амплітуди сигналу в режимі передачі. Відповідно до принципу оберненості антен таке узгодження покращить поглинання хвиль вищих типів, що наводяться на розкриві одиночного випромінювача або ФАР. Це дозволить зменшити коефіцієнт стоячої хвилі за напругою та рівень бічних пелюсток. Отже, до зондуючої радіолокаційної станції надійде зменшений рівень відбитого сигналу, що дозволить покращити розвідзахищеність зразків ОВТ, до складу яких входить рупорні антени пірамідальної форми. Отримані результати можуть бути застосовані для розробки алгоритмів виявлення і розпізнавання радіолокаційних об'єктів.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ**

*В.В. Поздняков; М.В. Бугайов, к.т.н., ст.д.  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Регулярне нанесення противником масованих ударів по військових та цивільних об'єктах із застосуванням крилатих ракет (КР) та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стимулює активний розвиток альтернативних способів виявлення та визначення координат цих засобів повітряного нападу (ЗПН). Вдосконалення математичного забезпечення для оброблення акустичних сигналів є актуальним напрямком розвитку системи акустичного моніторингу повітряного простору. Було досліджено звукові записи акустичних сигналів БПЛА “Shahed-136”, реактивних та гвинтомоторних літаків, вертольотів і КР та проведено їх спектральний та кореляційний аналіз. Акустичний сигнал БПЛА “Shahed-136” є сумою гармонічних та шумоподібних широкосмугових складових. Час його реєстрації – складає десятки секунд. Потужність і насиченість гармонічними компонентами збільшується в разі зближення БПЛА з точкою спостереження. Ширина спектра сигналу залежить від дальності і займає смугу частот від 130 Гц до 2,6–3 кГц. Фундаментальна частота гармонічної складової – близько 200 Гц. На частотно-часовій площині спостерігається зсув частоти, зумовлений ефектом Доплера. Амплітуда прийнятого сигналу залежить від напрямку та сили вітру. Акустичний сигнал реактивних літаків та КР має шумоподібну структуру з кількома слабо вираженими гармонічними складовими. Час реєстрації – до 10 с, зумовлений високою швидкістю польоту. Розмах частоти Доплера складає декілька кілогерц. Смуга сигналу лежить в межах від 90 Гц до 3–8 кГц в момент максимального рівня потужності. Аналіз характерних частот вузькосмугових складових, виділення кратних гармонік у спектрі і частотного зсуву, зумовленого ефектом Доплера дозволить виявляти, ідентифікувати а також обчислювати параметри руху конкретних ЗПН. Подальші дослідження передбачають розроблення математичних моделей акустичних сигналів та методів і алгоритмів їх оброблення.

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ШИРОКОСМУГОВОЇ ПЕРЕШКОДИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ РАДІОЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ КОРИСНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З БОРТУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*О.Р. Рихальський, к.т.н., доц.  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Практично всі розвинені країни в тій чи іншій мірі займаються дослідженням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). У даний час вони не тільки доповнюють пілотовані платформи, але й починають виступати їх альтернативою. Боротьба з БПЛА включає в себе комплекс завдань з їх виявлення та розпізнавання, прийняття рішення щодо активного знищення або порушення функціонування шляхом руйнування лінії передачі команд керування, навігаційних систем та передачі корисної інформації. При цьому одним із можливих варіантів подавлення роботи БПЛА є створення перешкод,

які порушують правильність функціонування радіолінії передачі корисної інформації наземному комплексу управління (НКУ) безпілотної системи.

Перспективним напрямком розвитку систем зв'язку з БПЛА є використання частотного діапазону вище 5 ГГц. Наприклад, конструкторським бюро "Independent development laboratory" розроблено систему передачі даних "INDELA-ATA 5800+", яка встановлюється на БПЛА та використовує саме цей частотний діапазон. Ефективним напрямком протидії БПЛА є застосування системи подавлення радіоліній управління та передачі корисної інформації, яка створює широкосмугову загороджувальну перешкоду на відповідних частотних діапазонах.

В доповіді представлені результати оцінки можливості руйнування корисної інформації, що передається радіолінією БПЛА – НКУ в частотному діапазоні 5,2–5,8 ГГц при різних видах модуляції сигналу, шляхом активної радіоелектронної протидії.

### **METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS FOR DETERMINING COMBAT ORDERS OF UNITS AND SUBUNITS OF AIR DEFENSE OF GROUND FORCES OF TROOP GROUPS**

*O. Kuliashov<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*O. Kolomiitsev<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*S. Klivets<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Startsev<sup>1</sup>; T. Kuliashova<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv National Air Force University of Ivan Kozhedub;*

*<sup>2</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

The analysis of the preparation and conduct of combat operations by the units and subunits of the Air Defense (AD) of the Land Forces (LF) to repel the large-scale armed aggression of the Russian Federation determines the need to consider issues related to the search for ways to improve their effectiveness.

In order to provide cover for troop groups from air strikes (AS), an important task is to create a system of anti-aircraft missile and artillery fire as an organized and coordinated in terms of purpose, task, space and time connection of the areas of destruction of units and subunits of the AD LF deployed in combat formations to perform combat missions.

Among the basic principles of combat employment of air defense units and subunits of the AD LF that determine the effectiveness of combat operations are the principle of maximum use of their combat capabilities, as well as the principle of determining the construction of their combat orders, which is associated with the maximum use of combat capabilities of air defense units and subunits of the AD LF of a group of troops.

Methodological recommendations have been developed to determine the combat orders of air defense units and subunits of the Army groups, which provide them with cover from air strikes.

The main input information for determining the combat orders of air defense units and subunits of the Army groups is:

- coordinates of the centers of mechanized battalions, command posts, reserves and other units of troop groups;
- coordinates of enemy airfields (or azimuth of direction to them);
- composition of air defense units of the AD LF;
- tactical and technical characteristics of anti-aircraft systems;

– requirements of guiding documents on the use of anti-aircraft systems of various types to cover groups of troops.

In order to calculate the coordinates of combat positions of defense AD LF units and subunits of the Armed Forces, it is necessary to calculate the coordinates of the boundaries of the areas occupied by the units of the covered force grouping. To do this, an algorithm is implemented to calculate the boundaries of the deployment of these units, which is approximated by rectangles, the sides of which are set in the input database for the grouping of troops along the front and in depth.

The article presents an algorithm for calculating the coefficients of overlap of the zones of destruction of anti-aircraft systems in relation to the coverage of units of groups of troops to assess the degree of their coverage from air strikes. It is realized by cyclically checking the location of position areas (starting, firing positions) in the zone of reliable coverage of each air defense unit of the AD LF.

Based on the requirements for the deployment of anti-aircraft systems of various types in relation to the covered units, the algorithm includes a number of partial algorithms for the formation of combat orders of the corresponding types of anti-aircraft systems.

The information obtained during the implementation of the algorithms is entered into the database tables of unit coverage density and is used to assess the optimal distribution of AD LF defense assets to cover units, and can also be used to adjust the combat order of AD LF defense units and subunits to provide more uniform coverage of units of troop groups.

Thus, methodological recommendations have been developed for determining the combat orders of air defense units and subunits of the AD LF and created conditions for increasing their firepower by creating a more effective system of anti-aircraft missile and artillery fire.

### **ЗАХИСТ ЗЕНІТНО-РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ВІД УРАЖЕННЯ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ РОЗСІЮВАННЯ ЇХ АНТЕННИХ СИСТЕМ**

*О.Л. Сидорчук, к.т.н., доц.; В.Й. Залевський; І.С. Григорьев  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

З досвіду сучасних війн відомо, що активна фаза бойових дій починається з дій авіації з метою досягнення переваги в повітрі шляхом руйнування та подавлення системи управління військами, ураження та знищення системи протиповітряної оборони, до складу якої входять радіолокаційні станції (РЛС) зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) тощо. Таким чином, РЛС ЗРК є ціллю для літака, безпілотного літального апарата тощо, а отже, є об'єктом першого удару. Енергетичним параметром виявлення об'єкта для літакової бортової РЛС є його ефективна поверхня розсіювання (ЕПР), що характеризує відбивну здатність цілі (розсіяні або перевідбитої від неї енергії). Дослідження закономірностей перевідбиття від ФАР доводить складність завдання його усунення. Відомо, що якщо антенна система не розсіює енергії, то вона її і не приймає. Таким чином розсіювання можна лише зменшити. Дослідження амплітуд електромагнітних хвиль, збуджених у розкритій опромінювачів лінійної решітки доводить, що знизити перевипромінювання від ФАР з метою зменшення енергетичної дальності виявлення РЛС ЗРК, що знаходяться в режимі радіомовчання, можна шляхом: зменшення внеску вищих типів хвиль, які збуджуються в розкритій  $n$ -го випромінювача; покращення узгодження в

антенному тракту; зменшення коефіцієнта відбиття тощо. З'ясовано, що вплинути на зменшення ЕПР антенної системи можна зміною конструктивних особливостей кожного випромінювача. Передбачається, що завдяки таким діям відбудеться зміна радіолокаційного портрета антенної решітки та зменшення діаграми її зворотного розсіювання. Дослідження проведено для випадку нормальної поляризації падаючої хвилі до площини її падіння. Вони сприятимуть більш якісному моделюванню ФАР з нових малогабаритних випромінювачів колової поляризації зі зменшеною ЕПР.

## **DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF COMMAND AND CONTROL OF UNITS AND SUBUNITS OF AIR DEFENSE OF GROUND FORCES OF TROOP GROUPS IN MODERN CONDITIONS**

*O. Kulieshov<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*O. Kolomiitsev<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*S. Klivets<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Startsev<sup>1</sup>; T. Kulieshova<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv National Air Force University of Ivan Kozhedub;*

*<sup>2</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

When organizing cover from air strikes by units and subunits of the Air Defense (AD) of the Land Forces (LF) as part of a group of troops in the context of repelling large-scale armed aggression by the Russian Federation, the role of their management increases significantly, which requires consideration of the issue of improving the management system.

In order to achieve the required efficiency of combat employment of units and subunits of the AD LF, a control system is created as a set of functionally related control bodies, command posts (CP), control points (CPs) and control means (communication, automation for collecting, processing information) that ensure the collection, processing, display of information on the situation, solving tasks of targeting and targeting, communicating commander's decisions and tasks to subordinates and monitoring their implementation.

The command system must be ready for its intended use and must provide for both centralized and decentralized control. The readiness of the command system is the ability of commanders and other command and control bodies to immediately begin to perform the tasks of commanding units and subunits of the air defense of the AD LF when they are brought to the highest levels of combat readiness, deployed in combat formations and conduct combat operations.

The algorithms for calculating control system evaluation indicators allow calculation of control boundaries and communication zones taking into account the terrain, possible time of receiving combat information at the CP (CPs) according to the implemented structure of the control system, operating time of the CP (CPs) and average delays in the time of information passage between them.

Directions for improving the management system of the AD LF of the stem from the indicators of its assessment, as well as from the general requirements for the management system. At the same time, the main directions for improving the management system in modern conditions are:

– constant clarification by command officials of changes in the situation in the course of hostilities, timely decision-making and communication of combat tasks to subordinates;

– improvement of the procedure for the work of command bodies in the organization of combat operations, taking into account the arrival of foreign-made anti-aircraft systems;

- early creation of the structure of the CP (CPs), their timely deployment and movement, compliance with the established measures to counteract the enemy's technical means of intelligence;
- organization of combat duty at the CP (CPs) and control over its performance;
- creation of the necessary stocks of material resources at the CP (CPs) for the uninterrupted operation of personnel and equipment;
- organization of air enemy reconnaissance and determination of methods of collecting, transmitting, processing and displaying information;
- organization of stable communication, constant maintenance of control bodies and means in readiness for combat missions;
- improvement of the structure of communications and automated control systems, information and software;
- assessment of the established command and control system by combat scenarios and determination of rational methods of control;
- organization of timely control over the readiness of the air defense forces and means of the AD LF for combat operations.

Thus, the report suggests areas that make it possible to improve the system of command and control of air defense units of the AD LF in modern conditions.

### **THE 21<sup>st</sup> CENTURY MILITARY DOCTRINE: HYBRID WAR OF CONTROLLED CHAOS**

*L. Davydenko, Ph.D., Associate Professor; S. Gotsylyak  
State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification*

In the current era of globalization, development of information technology and the revolution in management, military science is looking for new theories and concepts that reflects new realities. As aggressive war against Ukraine has shown, russian military doctrine does not develop new military technology similar to network-centric warfare but has accumulated the worst inhumane practices of Soviet and post-Soviet times. Russia uses resources that are not weapons as such but can be weapons with a real destructive effect.

Hybrid war is the main idea of russian military doctrine, but "hybrid war" is broad, "frame" concept. Russian version of war may be called a "hybrid war of controlled chaos". This definition is not strictly professional but rather publicist, emphasizing the characteristic essence of a new type of war – creation of global chaos.

"Controlled chaos" should not be regarded as a strategy but as a technology which includes: "cloud" adversary technology; privatization of the war when the traditional two sides of a military conflict are joined by other actors – private military companies; false flag operations; terror against civilians; information warfare weapons; using of Ukrainian refugees as a weapon to cause a migration crisis in the European Union; the exploitation of the dependence of the EU countries on Russian energy resources; nuclear blackmailing etc.

War against Ukraine is the first full scale practical test for russian hybrid war doctrine. It has shown that existing regulatory framework of International Law of Armed Conflicts that based on the 20th Century military theories, cannot protect global security. Therefore international community should focus on the developing of common approaches, innovative international principles and norms that can address new hybrid challenges.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПІДХОДУ ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У ЗАВДАННЯХ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ**

*О.В. Зайцев<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; М.О. Попов<sup>2</sup>, д.т.н., проф.;  
С.С. Стефанцев<sup>1</sup>; О.М. Болюта<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Воєнна академія ім. Євгенія Березняка;*

*<sup>2</sup>Державна установа “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі  
Інституту геологічних наук Національної академії наук України”*

Однією з ключових умов успішного вирішення завдань національної безпеки і оборони є наявність розвинуеного інформаційного забезпечення. Інфраструктура такого забезпечення складається з великої кількості різноманітних джерел даних. Але дані, що постачаються такими джерелами, є гетерогенними, тобто відрізняються між собою достовірністю, точністю, форматами подання тощо. Крім того, доволі часто обсяг наявних даних виявляється недостатнім для вимог послідууючого аналізу. Все це утворює серйозну проблему злиття (зведення) даних і прийняття адекватних рішень в умовах часткової невизначеності.

В доповіді пропонується новий підхід до оброблення даних при вирішенні завдань національної безпеки і оборони, пов'язаних з прийняттям рішень в умовах невизначеності. Математична модель підходу базується на положеннях теорії свідчень Демпстера-Шейфера.

Підхід викладається на алгоритмічному рівні і забезпечує злиття (зведення) гетерогенних даних щодо об'єкта інтересу з урахуванням надійності джерел, при цьому при прийнятті рішення надається можливість враховувати як позитивні, так і негативні оцінки щодо надійності кожного окремого джерела даних.

Можливості запропонованого підходу ілюструються числовим прикладом. На завершення обговорюються шляхи застосування запропонованого підходу.

### **THE LAUNCHING OF R-27 AIR-TO-AIR MISSILES FROM GROUND-BASED LAUNCHERS IS AN INNOVATIVE APPROACH THAT HAS THE POTENTIAL TO STRENGTHEN UKRAINE'S AIR DEFENSE CAPABILITIES**

*D. Spirin; O. Pohorilyi; O. Shynkarenko; Candidate of Economic Sciences  
Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification*

The creation of effective air defense missile systems (SAMs) in a short period of time using prototypes or individual samples of high-precision missile weapons is a common practice in many developed countries of the world that are engaged in the development and manufacture of weapons and military equipment.

The Israeli Spyder SR system and the Indian mobile air defense systems SAMAR-1 and SAMAR-2, which use aviation missiles on various ground-based air defense systems, were developed on the basis of an air-to-air missile. The SAMAR-1 uses R-73 missiles. As for the mobile air defense system SAMAR-2, its basis was the R-27ET air-to-air missile with thermal guidance.

To launch missiles in SAMAR-2, aviation launch devices APU-470M are used, each of which is designed to carry one missile of the R-27 family. APU-470M is usually used on combat aircraft.

Taking into account the experience of other countries in the development of SAMs based on aviation missiles, and the lack of production of air defense guided missiles for air defense missile systems adopted for service, it is advisable to develop a SAM using aviation missiles, the production of which is established in Ukraine.

The experimental launches of R-27 missiles from a ground-based launcher in July 2023 were a success. The missiles flew as expected and hit their targets. This confirms the feasibility of using air-to-air missiles as the basis for air defense missile systems expected and hit their targets. This confirms the feasibility of using air-to-air missiles as the basis for air defense missile systems.

## **ОСНОВНІ ЗАГАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*П.І. Нор, к.т.н., с.н.с.; І.В. Борохвостов, д.т.н., с.н.с.*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Аналіз та систематизація новітніх видів ОВТ, що розроблялись та були прийняті на озброєння за останні десятиріччя, а також розробляються в даний час дозволили, на наш погляд, виділити більше 10 загальних тенденцій їх розвитку. Основними з них є.

1. Інтелектуалізація засобів ведення збройної боротьби (роботизовані, автономні та дистанційно керовані зразки ОВТ або їх модулі з використанням елементів штучного інтелекту).

2. Пріоритетний розвиток високоточних засобів ураження з підвищеною бойовою могутністю та дальністю дії.

3. Використання повітряно-космічних систем для вирішення як традиційних так і нових бойових задач з використанням гіперзвукових боеприпасів.

4. Підвищення ролі техніки спеціальних військ, що забезпечує ведення “інформаційної” боротьби: кібернетичних ударів, засобів розвідки, радіоелектронної боротьби, зв’язку і автоматизованого управління.

5. Створення нових високоефективних, як правило, малогабаритних, безекіпажних та відносно низькозатратних зразків ОВТ для їх масового використання.

Вказані основні загальні тенденції розвитку ОВТ досить переконливо підтверджуються досвідом бойових дій в Україні. Їх врахування при плануванні розвитку ОВТ надасть можливість зменшити ризики при прийнятті рішень під час розробки програмних документів розвитку як ОВТ, так і ЗС України в цілому.

## **АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБЛЕННЯ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ, ЯК ЕФЕКТИВНОГО ЗАСОБУ УРАЖЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*С.В. Лаврик*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Принцип дії лазерної зброї полягає у використанні створеного вузького пучка монохроматичного, когерентного, поляризованого світла, який здатний поширюватися на значні відстані без розсіювання і створювати велику потужність енергії випромінювання.



Виходячи з аналізу існуючих зразків лазерної зброї провідних держав світу, її перевагами є:

- точність (точка влучання співпадає з точкою прицілювання);
- непомітність (використання невидимої частини спектру випромінювання);
- низька вартість генерації вражаючого променя, необмежена її кількість, яка залежить виключно від живлення, та швидкість генерації;
- можливість регулювання уражаючої дії;
- відсутність необхідності поповнення боекомплекту.

Недоліками вказаної зброї залишається:

- можливість ураження виключно видимих цілей;
- залежність від погодних умов (туман, дощ, тощо);
- потреба у безперебійному живленні;
- велика енергоємність та громіздкість.

Незважаючи на недоліки, лазерна зброя може бути ефективним засобом ураження БПЛА противника, особливо тих, які є автономно запрограмованими та не підлягають впливу засобів РЕБ.

Отже, розроблення та створення вітчизняних зразків лазерної зброї є актуальним та необхідним напрямком стратегічного розвитку системи ППО Сил оборони держави.

## **ПОГЛЯДИ НА АВТОМАТИЗОВАНУ СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ НАВЕДЕННЯМ ТА ВОГНЕМ БОЙОВИХ МАШИН РЕАКТИВНОЇ АРТИЛЕРІЇ**

*О.М. Мелешко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Реалії сьогодення висувають жорсткі вимоги щодо автономності застосування бойових машин реактивних систем залпового вогню (БМ РСЗВ), часових характеристик готовності до відкриття вогню і здійснення противогневого маневру. Бойові машини повинні бути спроможні здійснювати:

- розгортання з маршу на непідготовленій вогневій позиції (ВП) з топогеодезичною прив'язкою ВП і орієнтуванням БМ;
- автоматизований прийом цілевказання з пункту управління вогнем, автономний розрахунок установок для стрільби;
- автоматизоване наведення пакету напрямних у ціль за вирахуваними установками для стрільби без виходу обслуги БМ із кабіни.

Для реалізації даних вимог БМ РСЗВ має бути оснащена відповідним засобами:

- навігації і топогеодезичної прив'язки, визначення дирекційного кута поздовжньої осі БМ;
- визначення поточного положення пакету напрямних у горизонтальній і вертикальній площинах;
- вимірювання наземних метеорологічних параметрів;
- автоматизованого розрахунку установок для стрільби і автоматизованого управління приводами наведення;
- зв'язку і передачі даних.

Автором запропоновано можливі варіанти оснащення БМ РСЗВ. Зокрема, надано пропозиції щодо складу засобів навігації і топогеодезичної прив'язки,

засобів вимірювання наземних метеорологічних параметрів, технічні рішення з визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків і поточного положення пакета напрямних, а також вимоги до точності визначення відповідних параметрів. Надається перелік основних задач, які повинна вирішувати підсистема обробки даних.

## **ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМІВ ПЕРЕОЗБРОСННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ**

*Ю.В. Міщенко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

На даний час частини та підрозділи ракетних військ і артилерії (РВіА) Збройних Сил України мають на озброєнні значну кількість різних типів мінометів, артилерійських гармат, реактивних систем залпового вогню, ракетних комплексів. Вони різняться тактико-технічними характеристиками, можливістю використання різних типів боєприпасів (у тому числі високоточних), країною виробником, роками виробництва, термінами експлуатації тощо.

Використання різномісних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) РВіА певною мірою зумовлює складність планування бойового застосування підрозділів РВіА, організацію логістичного забезпечення, підготовку обслуг та екіпажів тощо. Також є певні проблеми стосовно експлуатації зазначених зразків ОВТ та використання нештатних боєприпасів. Отже потребує оптимізації перелік зразків ОВТ, якими в перспективі буде оснащено частини та підрозділи РВіА.

Для вирішення зазначеного завдання доцільно провести:

– розроблення оперативного-тактичних вимог до зразків ОВТ РВіА та оцінювання наявних систем (комплексів) на відповідність зазначеним вимогам;

– оцінювання та порівняння зразків ОВТ РВіА за показниками бойових властивостей, експлуатації (показниками надійності), а також економічними показниками (вартість зразка озброєння, експлуатації тощо).

На основі отриманих даних провести оптимізацію переліку зразків ОВТ, якими в перспективі буде озброєно частини та підрозділи РВіА, за категоріями: зразки озброєння артилерії батальйонів; артилерії загальновійськових бригад; артилерійських бригад; реактивних артилерійських бригад; ракетних бригад.

## **ЕЛЕКТРОПРОВІДНА АЕРОЗОЛЬНА ХМАРА ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

*Л.Ю. Новосад<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; В.А. Воскобийник<sup>2</sup>, д.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Інститут гідромеханіки Національної академії наук України*

Поліпшення ефективності захисту повітряного простору над об'єктами критичної інфраструктури від БПЛА вимагає розроблення принципово нових методів боротьби. До таких методів відносяться, зокрема, методи зміни властивостей повітряного середовища, де рухаються літальні об'єкти.

Створення “електропровідної аерозольної хмари” безпосередньо на траєкторії БпЛА в поєднанні з короткочасним НВЧ-імпульсом утворює об’ємний заряд плазми, що призведе до виведення літального апарату з ладу. В лабораторних дослідженнях використано високодисперсні вуглецеві матеріали з великою площею поверхні, модифікований пірогенний кремнезем та нанорозмірні пластинки багатощарового графену, що в дві стадії отримувалися з терморозширеного графіту вітчизняного виробництва.

Зроблено експериментальний стенд зі створення аерозольної електропровідної хмари та проведені тестові дослідження з взаємодії цих хмар з пульсуючим повітряно-реактивним двигуном М135 російської повітряної мішені Е95М для випробувань засобів ППО. В лабораторних умовах досліджено вплив на радіоелементи та електронні плати, які керують роботою двигуном М135.

Тестові дослідження показали, що електропровідні аерозольні хмари з формуванням плазмового середовища на шляху руху БпЛА є перспективним засобом захисту об’єктів критичної інфраструктури. Але ці роботи вимагають подальших наукових робіт з використанням стендових і натурних досліджень.

### **ПІДХІД ДО РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСІВ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПУНКТИВ УПРАВЛІННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛІВ**

*С.М. Сай*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Розроблення ІРЗ здійснюється з урахуванням структури системи управління, сутності процесів управління, що автоматизуються, складу та особливостей функцій управління, що виконуються. Описи постановок ІРЗ повинні проводитися у суворо визначеній логічній послідовності, яка дозволяє найбільш раціонально організувати процес виконання даної роботи. На першому етапі опису постановок ІРЗ проводиться аналіз роботи органів управління (ОУ) артилерійських підрозділів під час підготовки та ведення бойових дій. Наступним етапом є визначення завдань ОУ, які потребують вирішення у автоматизованому режимі. На основі зазначених етапів визначається перелік ІРЗ. Далі формуються вихідні дані ІРЗ та здійснюється опис ІРЗ. Останнім етапом є оформлення та затвердження опису задач і надання його для розроблення програмного продукту.

Описи ІРЗ розробляються за визначеною структурою та мають містити наступні основні елементи: анотацію (характеристику та призначення задачі, оперативні основи процесів, що моделюються, обмеження і допущення, які прийняті при розробці задачі), перелік та опис вхідних і вихідних даних, критерії та показники ефективності, структуру (алгоритм) вирішення задачі, математичні методи, вимоги щодо охорони державної таємниці та захисту інформації.

При формуванні вихідних даних оперативних постановок на ІРЗ доцільно застосовувати інформаційні моделі автоматизованої взаємодії ОУ артилерійських підрозділів між собою та взаємодіючими органами управління. Дані моделі розробляються для кожної задачі із визначеного (затвердженого) переліку ІРЗ. У зазначених моделях інформаційні процеси подаються у вигляді формальної системи. Формалізація відбувається за рахунок використання

математичного апарату, який дозволяє абстрагуватися від деяких особливостей процесу і вирішувати задачі стандартними засобами даної формальної системи.

## **ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ БПЛА У ХОДІ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ**

*О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.; І.Л. Єфімов; В.Л. Палій; Р.П. Семенюк  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Новим викликом для Сил оборони України стало нанесення противником повітряних ударів за допомогою БпЛА-камікадзе (баражуючих боєприпасів) дальньої дії типу Shahed-136/131 по підрозділах Збройних Сил, пунктах управління, містах та об'єктах критичної інфраструктури України. Безпосередньо на лінії зіткнення та на глибині до 40 км від неї, противником широко застосовуються БпЛА-камікадзе типу ZALA Ланцет (різних модифікацій), FPV-дрони, а для розвідки та цілевказівки (особливо в інтересах підрозділів РВіА) – низка розвідувальних БпЛА.

У доповіді представлені результати аналізу демаскуючих ознак БпЛА та характеристик підсистем, що дозволяють виявляти відповідні повітряні цілі. Представлені результати досліджень характеристик радіолокаційної помітності БпЛА, їх залежність від розмірів (класу) БпЛА, особливості залежності величини ЕПР від ракурсу.

Представлено результати порівняльного аналізу характеристик іноземних і вітчизняних радіолокаційних засобів для виконання завдань виявлення БпЛА. Розглядають заходи для покращення умов прямої видимості маловисотних повітряних цілей. Представлено тенденції розвитку малих РЛС.

Показано досвід інтеграції радіолокаційних засобів до спеціалізованих комплексів боротьби з БпЛА.

Проведено узагальнення досвіду застосування радіолокаційних засобів для виявлення БпЛА, що отриманий підрозділами Збройних Сил України у ході відбиття збройної агресії.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

*А.С. Довгополий, д.т.н., проф.; О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Реалізація скритності пасивних приймальних пунктів актуалізувала дослідження багатопозиційних систем, особливо в інтересах підрозділів на передньому краю. В системі захисту (оборони) об'єктів критичної інфраструктури також раціональним є використання подібних систем з огляду на стійкість, скритність та економічну ефективність.

У доповіді представлені результати аналізу та узагальнення теоретичних досліджень методів багатопозиційної пасивної (напівактивної) радіолокації.

Представлено розроблений алгоритм переведення системи рівнянь різницево-далекомірною методом до лінійної форми, який базується на

введенні одного додаткового приймального пункту та запропонованого авторами перевизначення рівнянь.

Запропоновано удосконалений метод стохастичної оптимізації розташування приймальних пунктів, який, на відміну від існуючих, базується на обґрунтованих автором критеріях оптимізації, використовує розроблений автором алгоритм коригування показників методу та адаптований автором до вирішення просторово локалізованих завдань.

Розглядається розроблений метод сумісного управління просторово-енергетичними показниками направленості антен приймальних пунктів зі складу багатопозиційної радіолокаційної системи

Представлені результати моделювання удосконаленого авторами методу супроводження повітряних цілей, який, на відміну від існуючих, шляхом використання запропонованого модифікованого фільтру Калмана поширено на багатопозиційну радіолокаційну систему.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ CVRT-АНАЛІЗУ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ**

*С.В. Шевчук; К.М. Горбачов, д.філос.  
Національний університет оборони України*

Аналіз результатів боротьби Сил оборони з повітряним противником в ході повномасштабної агресії РФ проти України вказує на суттєве зростання необхідності завчасного викриття мети нанесення противником ударів з повітря. В тому числі, визначення військ та об'єктів (далі – об'єктів), які мають прикриватися силами та засобами протиповітряної більш надійно. При цьому, в умовах обмеженої кількості ресурсів, такі завдання набувають особливої важливості.

З переходом на планування протиповітряної оборони за стандартами НАТО для визначення пріоритетності прикриття об'єктів в ході фази аналізу місії пропонується використання результатів проведення факторного аналізу. При цьому, одним з його результатів є матриця загроз, яка, в подальшому, уточнюється.

Розробка матриці загроз здійснюється за правилами CVRT-аналізу, який використовується у провідних країнах, в тому числі в країнах-членах НАТО, не тільки у військовій методології, а є одним з об'єктивних засобів для визначення пріоритетів у бізнес-сфері.

Так, оцінювання фахівцями протиповітряної оборони необхідного рівня захищеності об'єктів від впливу засобів повітряного нападу проводиться по чотирьох показниках: критичність, вразливість, відновлюваність, загроза.

При цьому, особливу увагу осіб, які керують плануванням, слід звертати саме на те, що визначення переліку об'єктів та їх критичності, тобто важливості для успішного виконання часткових завдань (досягнення мети операції), повинні виконувати виключно посадові особи секції планування застосування (G3, J3), а не фахівці протиповітряної оборони, а також інших напрямків. Порушення зазначеного порядку може знівелювати сутність CVRT-аналізу як фундаменту планування та негативно вплинути на його якість в цілому.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ПРАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БОРОТЬБИ З БПЛА ПРОТИВНИКА**

*Р.М. Животовський, к.т.н., ст.д.*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Комплекс практичних заходів щодо підвищення ефективності боротьби з БПЛА противника типу “Ланцет”, “Шахед”, “Орлан” повинен передбачати організаційні та технічні заходи протидії, а також оснащення підрозділів сил оборони України сучасними засобами (комплексами) вітчизняного та іноземного виробництва.

Перелік заходів протидії повинен включати:

- створення мобільних вогневих груп з різнорідних сил та засобів ППО (ЗРК, ЗАК, ЗГРК, ПЗРК), які мають порівняно високі розвідувальні і вогневі можливості при виявленні та стрільбі по малорозмірних цілях і призначені виключно для ураження БПЛА;
- створення засадних позицій на імовірних напрямках дії БПЛА за результатами аналізу статистичної інформації щодо польотів БПЛА;
- удосконалення (модернізація) існуючих зразків зенітного озброєння в інтересах підвищення ефективності боротьби з малорозмірними цілями;
- розробку перспективних зразків зенітного озброєння стосовно до вирішення специфічних завдань виявлення і ураження малорозмірних повітряних цілей, включаючи БПЛА;
- розробку спеціалізованих комплексів і засобів боротьби з малорозмірними цілями, заснованих на застосуванні нетрадиційних видів зброї;
- застосування комплексу “військових” заходів з протидії системам розвідки, управління і бойового застосування БПЛА.

## **ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОГО РІВНЯ**

*С.О. Богачов; О.В. Кушніренко; Н.М. Пантелєєва, д.е.н., к.т.н., проф.;  
М.Е. Хуторна, д.е.н., проф.*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

У ході військової агресії росія активно використовує ударні БПЛА типу “Шахід”. Їх масове застосування зумовлюється відносно низькою вартістю та масштабністю ураження різних типів об’єктів. Використання винищувальної авіації та існуючих засобів ППО для знищення ворожих БПЛА є неефективним. Перспективним шляхом є розробка та виготовлення автономного мобільного комплексу ППО з комплексною обробкою інформації з використанням штучного інтелекту. Його виробництво не потребує специфічного обладнання та технологій, може максимально використати загальнодоступні стандартизовані та уніфіковані вузли, деталі і конструктивні елементи. При цьому його функціонал полягає у такому: 1) виявлення БПЛА за комбінованим методом, застосовуючи акустичні, інфрачервоні та локаційні сенсори; 2) ідентифікація БПЛА за допомогою аналізу зображення цілі в

реальному часі з тепловізійної та/або оптичної камер та аналізом спектру електромагнітного випромінювання цілі за допомогою програмного забезпечення; 3) цілевказання шляхом аналізу інформації, що надходить від блоку сенсорів, розрахунок поточних координат цілі; 4) наведення на ціль оператором, використовуючи інформацію цілевказання та зображення з бортової системи прицілювання БпЛА у ручному або автоматичному режимі; 5) знищення цілі БпЛА-випилювачем, обладнаним відповідним стрілецьким або іншим озброєнням.

Отже, очікується достатня функціональність цього комплексу у вирішенні завдань ППО за одночасної економічності, швидкості виготовлення та нескладності підготовки персоналу. Зазначене підвищує ефективність ППО проти ворожих БпЛА.

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БОЄПРИПАСІВ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

*Я.М. Яворський*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

З початком російсько-української війни підрозділами РВіА експлуатується значна кількість артилерійських систем, які надійшли від країн-партнерів у рамках міжнародної технічної допомоги. При цьому снаряди в Україну заходять, як правило, партіями від одного виробника, тому маємо ситуацію, коли певний період артилерія виконує завдання французькими снарядами, потім індійськими і так далі. Відповідно, при таких обставинах, таблиці стрільби відсутні, технічна сумісність боєприпасу не вивчалась і кожен раз потрібно вирішувати завдання як вести стрільбу нештатним снарядом з тієї чи іншої артилерійської системи. Те ж стосується зарядів – вони надходять хаотично, відповідно на вогневій позиції знаходяться заряд виробництва одної країни, снаряд другої, а гармата третьої. Спрогнозувати дані випадкові комбінації, а тим більше розробляти таблиці стрільби на випадкові комбінації снаряд-заряд-артилерійська система вкрай важко або ж просто неможливо.

Крім проблеми з розрахунком установок для стрільби є ще проблеми технічної сумісності, за виявлення яких нам доводиться платити розірваними стволами і людськими життями.

Частково дану проблему можна вирішити шляхом отримання доступу до бази даних балістичних властивостей боєприпасів та інструментів моделювання траєкторії їх польоту (NABK) з метою швидкої адаптації боєприпасів НАТО до використання різними типами артилерійських систем, а також диверсифікації поставок боєприпасів, що забезпечить застосування артилерійськими системами сумісних боєприпасів.

## **СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ: СВІТОВИЙ ВИМІР**

*А.В. Коваленко; Д.В. Сиворакиа, Н.М. Пантелєєва, д.е.н., к.т.н., проф.;*

*М.Е. Хуторна, д.е.н., проф.*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Розробка та прийняття на озброєння лазерної зброї – це новітній етап підвищення ефективності оборонних та бойових можливостей збройних сил. Її основними перевагами є: швидкість, що дозволяє уражати цілі відразу після їх

виявлення; висока точність вибору та ураження цілей; гнучкість та адаптивність до необхідно рівня ураження; малоймовірність перехоплення. Лазерна зброя має точніші характеристики, ніж традиційна балістика, що суттєво підвищує її бойову ефективність. Своєю чергою, нескінченність боєприпасів; здатність відстежувати і знищувати цілі на різних дальностях зумовлює її економічну ефективність.

Лідерами у виробництві лазерної зброї, які вже пропонують свої розробки ринку, є США, Китай та Ізраїль. Своєю чергою, Німеччина, Франція, Велика Британія, Туреччина, Південна Корея перебувають на етапі випробувань власних розробок лазерної зброї. Насамперед, виробники лазерної зброї конкурують за такі параметри: потужність лазера; дальність ураження цілі; середовище застосування (повітря, суша, вода, космос); маса; автономність та мобільність; рівень інтеграції з існуючими системами ППО. Особлива увага приділяється розробці лазерної зброї мегаватного класу, у тому числі задля протиракетної оборони. Наразі на ринку пропонуються системи лазерної зброї з потужністю від 10 кВт до 100 кВт з дальністю ураження до 4 км та застосовуються у сухопутних, повітряних, військово-морських силах провідних країн світу. Лазерна зброя вже засвідчила доцільність оборонного та наступально-руйнівного застосування, а тому важливо розвивати міжнародне співробітництво у галузі інноваційних технологій, запроваджуючи зброю спрямованої енергії у ЗС України.



## СЕКЦІЯ 11

### РОЗВИТОК ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ДОСВІДУ ООС ТА ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

Керівники секції: бригадний генерал Куляс С.В.;  
к.т.н. с.н.с. пр. ЗС України Рогозін І.В.  
Секретар секції: майор Долінський М.П.

#### MODERNIZATION OF AUTOMOTIVE CHASSIS OF ARMS AND MILITARY TECHNOLOGY USING HYBRID POWER UNITS

*S. Kulyas<sup>1</sup>; I. Rohozin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
<sup>1</sup>Logistics Command Air Force Command of Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of the war initiated by the Russian Federation against our country, and the local conflicts of recent years, indicate new requirements for the automotive chassis of arms and military equipment. It is not just the traditional necessity of increasing the speed of movement to reduce the likelihood of being hit by high-precision weapons. To this is added the growing number of consumers of electrical energy due to the spread of usage of various personal computers, cooling devices for them and etc. In addition, the widespread use by the enemy of unmanned aerial vehicles requires powering additional systems that interfere with their work or destroy them. All this requires solving the problem of increasing the possibility of producing electricity in field conditions while performing tasks for their intended purpose. One of the ways to solve this problem is the modernization of automotive chassis of arms and military technology, including means of aerodrome-technical support (ATS) flights, by installing a hybrid power unit, which is most appropriate during a major overhaul.

The report analyzes the characteristics of power units of modern automotive chassis of leading world manufacturers of military vehicles. Variants of constructions of military hybrid (internal combustion engine and electric generator) transport facilities are considered, their analysis is conducted and a functional diagram of an automobile chassis and military hardware with a hybrid power unit is proposed.

Formulated basic requirements for the location of functional elements of a hybrid power unit and defined their tasks taking into account the possibility of power supply equipment ATS flights during the performance of tasks. The preliminary calculations indicate that in the case of widespread use of automotive chassis with hybrid power units, in addition to the possibility of reducing fuel consumption, the need for moving trailer electric stations may decrease while increasing electricity production in areas of task execution. At the same time, the absence of the need to move trailers will allow high speeds of military vehicles on the march.

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ  
ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НАДАНИХ  
КРАЇНАМИ-ПАРТНЕРАМИ**

*С.В. Куляс*

*Командування логістики Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Відбиття вторгнення російської федерації (рф), відновлення територіальної цілісності України, забезпечення її незалежності та суверенітету перш за все залежить від бойових спроможностей Сил оборони України, та зокрема Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України.

Необхідний рівень боєздатності військ (сил) створюється, зокрема, за рахунок своєчасного забезпечення їх необхідною кількістю озброєння, військової техніки (ОВТ) та матеріально-технічних засобів (МтЗ). Вирішення цих завдань покладається на систему логістичного забезпечення ПС ЗС України.

Тому в умовах відбиття широкомасштабної агресії рф проти України першочергова увага приділяється організації ефективного логістичного забезпечення військ (сил) в операціях, особливо її швидкої адаптації до реальної обстановки, форм та способів застосування частин (підрозділів) на різних етапах її відбиття, у зв'язку з цим, завдання щодо розвитку системи забезпечення ПС ЗС України, зокрема системи логістичного забезпечення в нових умовах, набуває все більшої актуальності.

Враховуючи підтримку з боку країн-партнерів, що надається Україні у боротьбі із рф, система логістичного забезпечення має створити надійний фундамент для забезпечення повсякденного функціонування, заходів бойової підготовки та застосування ПС ЗС України за призначенням з урахуванням їх переоснащення на нові зразки ОВТ та набуття взаємосумісності з НАТО.

З метою реалізації мережевих принципів управління і застосування ПС ЗС України, здатності швидко розосереджуватися для уникнення ударів противника та концентрувати зусилля на визначених напрямках для нанесення ударів у відповідь, система логістичного забезпечення має зазнати змін в бік підвищення гнучкості, живучості, стійкості і оперативності. Для цього мають бути створені захищені бази, склади і арсенали необхідні для розосередження запасів ОВТ, засобів ураження, інших матеріальних ресурсів, та забезпечені процедури їх швидкого постачання у відповідні позиційні райони і до відповідних аеродромів базування та розосередження.

За цими ж принципами має розвиватися аеродромна мережа. Особлива увага при цьому має бути приділена переобладнанню і сертифікації аеродромів, забезпеченню їх здатності приймати та забезпечувати польоти авіаційної техніки іноземного виробництва, забезпеченню безпеки і живучості авіаційної техніки на землі, живучості та здатності до швидкого відновлення аеродромної інфраструктури в цілому.

У доповіді визначені перспективи розвитку логістичного забезпечення ПС ЗС України з урахуванням наданих країнами-партнерами ОВТ, МтЗ та взаємointegraції з принципами і стандартами, прийнятими державами – членами НАТО.

## **FEATURES OF LOGISTIC OPERATIONS OF THE AIR FORCES OF UKRAINE UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF MARTIAL**

*A. Gurin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;  
V. Jigiray; L. Mikhalova; V. Startsev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The concept of "logistics operations" should be understood as a set of coordinated and interrelated measures that ensure the supply of troops (forces) with the necessary material and technical means, the provision of services and works in the required quantity (in the required list, volume), in the required place and in the specified time.

The main purpose of logistics operations in the military units (subunits) of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is: maintaining the combat capability and vitality of the units due to timely provision of them with the necessary amount of material and technical means, maintaining them in readiness for use (use as intended) in various combat conditions and high-quality and timely provision of the needs of military units (units) in works and services both in peacetime and in a special period.

During the performance of tasks related to the provision of troops (forces) with material and technical means, works and services, the rules of logistical support adopted by the Armed Forces of Ukraine in accordance with normative documents and NATO standards are used.

Special attention when carrying out logistics operations during the preparation and during the use of military units (units) of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine consists in carrying out measures to: organize the supply of means of destruction (aviation means of destruction, anti-aircraft guided missiles, other missiles and ammunition), military technical property, fuel and lubricants, food, material property and other material and technical means.

In the report, the functions of logistics operations, the peculiarities of planning and the provision of certain types of material and technical means, works and services of military units (subunits) of all branches of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in the performance of combat missions will be disclosed.

## **IMPROVEMENT OF THE TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE AIRPORT MULTIPURPOSE AIR CONDITIONER AMK-24/56-131 DURING ITS MODERNIZATION**

*A. Kashkanov, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Kaviuk; M. Sviridenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays, a lot of attention is paid to the problem of improving the quality, reliability and durability of the airfield technical support for flights (ATF). This problem is complex in nature, its solution is one of the priority tasks of state importance. An important issue in the reliability of airfield multi-purpose air conditioners (MPAC) is the determination of their reliability indicators in operational conditions, the calculation of reliability indicators of component parts, the development of measures to increase reliability. The increase in reliability is achieved by reducing the level of loads on the component parts of MPAC, simplifying structural schemes, increasing the load-bearing capacity and wear

resistance of parts, the ability to diagnose, the wide implementation of accelerated tests at all stages of their creation, and improving their technical operation.

As a result of the research, the tactical and technical characteristics were substantiated and the selection of an additional power plant during the modernization of the airfield multi-purpose air conditioner AMK-24/56-131 was made to increase the level of reliability of operation and the efficiency of the use of ATF based on the proposed expert methodology of multi-criteria evaluation of the quality of power unit replacement. The developed technique is based on the use of a system approach and the theory of fuzzy sets, takes into account the necessary components of the quality assurance system: assessment, activity analysis, reference system of indicators (standards).

Modernization of the MPAC vehicles of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is possible by installing overhauled special equipment on the basic chassis of the KRAZ model series vehicles. Warranty and post-warranty service, current and capital repairs can be carried out at domestic repair enterprises.

### **LOGISTICS COMPONENT OF PROTECTION OF CRITICALLY IMPORTANT STATE FACILITIES AGAINST UNMANNED AIRCRAFT**

*O. Musienko, Candidate of Technical Sciences; V. Prosyanyk; A. Titova; V. Startsev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The organization of logistical support during the fight against unmanned aerial vehicles (UAVs) consists in the implementation of a set of measures aimed at acquiring and maintaining the readiness of forces and means to effectively repel an enemy attack and conducting aerial reconnaissance, reliable cover of critically important state facilities and groups of defense forces and reducing the effectiveness of air reconnaissance and air strikes of the enemy. The main measures of logistical support during the conduct of air defense and the fight against UAVs are: collection and analysis of information on the condition, costs and losses of weapons and military equipment and logistical means, on the condition of roads, crossings, etc.; timely determination of the needs of the unit (units) in weapons and military equipment and material and technical means by classes of supply (especially about the availability of weapons, fuel and lubricants), the terms of their delivery (supply); decision-making on restoration, replenishment of irreparable losses and maintenance of weapons and military equipment in the course of hostilities; organization and maintenance of stable communication with units, forces and means of logistical support; redistribution of forces and means to the logistics support system of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. The main efforts of logistical support during the conduct of air defense (air defense) and the fight against UAVs are focused on the primary provision of the actions of fighter aircraft, units of anti-aircraft missile and radio engineering forces, radio electronic warfare and missile and artillery cover of critical infrastructure objects and troops from damage by UAVs. In the aviation and anti-aircraft missile units, in anti-aircraft defense units, replenishment of means of destruction is carried out first. Before the completion of each stage of air defense, the stocks of material and technical means are brought to a level that should ensure the possibility of successfully conducting further combat operations continuously, without operational pauses. Special attention is paid to the logistical support of mobile groups for the fight against UAVs and units for the engineering equipment of positions and military objects in terms of confusing the enemy and masking operational objects and military equipment.

## **SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING LOSSES OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT BY AIR DEFENSE UNITS AND UNITS OF FORCES DURING COMBAT OPERATIONS**

*V. Startsev; B. Bakumenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the experience of armed confrontation in local conflicts of the 20th century indicates significant losses of weapons and military equipment from enemy air attacks carried by air defense units. During the conduct of combat operations, the state and degree of combat capability of air defense units (units) is clarified, a decision is made to restore combat capability and subsequent conduct of combat operations. To do this, the collection of situation data, assessment of the state of the control system, reconnaissance of affected areas, an approximate assessment of combat effectiveness, and determination of the procedure for restoring weapons and military equipment are carried out. A necessary condition for making a correct and informed decision to restore the damaged combat capability of air defense units is to conduct a timely and reliable assessment of losses and the condition of damaged weapons and military equipment during combat operations.

The methodology for assessing the loss of weapons and military equipment by air defense units consists of: determining the number, types and tactics of enemy air attack weapons in the area of combat operations of a group of troops; calculation of the expected types and quantities of weapons that will most likely be used at the positions of air defense units; assessment of the expected number of damaged weapons and military equipment and the degree of damage.

The results of the assessment of losses and the condition of damaged weapons and military equipment are entered into the database on the technical condition of weapons and military equipment of the military unit (unit) of the air defense group and are the initial data for the distribution of forces and resources when organizing the restoration of weapons and military equipment during combat operations.

## **DEVELOPMENT OF THE IDEFO MODELS OF THE PROCESS OF PLANNING AERODROME TECHNICAL SUPPORT OF FLIGHTS**

*S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Leonenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Sokol; D. Saltovsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of automation tools for the planning process of the logistics processes is a widespread practice, which is actively being implemented in the Armed Forces of Ukraine. The success of special software implementation for civil aviation ground support planning, shows the prospects of this directly.

At the same time, the approaches for the organization of such activities in civil airlines and military organizations have the similarities and the differences. In addition, experience shows that the aerodrome technical support of flights (AGSF) processes in peacetime and during a special period also have differences.

Planning is one of the main parts of activity organizing. In order to determination connections between the basic requirements of planning process, related regulatory and legal acts, the needs of the main actors of the the planning

process and its consumers, the modelling of the AGSF process was carried out and the related IDEF0 model was developed.

IDEF0 created model connects inner AGSF planning processes, input conditions, main staffs and assets, processes direction (instructions) and their results.

Along with the very useful graphical presentation (IDEF0 diagrams), all this information is organized in the form of classifiers, which makes it easier to move on to the development of the data structure with the creation of special software for planning the AGSF process.

## **DETERMINATION OF THE MAIN COMPONENTS OF THE PLANNING PROCESS OF THE AERODROME TECHNICAL SUPPORT OF FLIGHTS**

*S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*I. Kashayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Kravchuk; D. Stoyanovsky; O. Sokol; D. Saltovsky*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aerodrome technical support of flights (AGSF) is a multifactorial process, which involves services and units with different purposes. AGSF is not the main task for some of them,

The study of the regulations shows that the total list of various tasks (consolidated functions) of the AGSF exceeds one and a half thousand points, and the list of the performers reaches eighty items. The activities of various component elements of the logistics support of the aviation unit, which outside the flight time perform the tasks of ensuring readiness for flights according to separate plans, must be coordinated and synchronized during the flight time. In a special period, such synchronization must be sustained constantly.

The use of the potential of information systems to facilitate and improve organizational activities is a common practice nowadays. Creating an information system requires formalization of the task. One of the widely used methods of formalization is a IDEF0 modeling – representation of activity as a hierarchical structure of the processes that make it up. The components of AGSF, as an activity, were determined based on the analysis of the requirements of the many instructions, technical orders, other documents and experience. The huge list of functions of AGSF control officials was analyzed to establish their connections with planning processes. The analysis of the obtained list of functions shows that, in addition to the generally accepted stages of early and direct planning, it is advisable to separate a stage of corrective planning.

## **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE ORGANIZATION AND QUALITY OF ROUTINE MAINTENANCE OF ELECTRIC AND GAS EQUIPMENT**

*O. Busylko; I. Kravchuk; D. Cherednyk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Maintenance and routine operations are carried out to maintain the performance of electric and gas equipment within the limits specified in the regulatory and technical documentation and to ensure constant readiness for use within the established service life and service life.

Maintenance and routine maintenance of electric and gas equipment in daily use and storage shall be carried out in an integrated manner, i.e., the place and time of

maintenance of the base chassis and special equipment shall be combined. The only exception is equipment for which, for safety reasons, the place and time of service of the basic chassis and special equipment is not allowed.

The analysis of the intensity of the use of the vehicle maintenance and repair equipment in modern conditions requires that mobile means of maintenance and repair have the necessary conditions for the use of the latest equipment and the application of modern methods for maintenance and repair, in order to timely perform scheduled preventive maintenance of equipment and reduce the time for its implementation.

Today, the Armed Forces of Ukraine are engaged in hostilities with russia, which places increased demands on the safe operation and maintenance of proper technical condition of weapons and military equipment. The issue of creating a modern mobile station using the latest technologies and modern equipment will allow to modernize the process of MRO and reduce the time for bringing weapons and military equipment into readiness, keeping them inoperable, and saving material resources. This will make it possible to reliably use airfield technical support facilities in the context of the war with russia.

### **JUSTIFICATION OF THE RECOMMENDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF LOGISTIC SUPPORT OF THE AIR FORCES OF UKRAINE TAKING INTO ACCOUNT THE IMPLEMENTATION OF NATO STANDARDS**

*A. Lekakh, Candidate of Technical Sciences;  
O. Musienko, Candidate of Technical Sciences; A. Titova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of repelling the large-scale aggression of the russian federation against Ukraine, the necessary level of combat capability of the troops (forces) is created, in particular, due to their timely provision of the necessary amount of weapons and military equipment (WME) and material-technical means (MTM). The solution of these tasks relies on the system of logistical support of troops (forces), therefore the main attention is paid to the organization of effective logistical support of troops (forces) in operations, especially its rapid adaptation to the real situation, forms and methods of application of parts (units) at various stages of its repulsion. In this regard, the issue of improving the support of the Air Force (AF) of Ukraine, in particular, logistical support in new conditions, is becoming more and more urgent.

The conducted analysis showed that the AF of Ukraine are gaining invaluable experience in the use of modern models of WME and MTM of NATO partner countries, ways of countering modern means of an aggressor's air attack are being searched for, and the provisions of the governing and regulatory documents of the AF of Ukraine are being checked in real combat conditions.

Within this approach, there is cooperation between Ukraine and partner countries, where the main sources of meeting the needs for military products are determined.

The report proposes the main recommendations for the development of logistical support for the AF of Ukraine, taking into account the WME provided by the partner countries and mutual integration with NATO principles and standards.

## **MONITORING OF AIRFIELD INFRASTRUCTURE FACILITIES USING MODERN HELICOPTER-TYPE UAVS**

*I. Kashayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
E. Gavrilyuk; I. Terentieva  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of local wars and modern conflicts allows us to state the emergence of new trends in the field of armed conflict: the use of modern information and communication technologies, the robotics of shock and support means, the wide-spread use of unmanned aerial vehicles ( UAVs ) of various purposes.

The experience of repelling the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine shows that airfields still the first targets of the enemy's attack. This increases the relevance of research in the direction of monitoring the condition of airfields that have been attacked by the enemy. The relevance of the topic of creating an automated monitoring system based on UAVs is specified to: high speed of implementation, a large coverage area, the possibility of working in autonomous mode in the conditions of a limited radio exchange zone, selectivity and accuracy of determining the state of airfield infrastructure objects (AI).

The report presents the results of the development of the general outline of the AI monitoring system using a short-range helicopter-type UAV with a real-time position correction system and a camera that provides high-precision images with geographic reference. The positive effect of application of automated monitoring system of airfield infrastructure facilities based on UAVs was analyzed.

## **TRANSFORMATION OF TRADITIONAL MILITARY GROUND VEHICLES INTO UNMANNED SYSTEMS THROUGH INNOVATIVE AND COST-EFFECTIVE CONVERSION**

*K. Yatsenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of today's rapidly evolving technologies and strategies for military use, the research focuses on developing an innovative approach to transforming traditional military ground vehicles into unmanned systems.

The analysis of technology points out the importance of using advanced automation techniques and artificial intelligence to improve safety and efficiency of military vehicles. An overview of technical characteristics of conventional vehicles reveals key challenges enhancing the need for their transformation to further improve efficiency and safety.

The assessment of technical requirements will determine the parameters of the conversion, taking into account navigation systems, energy efficiency and safety. The main selection of technologies is based on automated control and integration of advanced sensors to achieve optimal functionality.

Based on the selected concept, the possibility of developing a prototype, including necessary electronics and software, is studied. It is expected that the results of the test will determine the level of efficiency and safety of the developed prototype, which must meet the established technical requirements. Taking into



account the economic benefits and the areas of implementation, this approach demonstrates a high potential for application in real conditions.

Transformation of military transport into unmanned systems is a promising strategy for increasing the efficiency and security of military operations.

### **EXPERIENCE IN USING MS WORD AUTOMATION TOOLS WHEN DESIGNING SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL WORKS**

*S. Novichonok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
I. Rohozin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; I. Terentieva  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Long experience shows that the requirements for executing speed and perfection of of document designing and edition are constantly increasing. Designing the results of scientific work, methodical materials, etc. is a complex activity associated with the need for a concise and understandable presentation of materials. There are strict requirements for paperworking of such a materials. Usually, the materials have a large volume, a complex structure, a large number of text elements, drawings, tables, and formulas of different purpose and design. A feature of such materials is a large number of cross-references to text components. Tracking the correctness of the paperwork requires a lot of time that could be spent on improving the essence of the materials. At present, not enough attention is paid to the automation tools of MS Word for the design of texts. This is partly due to certain "unexpected behavior" of some of its tools. The experience of using specially configured styles, templates, and so-called "Fields" has shown the reliability of these tools. In addition, all cross-references and numbering of the corresponding elements are automatically set in the text designed with the help of these tools.

The widespread implementation of document processing automation will lead to a general multifold savings in paperworking time, improving the quality of their processing in any type of documentation.

### **APPLICATION OF METHODS FOR DETERMINING THE NUMBER OF AUTOMOTIVE SPARE PARTS FOR THE MAINTENANCE OF WHEELED CHASSIS OF FOREIGN PRODUCTION**

*A. Rodiukov; I. Pichugin, Candidate of Technical Sciences; V. Yukhno  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the full-scale war, the Armed Forces of Ukraine received many MANPADS from our mili-tary partners. These SAMs are powered by foreign-made wheeled chassis. Air Force units lack experi-ence in operating and maintaining these chassis, and there is no appropriate stock of specific consuma-bles and automotive spare parts.

This work is aimed at determining the most reliable methods for determining the number of auto-motive spare parts for the maintenance of wheeled chassis of the Patriot, IRIS-T SLM, and NASAMS SAMs to effectively support work during seasonal maintenance and numbered maintenance, ensuring the reliability of wheeled chassis and increasing the technical readiness factor.

The reliability of a vehicle is determined by the perfection of its design and the level of manufac-turing technology, and also largely depends on the operating

conditions. Statistics on the operation of wheeled chassis of air defense vehicles show that about 25% of the time the chassis is under repair is due to malfunctions in the electrical system. Therefore, the operation, reliability, and maintainability of the AS Tronic automatic transmission, electronic control systems (ABS, EBS, VCC, VSL, MAN BrakeMatic, SCR, SBS, EPB), and the OBD-2 on-board diagnostic system are being studied when using wheeled chassis of air defense vehicles in difficult road conditions.

The aim of the study is to determine the probability of failure-free operation of the MAN HX2 44M CCV LC 15t and SCANIA P113L wheeled chassis within a given mileage interval, to scientifically substantiate the optimal maintenance regimes, and to calculate the optimal need for automotive spare parts and repair and maintenance equipment to maintain the reliability of the chassis of the railroad vehicles at a given level.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE INTRODUCTION OF DEVICES FOR CONTINUOUS MONITORING OF THE OPERATION OF THE AUTOMATIC AC FREQUENCY CHANGE SYSTEM APA-5D**

*O. Busylko; D. Cherednyk; I. Kravchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Improving the quality of the design, manufacture and operation of airfield mobile power units is the main direction of ensuring their reliability. Interruption of electricity supply during aircraft maintenance due to incorrect operation of the automatic frequency control system is extremely undesirable.

The practice of using the APA-5D in the course of combat missions shows that external disturbances, such as problems with the engine's fuel equipment, deviations in fuel parameters, and diesel engine temperature, as well as internal causes, such as incorrect operation of the automatic frequency control system elements, such as the BSH and RK-2D actuators.

The object of study is the APA-5D airfield mobile unit and alternator frequency diagnostic systems. The purpose of the study is to calculate the alternator of the airfield mobile unit used in improving the alternator frequency diagnostic system.

Improving the frequency of AC diagnostics by installing a tacho and instruments that allow for more accurate marking and measuring of the frequency to the required standards. This system is new and has not yet been used on the unit, but would be very useful from a tactical and technical data perspective. In practical application, it would be easy to maintain and would not place high demands on itself during operation, but only during the maintenance of the base engine, which drives the electric unit.

The new frequency diagnostic system would increase the service life of the generator and the car's clutch, which is more cost-effective than previous models.

### **THE RELEVANCE OF IMPROVING THE QUALITY OF AIRFIELD TECHNICAL SUPPORT EQUIPMENT MAINTENANCE**

*D. Stoianovskiy; O. Kravchuk; O. Sokol; D. Saltovskiy  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The combat experience of repulsing the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine shows that the successful performance of tasks by the aviation of the Air Force of Ukraine is crucial for ensuring the security and

defense capability of the country. In this context, the reliability of airfield technical support equipment is one of the fundamental components of the successful performance of tasks by the aviation of the Ukrainian Air Force.

However, in the process of ensuring the uninterrupted operation of the airfield technical support equipment, a number of problematic issues require attention and solution. First of all, there is a high consumption of motor resources at the existing airfield technical support equipment, that leads to a reduction in their service life and an increasing in operating and repair costs.

The second aspect is the shortage of units, components and spare parts for airfield technical support facilities. This makes it difficult to repair quickly and, as a result, complicates the process of preparing aircraft for combat missions.

Also, physical and moral obsolescence of airfield technical support facilities is becoming extremely relevant, that leads to efficiency decreasing in its operation and an increasing in the probability of abnormal (emergency) situations during the implementation of airfield technical support equipment.

Solving these problems requires improving the maintenance of the airfield technical support equipment, upgrading personnel skills, and developing strategies for updating equipment, that is very important to ensuring the reliability of these facilities in modern combat conditions.

### **IMPROVEMENT OF QUALITY CONTROL OF COMPRESSED AND LIQUEFIED GASES IN AVIATION PARTS AIR FORCES BY APPLICATION INNOVATIVE METHODS AND MODERN DEVICES**

*S. Durovych; D. Kapustyansky*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report examines the experience of organizing gas quality control in the process of aerodrome technical support of aviation flights of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in combat conditions, as well as an analysis of the possibility of improving the process of checking the quality of medical oxygen, nitrogen, and compressed air.

Compressed and liquefied gases that are supplied to charge aircraft systems must have physico-chemical parameters that meet state standards or technical conditions. These indicators must be ensured during their production, transportation and storage, gasification of liquefied gases. Therefore, the gases used in aviation equipment must undergo repeated quality control in special laboratories organized in airfield technical support units.

The analysis of the experience of gas quality control laboratories in aircraft parts shows that the greater part of the existing laboratory equipment is morally and physically outdated and needs to be updated to more modern models.

It is proposed to provide laboratories with modern gas analyzers for checking the physicochemical properties of oxygen and nitrogen, moisture content of gases by dew point during their production (reception) at oxygen extraction stations, gasification, storage in liquid and gaseous state in order to prevent the use of non-standard gases on aircraft.

The main requirements for modern gas analyzers are formulated, such as high accuracy, speed, ease of operation and repair, high reliability, small dimensions and weight (mobility), operational safety.

## **METHODS OF DIAGNOSING THE TRACTION AND ECONOMIC QUALITIES OF AIRPORT MAINTENANCE EQUIPMENT**

*M. Dolinskyi; S. Skrypach; M. Borets  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The work deals with a comparative analysis of the methods of diagnosing traction and economic qualities of airfield technical support.

One of the significant directions for solving the problem of resource conservation and improving environmental safety in the motor vehicle complex is fuel economy and reduction of the toxicity of exhaust gases by motor vehicles in operation. In modern conditions, road transport is the main consumer of oil refining products. To date, unsteady modes of motion have not been sufficiently studied. According to statistics, unstable driving modes occupy most of the car's operating time, therefore dynamic methods implementing diagnostics in these operating modes are promising.

A review of the methods and means of diagnosing traction and economic indicators showed that there are static and dynamic modes of diagnosis. Thus, static methods make it possible to determine traction-economic indicators with high accuracy, but at the same time, this technique requires a high level of capital investments and costs for conducting tests due to the fact that they are implemented on power stands of traction qualities. Dynamic methods are implemented without the help of power stands. The load on the car's engine and transmission is produced by the inertial forces that arise during the acceleration of the car. This makes it possible to simplify the process and means of diagnosis, to make it less economical and time-consuming compared to static methods, but these methods are implemented on special equipment and do not have high accuracy due to the speed of the test mode.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ШАСІ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС ЗИМОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*В.М. Ніценко; Е.О. Луценко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Війна, що триває та локальні конфлікти останніх років свідчать про вагомую роль автомобільних шасі озброєння та військової техніки у забезпеченні швидкого пересування підрозділів та частин. Одним з важливих питаннями для автомобільних шасі озброєння та військової техніки є забезпечення експлуатації автомобіля в умовах низьких температур навколишнього середовища.

У доповіді проаналізовано системи живлення сучасних автомобільних шасі озброєння та військової техніки, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України та використовуються для забезпечення бойових дій. Надано варіант використання теплової енергії відпрацьованих газів двигуна автомобільного шасі озброєння та військової техніки для забезпечення підігріву палива в умовах зимовий експлуатації. Вказаний спосіб дозволяє не тільки забезпечувати кращі умови сумішоутворення у середині двигуна під час роботи. За рахунок підігріву палива тривалий час може бути забезпечений полегшений пуск двигуна під час стоянки в умовах низьких температур.

Наданий спосіб використання теплової енергії відпрацьованих газів двигуна автомобільного шасі озброєння та військової техніки дозволяє підвищити ефективність її використання у зимовий час.

### **STATIC STABILITY ASSESSMENT METHOD OF MULTI-AXLE VEHICLE CHASSIS OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT WITH FOUR-WHEEL ROTATING PLATFORMS**

*M. Podrigalo<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Berezhnyi<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences;  
Ye. Dubinin<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
I. Rohozin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher*  
<sup>1</sup>*Kharkiv National Automobile and Highway University;*  
<sup>2</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of combat operations during the repulse of armed aggression against Ukraine, other modern armed conflicts, indicate the importance of increasing the mobility of weapons and military equipment (WME). This affects the ability to avoid being hit by high-precision weapons. At the same time, the majority of modern models of WME are mounted on the basis of automobile equipment, mainly on multi-axle automobile chassis (AC). Currently, there are options for four-axis AC with two rotating four-wheeled (two-axle) platforms, which have high maneuverability and allow movement along different trajectories. However, during the implementation of such maneuvers by multi-axis AC, the problem of ensuring static stability may arise, which requires additional research.

The report presents the results of improving the method of assessing the wheeled vehicles position static stability in the direction of assessing the stability of multi-axle AC with rotating four-wheeled platforms. It was established that the position static stability of wheeled machines should be assessed not only by the angular movement, but also by the linear displacement of the machine relative to the given equilibrium position. The conditions of position static stability of the single wheel without braking were determined and its stability zones were constructed depending on the coefficient of rolling resistance and the ratio of forces acting on the road plane and the normal load on the wheel.

### **STUDY OF DIRECTIONS AND OPPORTUNITIES FOR MODERNISATION OF GAS CHARGING STATIONS FOR CHARGING AIRCRAFT SYSTEMS WITH COMPRESSED GASES**

*V. Kaviuk; V. Kutsenko; A. Savchuk; V. Budyr*  
*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the use of aviation during the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine convincingly proves that maintaining automotive and electric gas equipment in good condition requires significant costs and time, so today the issue of updating the special equipment of gas charging stations (GCS) to eliminate problems that arise during operation and the need to improve the technical characteristics of stations for charging aircraft with compressed gases is relevant.

The paper considers the issues of improving the design, tactical and operational characteristics of gas charging stations to increase the level of technical equipment of the airfield technical support subsystem.

The quality and completeness of the performance of aircraft maintenance tasks by airfield technical support facilities (ATSF) are known to depend on many factors, such as mobility, unification, reliability, timeliness, flight safety, ensuring the average speed of movement on the march, the ability to move through restricted areas and the ability to reverse while the aircraft is moving.

The main directions and opportunities for modernisation of gas charging stations are proposed and substantiated, namely:

- the use of gas charging stations on uniaxial trailer modules, where compressor boosters are used, which is currently a promising direction for the development of gas charging stations in the leading countries of the world;

- use of the cylinder unit (BB-12.40.350) not only for storing compressed gas stocks, but also for charging aircraft with compressed gases in places of dispersal in emergency cases, with the unit possible to be mounted on a single-axle trailer module to ensure tactical mobility;

- creation of multi-module refuelling units that provide the best maintainability, use of the energy module and technological module resources separately, unification by tractor, versatility and flexibility of technologies for performing logistics operations to prepare aircraft for departure;

- possible options for replacing high-pressure cylinders of special equipment of the GCS with modern metal-composite cylinders and other areas of improvement of the ZATZP.

## **USE OF MODERN TOOLS TO CHECK THE TECHNICAL CONDITION OF PRESSURE VESSELS**

*S. Vakhniuk<sup>1</sup>; E. Andriyashchenko<sup>1</sup>; A. Prudenko<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military unit A2614*

The requirements for the technical condition of high-pressure vessels indicate the need to find ways to improve the process of cylinder inspection and certification using modern methods.

Cylinder testing stations, which are included in the staffing schedule of military units, do not currently meet the needs for timely certification of cylinders. To ensure timely inspection of the technical condition of cylinders and reduce the time required for its implementation, modern stations should meet these conditions, have the latest equipment and apply modern methods for conducting tests, increase the level of safety during work and the appropriate level of training of personnel.

Consideration of non-destructive testing methods, namely the method of ultrasonic flaw detection, allows to reduce the time and modernise the system of routine maintenance (RM) of airfield technical support facilities (ATF), inspection of cylinders and systems installed on them. The presented two ultrasonic flaw detectors and a set of the latest equipment, which are quite simple and reliable in operation, will be able to maintain high reliability of airside maintenance facilities, which is very important during their operation to ensure the performance of combat missions in the combat zone.

It is proposed to equip the units involved in the maintenance and restoration of the efficiency of weapons and military equipment in the combat zone with mobile stations for checking the technical condition of pressure vessels, which, due to their modern equipment, the use of the latest technologies and the absence of the need to relocate the PWCS to stationary points, will ensure that they are in constant combat readiness and reduce the time spent inoperable.

**STUDY OF WAYS TO IMPROVE THE TECHNICAL  
CHARACTERISTICS OF UKS-400V-P4 USING MODERN  
METHODS OF COMPRESSED AIR DRYING**

*S. Vakhniuk<sup>1</sup>; A. Busylko<sup>1</sup>; V. Makovetskyi<sup>1</sup>; O. Atyakshev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A0423*

The quality of compressed air used to charge aircraft on-board systems must meet the requirements of aircraft designers and is subject to mandatory repeated laboratory testing in the compressed and liquefied gas quality control laboratory of state aviation entities.

Compressor stations are a mandatory component of the equipment complex designed to meet the needs of aircraft in dry compressed air during their ground handling. In the station's dehumidification units, the working air after the compressor is additionally dehumidified by passing through an adsorbent layer in the adsorbent cylinders. However, during the drying process, the adsorbent surface wears out, which reduces its efficiency, and a large amount of air is consumed for adsorbent regeneration. During the regeneration process, moisture droplets falling on the adsorbent layer are absorbed by the adsorbent granules, which leads to the destruction of the adsorbent and a reduction in the service life of the entire adsorber as a whole.

The proposed DHM series high-pressure dehumidification unit allows the dehumidifier to automatically switch from the timed column switching mode to the dew point control mode. The adsorption cycle can be extended and the regeneration process will be carried out less frequently, which will reduce compressed air consumption and thus reduce fuel costs. The installed controller has a contact for synchronising the operation of the dryer with the operation of the compressor. Using this function further reduces compressed air consumption for regeneration.

**APPLICATION OF THE ACOUSTIC EMISSION METHOD FOR NON-  
DISASSEMBLY DIAGNOSTICS OF THE CYLINDER-PISTON GROUP OF  
AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

*S. Vakhniuk<sup>1</sup>; I. Jigirey<sup>1</sup>; A. Verbitsky<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A2614*

The object of surface fracture in this approach is dissipative secondary structures that arise on friction surfaces as a result of their mechanical and thermal activation. The physical and mechanical properties of secondary structures differ significantly from those of the base material.

Significant advances in increasing the wear resistance of tribosystems of machines and mechanisms achieved in recent decades are based on the structural-energy approach to the analysis of friction and wear processes.

In the process of surface fracture, the accumulated energy is converted into various types of energy, including mechanical waves propagating over the surface when wear particles are formed. As a result, it is quite reasonable to expect a correlation between the energy accumulated in the volume of secondary structures before their destruction and the energy of acoustic emission radiation in the process of their destruction (wear).

The system for monitoring the acoustic emission parameters is located in the driver's cab during the measurement process. The sensor mounting elements are prefixed to the engine block housing.

Using the acoustic emission method, it is proposed to measure the wear rate of an internal combustion engine (ICE), namely, to determine the values of the degree of damage (wear) for various elements of the ICE, using well-known statistical approaches. During the measurements, analyse the dependencies that characterise the change in the named value over time (time interval  $\Delta t = 5$  min) for the cases of starting the engine, starting the movement and driving the vehicle over the period of the fleet determined for field tests.

### **MODERNIZATION OF THE ADDITIONAL POWER UNIT OF THE AIRFIELD MULTIPURPOSE AIR CONDITIONER AMK-24/56-131 BY INSTALLING A HYDRO-VOLUMETRIC FRONT**

*V. Krasnokutskiy<sup>1</sup>; V. Shevtsov<sup>1</sup>; V. Stepanenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute";*

*<sup>2</sup>Military unit A2614*

Nowadays, much attention is paid to improving the quality, reliability, and service life of the created airfield technical support facilities (ATSF). This problem is complex and its solution is one of the most important state tasks.

An important issue in the operation of airfield multipurpose air conditioners (AMCs) is to determine their reliability indicators under operating conditions, calculate the reliability indicators of their components, and develop measures to improve reliability. Reliability improvement can be achieved by reducing the load level of air handling unit components, simplifying structural schemes, increasing the bearing capacity and wear resistance of parts, and replacing components with more modern ones.

As it is known, in AMK-24/56-131, the ZMZ-511 engine acts as an additional EE, which is part of the equipment circuit drive unit. The analysis of the general trend in the use of electric motors in the armies of NATO countries shows a tendency to abandon gasoline engines in the design of APCs and in the drives of special equipment. Against the backdrop of the most widespread use of diesel drives, the use of electric power units is spreading. At the same time, the majority of the Ukrainian Air Force's ATCTs have gasoline (carburetor) power units. It is advisable to install modern electric or hydraulic (hydraulic-volumetric) drives, which are more advanced in their properties, on AMK-24/56-131, which are to be modernized. According to the principle of operation of hydraulic machines, hydraulic drives are divided into volumetric and hydrodynamic. In volumetric actuators, pressure is created by a pump and transmitted to the actuator (hydraulic cylinder or hydraulic motor) through the working fluid as an intermediate body. The advantage of a hydraulic volumetric transmission is the ability to realize large gear ratios while converting rotational motion into translational motion and vice versa. The second important feature of a hydrostatic transmission is the ease of separation of the driving body from the driven body. Thanks to these properties, the hydrostatic drive completely replaces a complex mechanical transmission with all its components and parts.

To improve fuel efficiency, it is advisable to install a hydraulic volumetric transmission based on a hydraulic volumetric adjustable pump and a hydraulic motor instead of the ZMZ-511 engine and transmission part.



## **THE USE OF MODERN OXYGEN AND NITROGEN GENERATORS IN THE PROVISION OF AVIATION TO THE AIR FORCE OF UKRAINE**

*P. Movchan<sup>1</sup>; M. Dudenko<sup>1</sup>; V. Budyr<sup>1</sup>; A. Starushko<sup>2</sup>; V. Stepanenko<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A3186;*

*<sup>3</sup>Military unit A0423*

Modern methodology for the production of oxygen and nitrogen, which is based on implemented installations for the production of oxygen and nitrogen by the method of short-cycle adsorption (KCA) and membrane technologies.

The operation of the generators is based on the principle of air passing through the adsorbing material, which binds oxygen molecules and passes nitrogen molecules. Adsorption separation of air includes three main technological stages: purification, adsorption and desorption.

Cleaning includes preliminary filtration, compression with an air compressor and drying with an air dryer.

Next, the prepared air passes through the adsorber, which is filled with a carbon molecular sieve (CMS) on which most of the oxygen is adsorbed, while the gas stream is enriched with nitrogen with adjustable purity to a final oxygen content of up to 100 ppm. When the IMC is saturated with oxygen, the adsorption process stops.

Desorption is resolved by saturation of the IMC and regenerated by backpressure below the adsorption pressure level. This is done using a conventional pressure relief system. The regenerated adsorbent can be used again for nitrogen production. The process of adsorption and regeneration takes place alternately, at equal time intervals.

New technologies for the production of oxygen and nitrogen by the method of membrane air separation KCA makes it possible to obtain a product that is cheaper (almost 6 (six) times) and of higher quality. In general, cost savings when using the KCA installation reaches up to 83% and, in our opinion, has a promising direction in the electric – gas service of the Air Force of Ukraine.

## **STUDY OF THE POSSIBILITY OF IMPROVING THE SPECIAL EQUIPMENT OF THE AKZS-75MIII-131 OXYGEN CHARGING STATION WITH THE PURPOSE OF IMPROVING ITS OPERATIONAL CHARACTERISTICS**

*S. Durovych<sup>1</sup>; A. Starushko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A3186*

The report examines the experience of using automobile oxygen charging stations of the AKZS-75MIII-131 type in the process of aerodrome-technical support of Air Force aviation flights in combat conditions, an analysis of the possibility of improving the station's oxygen communication due to the use of built-in devices for monitoring oxygen parameters in the distribution line, which would allow monitoring the quality of medical oxygen delivered during the charging process of the on-board oxygen system of the aircraft.

The AKZS-75MIII-131 oxygen charging station is one of the basic models of aerodrome technical support for flights, which provides charging with dry compressed medical oxygen on-board life support systems of aircraft.

The analysis of the operational experience of the AKZS-75MIII-131 during hostilities shows that in conditions of limited time for maintenance of the special equipment of the station, the quality of oxygen may deteriorate due to liquid from the lubrication and cooling system of the oxygen compressor getting into the oxygen communication of the station.

It is proposed to use built-in gas content and dew point temperature control devices in the oxygen system, which would allow monitoring the quality of medical oxygen supplied during the charging process of the on-board oxygen system of the aircraft.

The use of built-in means of oxygen quality control will prevent low-quality gas from entering the aircraft's on-board system.

### **STUDY OF WAYS OF MODERNISATION OF THE POWER UNIT OF THE DRIVE OF SPECIAL EQUIPMENT FOR AIRCRAFT AIRFIELD MAINTENANCE FACILITIES**

*M. Podrygalo<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*S. Vakhniuk<sup>2</sup>; D. Kartovetskyi<sup>2</sup>; M. Sviridenko<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>3</sup>Military unit A2602*

The leading countries of the world, including the United States, Germany, France, Sweden, Japan and others, are conducting research on the development and modernisation of weapons and military equipment, including airfield technical support systems (ATSS), using modern power plants.

The priority areas of work are:

- development and production of a new generation of weapons and military equipment based on the unification of multi-purpose car chassis and trailers (semi-trailers) that can accommodate technological equipment in containers;
- organising the production of domestically manufactured equipment that meets the requirements for reliability, traffic safety, ergonomics, etc;
- equipping the equipment mainly with diesel engines, usually of domestic production;
- spreading the use and expanding the production of weapons and military equipment and their components of a high technical level based on the latest achievements of science and technology that provide an optimal price-quality ratio.

The following areas have been mastered by the MoD's automotive repair enterprises:

- modernisation of the range of weapons and military equipment with the installation of more powerful and efficient diesel engines;
- assembling weapons and military equipment on new components and basic parts, both domestic and foreign.

Based on the shortcomings of the system, the following areas of technical solutions for replacing the internal combustion engine and modernising the system as a whole are proposed:

- modernisation by replacing the internal combustion engine with an electric motor;
- modernisation by replacing the ICE with a hybrid power plant;
- modernisation by replacing an internal combustion engine with a hydraulic volumetric drive;

- modernisation by replacing a carburettor engine with a diesel engine;
- modernisation by replacing two carburetted internal combustion engines (ZR and EU) with one diesel engine on ZIL-131N.

**JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITY OF USING MODERN INVERTER GENERATORS INSTEAD OF THE EXISTING SYNCHRONOUS GENERATORS OF THE BSG-112-40 BLOCK OF THE APA-80 AVIATION MOBILE UNIT**

*G. Korostylov<sup>1</sup>; V. Chernysh<sup>1</sup>; O. Cherednychenko<sup>1</sup>; V. Kutsenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A2614*

The high reliability of aircraft power supply by means of aerodrome technical flight support (AMS) of the Armed Forces of Ukraine is impossible without the supply of high-quality single-phase or three-phase alternating current with a frequency of 400 Hz and a voltage of 115 V or 208 V, respectively. In recent years, a new scientific direction of using inverter generators (small (up to 1 kW, medium (up to 10 kW) and high power) (more than 10 kW)) has been intensively developed in energy supply.

In the power supply of aircraft, synchronous generators of alternating current with a frequency of 400 Hz and a power of 40 kW are used (synchronous generator ГТ-40-ПЧ6 APA-5D and synchronous generator G1 of the BSG-112-40 APA-80 block). The idea of replacing conventional synchronous alternating current generators with high-power inverter generators is an innovative task today in solving the issues of ensuring the operation and maintenance of aviation and radio-electronic aircraft equipment.

It has been proven that sinusoidal inverter generators have a number of advantages in operation, as well as almost ideal characteristics: – high accuracy of output voltage supply; – the sinusoidal form of the voltage has a minimum number of harmonic distortions; ensure optimal operation modes of all types of aircraft aviation equipment (electric motors with a specific voltage of 400 Hz); – ensuring the normal functioning and setting of high-precision equipment of radio navigation equipment and sight-navigation complex, working with a minimum noise level; – have minimal dimensions and weight, the latter makes it possible to use inverter generators as part of the aviation equipment of aircraft, which is currently of great importance in the combat use of aviation.

What is an inverter generator? The design of the device differs from the structure of ordinary "analog" systems. The engine is connected without connecting to the flywheel chain. Thanks to this, the weight and dimensions of the device are reduced, and the noise level of its operation is reduced. The engine speed directly depends on the load on the station, which equally reduces fuel consumption when the load is reduced. Thus, it is possible to reduce costs by up to 40% at low-power loads. And thanks to the double transformation of the voltage, the output of the station always has ideal characteristics in terms of frequency, voltage and sinusoid, which is so important for modern technology and electronics. Inverter generators are ideal for computers, photo and video equipment, gas boilers and medical equipment. The gasoline inverter generator attracts with a longer service life than its usual classic counterparts. These advantages were achieved by eliminating from the system those elements that rub during operation and by reducing the risks of wear of

the entire structure as a whole. Thanks to this, the costs for servicing the unit are also reduced.

An important part of the design is the inverter unit, the main part of the generator, which performs all adjustments and conversions using rectifiers, current converters and a microprocessor. This set of electronics allows you to easily control the quality of the voltage at the output of the system and protect the device from overheating and overloads. It is thanks to this block that inverter generators are called digital generators.

## **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF APA-80 BY REPLACING THE BLOCK OF TRANSFORMERS AND THE RECTIFIER LINE WITH A MODERN UNIFIED PULSE THREE-PHASE TRANSFORMER**

*G. Korostylov<sup>1</sup>; R. Karavaev<sup>1</sup>; A. Frolov<sup>1</sup>; V. Kolosov<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military unit A0423*

The use of pulse pulse transformers in the rectification line of generators G 2.1 and G 2.2., which work to generate direct current of the "Board network 24" (28.5 V), "Start 24/48" (28.5 V/57 V) and "Pair start" operation of the APA-80 aviation mobile power unit provides a number of advantages, namely: this is due to the fact that non-current electric currents reaching hundreds of kiloamperes at aviation voltages of 28.5 V and 57 V.

The mode when power is generated and consumed within a short time interval is called pulsed. Pulses can have different shapes, and the nature of the sequence of pulses can also be different. The powers and voltages of the pulses can vary within fairly wide limits.

Pulse modes are often considered, in which the duration of the pulse is small compared to the period of their repetition, and the shape is close to rectangular. It is in this mode that powerful pulse devices work, but the already permanently rectified electric current of the rectifier line has a more powerful constant characteristic.

A pulse transformer is widely used for the transformation of voltages in the pulse mode, which is used to transform short-term periodically repeating voltage pulses of an approximately rectangular shape of the order of several microseconds or less. For each type of ZATZP, its own pulse transformer and rectifier line are calculated, it is also possible to do this for the APA-80 direct current mode, this task includes:

- patent information search for the purpose of identifying analogues;
- assessment of the feasibility of requirements;
- calculation of the electromagnetic parameters of the substitution scheme and establishment of the principle possibility or impossibility of IT implementation with the specified parameters of distortions of the transformed pulse shape;
- selection of a constructive IT scheme; calculation or selection of main sizes, windings, number of turns; development of measures to normalize the thermal regime; choice of design and cooling devices;
- calculation, on the basis of which the necessary changes and clarifications are made; assessment of technical, economic and functional indicators of IT; development of raw data. IT design consists in solving a complex of interrelated technical tasks.

## **ЩОДО ВИПРОБУВАНЬ ЗАХИСНОГО ВЗУТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛАМКОЇ СУРОГАТНОЇ НОГИ**

*Г.В. Певцов, д.т.н., проф.; О.А. Дробот, к.т.н., с.н.с.;*

*О.В. Андрієнко, к.психол.н.; М.В. Кривенко*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

В тезах доповіді представлено аналіз досліджень ступеня і форм пошкоджень моделі нижніх кінцівок саперів та запропоновано підхід до визначення критеріїв оцінювання травмування з урахуванням захисного взуття.

Міністерство оборонних досліджень і розробок Канади – Саффідл разом з Канадським центром технологій протиміної діяльності (CCMAT) досліджували вплив детонації протипіхотних мін на крихку модель ламкої сурогатної ноги (FSL) в порівнянні з людською аналогією. Метою була оцінка можливості використання цієї моделі ноги для натурних випробувань захисного взуття людини від вибуху мін.

У дослідженнях брали участь медичні працівники (хірурги), які мали досвід операційного втручання в наслідки постраждалих від вибуху мін та могли дослідити ступінь пошкоджень ламкої сурогатної крихкої ноги та визначити ймовірні медичні прогнози відновлення кінцівки. Узагальнені результати цих досліджень порівнювалися з базою даних про мінно-вибухові травми людини, щоб визначити довірчу область та надійність, а в подальшому встановити обмеження використання моделі ноги. Вказано на те, що ця крихка модель ноги може бути хорошим інструментом для тестування протимінного взуття сапера за умови внесення модифікацій і проведення випробувань для кореляції реакції модифікованої моделі з базою даних поранень від вибухів мін. CCMAT була надана оцінка придатності FSL, як тестової моделі та запропоновані критерії оцінювання ступеня мінно-вибухового травмування ніг для використання в статичних випробуваннях захисного взуття сапера. У результатах випробувань LEAP представлено огляд фізичних процесів що супроводжують вибух та руйнівні наслідки для людської ноги, деталі та процедури для можливості інтерпретації результатів подальших досліджень. Отже, в результаті аналізу досліджень CCMAT і LEAP нами визначені критерії оцінювання ступеня мінно-вибухового травмування ніг для використання в статичних випробуваннях захисного взуття сапера.

### **GEOGRAPHICAL ANALYSIS SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN THE ARMY**

*E. Hashimov, ScD, Professor*

*National Defense University, Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan)*

The analysis of modern wars, including the Second Karabakh War and the ongoing Russia-Ukraine war, shows that military operations mainly take place in dynamically changing conditions. Therefore, in the stage of preparation for the operation, it is one of the most important issues to study the geography and relief conditions of the area (region) where the operation will be carried out and to analyze it in a timely manner. Detailed information about the territory, maps and other descriptions of the territory, organization and planning of military operations,

calculation of coordinates, and etc. very important for military affairs. Therefore, geospatial information always occupies an important place in military affairs [1-7].

Geospatial technologies, especially map and geographic information systems (GIS), are used in the military as well in Azerbaijan. Its fields of application, methods of use and technologies are known to many military specialists. Geospatial technologies is a generalized term that includes technologies of geodesy, cartography, photogrammetry, geographic information systems, and remote space exploration of the Earth.

The report discusses the application and benefits of the Geographical Analysis System (GAS) developed on the basis of Geographical Information Systems and successfully used in the Turkish Armed Forces.

References:

1. Geographic information systems for military purposes. Textbook./ Utekalko V.K. and others. Ed. G.P.Kobeleva. Minsk: VA RB, 2009, 244 p.

2. Hashimov, E.G. Application of relief digital model for combat operation planning / E.G. Hashimov, A.A. Bayramov, Y.A. Nasibov, R.R. Amanov // – Baku: Military Knowledge, – 2015. № 4, – p. 63–69.

3. Bayramov, A. A. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // A.A.Bayramov, E.G.Hashimov, R.R.Amanov/ - Baku:Geography and nature sources. – 2016, № 1. – p. 124-126.

4. Bayramov, A.A. Seismic location station for detection of unobserved moving military machineries // A.A.Bayramov, E.G.Hashimov / Journal of Management and Information Science, Turkey, 2016, vol.4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisci.82365>

5. Bayramov, A.A. Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain // A.A.Bayramov, E.G.Hashimov / Defence Science Journal, 2018, vol. 68, №4, pp. 343 – 346. DOI: <https://doi.org/10.14429/dsj.68.11623>

6. Hashimov, E. G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov / - Baku:National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.

7. Hashimov, E. G. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov, B. M. Khalilov / -Baku:National security and military sciences. – 2016, vol. 2, №. 4. – p. 14-20.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО ВІЙСЬКОВОЮ КОЛІСНОЮ ТЕХНІКОЮ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ**

*О.О. Путро; І.К. Шаша, д.т.н., проф.*

*Національна академія Національної гвардії України*

Національна гвардія України є військовим формуванням з правоохоронними функціями, що входить до складу Міністерства внутрішніх справ України. На озброєнні Національної гвардії України знаходяться різноманітні зразки військової колісної техніки, які необхідні для виконання службово-бойових завдань. Невідповідність у витраті пального новими зразками військової техніки та їх модифікаціями створює труднощі в плануванні, забезпеченні і подальшому списанні пального в Національній гвардії України.

Застосування розрахунково-аналітичного методу для вирішення наведених питань дає змогу максимально точно наблизитися до реальної витрати

пального військовою колісною технікою НГУ, а також передбачає використання математичної моделі.

Відомі приклади математичних моделей не враховують особливості реальних умов експлуатації військової колісної техніки Національної гвардії України, тому пропоную наступний порядок:

– формулювання завдання таким чином, щоб забезпечити однозначність її розуміння;

– виявлення теорії процесів, фізико-хімічних законів процесу на основі літературних і експериментальних даних інших дослідників, а при відсутності таких даних висунення робочої гіпотези з подальшою її перевіркою;

– на підставі фізико-хімічних законів або прийнятої робочої гіпотези складання одного рівняння або системи рівнянь, що зв'язують параметри з фактами в найбільш простій і зрозумілій формі;

– визначення способу розв'язання прийнятих математичних рівнянь, способи визначення параметрів рівняння;

– перевірка відповідності прийнятій моделі фактичного процесу при наявності фактичних даних і порівнянні їх з розрахунковими за допомогою математичної моделі.

Таким чином усе розмаїття дорожніх і транспортних умов поділяється на сім класифікаційних груп, віднесення того чи іншого поєднання умов роботи до конкретної групи і буде визначатися відносними коефіцієнтами середньої швидкості руху автомобіля.

Аналіз математичної моделі витрати пального свідчить, що вона має низку переваг, оскільки враховує найважливіший експлуатаційний фактор – швидкість руху автомобіля. Отримане рівняння є оптимальним для розрахунку маршрутних норм витрати пального, а також для розрахунку норм витрати для різних груп доріг з урахуванням середньої технічної швидкості руху. Подальші дослідження мають бути спрямовані на застосування нової методики нормування витрати пального у військових частинах НГУ.

## **ПРОБЛЕМИ В ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНОГО ОЗБРОЄННЯ ТА ТЕХНІКИ**

*О.М. Манзяк*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Організація системи ремонту для відновлення пошкодженого озброєння, техніки та обладнання є важливим елементом логістичного забезпечення під час ведення війни. Досвід російсько-української війни виявив ряд проблем у цій сфері:

Велика різноманітність та різномірність озброєння та техніки в тому числі іноземного виробництва ускладнює створення стандартів для ремонтних робіт.

Недостатність або обмежена кількість запасних частин унеможливають своєчасного виконання ремонтних робіт та збільшують час на відновлення техніки.

Застосування нових видів озброєння, техніки та обладнання вимагає специфічних навичок, кваліфікованого персоналу для проведення ремонтних робіт які не завжди є у військових ремонтних органах та підрозділах.

Недостатньо розгорнуто ремонтно-відновлюваних баз поблизу районів ведення бойових дій, що обмежує кількість та якість відновлення озброєння, техніки та обладнання.

Затримки та бюрократичні перешкоди на митницях ускладнюють швидкість та ефективність постачання матеріалів, запасних частин для виконання ремонтних робіт.

Відсутність точної інформації та єдиної системи управління ремонтними роботами ускладнює планування постачань та розподіл ресурсів.

Вирішення цих проблем передбачає комплексний підхід, включаючи розгортання ремонтних баз, навчання персоналу, уніфікацію та стандартизацію процесів, забезпечення достатнього фінансування, розробку ефективних систем управління.

## **РОЗВИТОК СПРОМОЖНОСТЕЙ В СФЕРІ СЕРТИФІКАЦІЇ ОВСТ**

*Д.Д. Плинокос, к.е.н., доц.; І.В. Івженко, О.І. Кукураян  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Одним з напрямів гармонізації нормативно-правової та нормативної бази України у сфері оцінки відповідності з аналогічною базою, прийнятою у Європейському Союзі, є відмова від (окрім ряду особливих випадків) обов'язкової сертифікації товарів, робіт і послуг, та введення добровільної оцінки відповідності.

Органи з оцінки відповідності озброєння, військової та спеціальної техніки (ОВСТ) можуть бути акредитовані відповідно до діючого законодавства. Безперечно, при акредитації органів з оцінки відповідності в сфері озброєння та військової техніки необхідно враховувати специфіку здійснення оцінки відповідності. Акредитація органів з оцінки відповідності (далі – ООВ) здійснюється згідно вимог Закону України “Про акредитацію органів з оцінки відповідності” національним агентством з акредитації України.

Для Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (далі – Інститут) доцільним шляхом розвитку спроможностей, щодо сертифікації ОВСТ повинна бути акредитація ООВ – органу сертифікації та випробувальних лабораторій науково-технічного комплексу вимірювань Інституту, що підвищить довіру замовників та кінцевого споживача ОВСТ до діяльності органу з оцінки відповідності.

Крім того, для повноцінного функціонування в Україні системи сертифікації ОВСТ, є необхідним подальше формування нормативної бази, перегляд державних стандартів України (в частині доцільності функціонування в Україні стандартів ГОСТ) та прийняття стандартів країн членів НАТО (STANAG, AQAP) для забезпечення процедури оцінки відповідності та сертифікації ОВСТ.

## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИЛ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ ДЕРЖАВИ**

*С.А. Радзіковський; В.Л. Павельчук  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Аналіз заходів щодо здійснення логістичного забезпечення (ЛЗ) сил безпеки і оборони держави в ході російсько-української війни свідчить про низку проблемних питань, а саме: відсутність відповідної нормативно-



правової бази щодо створення об'єднаної системи логістики, недосконалість системи управління ЛЗ Збройних Сил (ЗС) України; неоптимальний розподіл відповідальності та повноважень з організації ЛЗ між МО України та ГШ ЗС України; низький рівень застосування в органах військового управління (ОВУ) сучасних інформаційних технологій (ІТ), програмних і технічних рішень тощо.

Для порівняння, нормативно-правові документи держав-членів НАТО розглядають ЛЗ як сферу відповідальності всіх родів військ, у тому числі в межах їх спільних міжвидових операцій. Ключовим документом, що регулює управління спільною логістичною діяльністю на суходолі, є настанова Комітету начальників штабів JP 4-0 “Joint Logistics” (“Об'єднана логістика”), основними функціями якої є: матеріальне забезпечення об'єднаного угруповання військ (сил); технічне обслуговування та ремонт озброєння і військової техніки; транспортне забезпечення (розгортання сил і перевезення матеріально-технічних засобів; медичне забезпечення; інженерне забезпечення; забезпечення особового складу (продовольче забезпечення, розміщення в польових умовах, під час виконання бойових завдань, забезпечення базування підрозділів, речове забезпечення); управління контрактами з фірмами-підрядниками.

Досвід провідних країн світу щодо ЛЗ своїх військових формувань свідчить про широке використання сучасних систем ІТ, адаптованих до рівня галузевих рішень в інтересах сектору безпеки і оборони.

## **ВПЛИВ РОЗВИТКУ МАЛИХ БПЛА НА УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРОБКИ ДИЗАЙНУ ВІЙСЬКОВИХ КАМУФЛЯЖІВ**

*А.О. Парфіло<sup>1</sup>; О.М. Башкиров<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну;*

*<sup>2</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України*

Аналіз результатів застосування розвідувальних БПЛА та дронів-камікадзе доводить, що наявні типи камуфляжу для військової техніки та особового складу, які використовуються військовослужбовцями Збройних Сил України, мають в сучасних умовах доволі низькі показники ефективності. До уваги були взяті такі параметри як схожість з оточенням, ефективність на різних відстанях та стійкість до змін умов навколишнього середовища.

Існує кілька конкретних причин, чому наявні варіанти дизайну камуфляжу можуть бути неефективними:

– недостатня адаптація до погодних умов та середовища, внаслідок того, що камуфляж розроблений для типового середовища, і його ефективність може значно зменшуватися, якщо умови бойових дій відрізняються навіть зовсім трохи;

– ефект “білої плями”, коли застосування узорів або яскравих кольорів на камуфляжі, розроблених для певного середовища, виглядають неприродньо в інших умовах, тому може привертати увагу та робити об'єкт значно помітнішим;

– помилковий вибір камуфляжу (невірний вибір камуфляжу для конкретного завдання або місцевості) низьких показників ефективності.

У зв'язку з цим постійне вдосконалення та адаптація методів камуфляжу до нових умов і технологій розробки його дизайну є ключовим для

забезпечення його ефективності, а також дуже своєчасним і актуальним питанням на сьогодні.

В доповіді розробляються пропозиції щодо способу створення сучасного дизайну камуфляжу для потреб військових формувань України.

### **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ**

*М.Г. Грубель, д.т.н., проф.; Д.Л. Паращук, к.т.н., доц.; Д.В. Козлов  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

З початку широкомасштабної агресії російської федерації на територію України, парк військової автомобільної техніки (ВАТ) значно розширився за рахунок новітніх зразків, які надійшли від країн-партнерів та за контрактами Міністерства оборони. Поряд із цим, новітні машини відрізняються наявністю електронних систем керування, що ставить перед ремонтно-відновлювальними органами завдання забезпечення сучасним діагностичним обладнанням та кваліфікованими фахівцями.

Важливість сучасного діагностичного обладнання для якісної діагностики новітніх зразків ВАТ визначається його можливістю підключення до бортового комп'ютера та перевірки всіх електронних систем. Комп'ютерна діагностика дозволяє виявити навіть найменші несправності та запобігти серйозним поломкам, що є критичним у військових умовах.

Таким чином, впровадження новітніх технологій у галузі комп'ютерної діагностики військової техніки стає все більш актуальним. Зокрема, навчальні заклади та підприємства проводять інструкторсько-методичні заняття для навчання персоналу ефективному використанню сучасного діагностичного обладнання.

В цілому, зазначене вище сприяє забезпеченню оптимального функціонування ВАТ в умовах сучасних воєнних конфліктів завдяки можливості своєчасного визначення та контролю діагностичних параметрів машин цього класу.

### **ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ ТА ВТРАТ КОЛІСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВІЙНИ РОСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ**

*М.О. Манзяк; М.Г. Грубель, д.т.н., проф.; А.М. Андрієнко, к.т.н., с.н.с.  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Проведений аналіз порівняльної оцінки кількісного складу та втрат зразків військової автомобільної техніки (ВАТ) Сил оборони (СО) України та збройних сил російської федерації за результатами їх бойового застосування протягом 2022-2023 років дозволяє зробити наступні висновки:

1. Очевидною проблемою є наявність значної кількості зразків колісної ВАТ, які отримали бойові пошкодження, вийшли з ладу з експлуатаційних причин, не підлягали відновленню або ж були захоплені противником на полі бою.

2. Можливо спрогнозувати, що в процесі експлуатації несправності ходової частини, в тому числі підвісок машин, виникатимуть у 10% зразків.

Враховуючи той факт, що в бойовому складі СО України перебуває понад 13000 зразків колісної ВАТ, цей показник складе понад 1300 одиниць.

3. Очевидною є неможливість забезпечення високої прохідності та мобільності руху, оскільки для сучасного зразка колісної ВАТ вони є життєво необхідними умовами ефективного використання в ході ведення бойових дій.

4. Спостерігається стійка тенденція до переходу від залежних до незалежних підвісок, з метою підвищення комфортності руху водія та екіпажу, а також зменшення поперечних кренів кузова.

5. Важливими є питання удосконалення методик оцінки параметрів профільної прохідності та плавності ходу для найбільш характерних умов руху бездоріжжям та проїзду регламентованих перешкод, характерних для умов території України.

### **ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ПОВНОПРИВІДНИХ МАШИН**

*А.І. Коробко, д.т.н., доц.; І.В. Семенов*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Проблема розроблення методології оцінки функціональної точності повнопривідних вантажних автомобілів (ПВА), що базується у відповідності ДСТУ 2860-94 на забезпеченні здатності виконувати ним задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом терміну служби. За аналогією оцінки функціональної точності трактора методологія функціональної точності ПВА передбачає виконання ним заданих функцій, спрямованих на досягнення поставленої мети, що характеризується певними значеннями її параметрів (вихідний, первинний, вторинний). При цьому, вихідний параметр є результатом розв'язання функціонального завдання відповідно до цільового призначення ПВА в цілому (швидкість руху, стійкість, керованість, маневреність) або його складових елементів (двигун, системи керування, тощо).

Достовірність контролю функціональної точності і працездатності ПВА суттєво впливає на ефективність їх використання. Низька достовірність контролю, що характеризує ступінь об'єктивності оцінки реального стану ПВА може призвести до помилок I роду (пропуск відмов), II роду – до матеріальних витрат на заміну придатних до експлуатації елементів.

Таким чином, методологія оцінки функціональної точності ПВА базується на порівнянні помилок першого (пропущення відмов) і другого (помилкова відмова) роду. На підставі даного порівняння робиться висновок про придатність ПВА до подальшої експлуатації.

### **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ (РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ) УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.; Б.Й. Семон, д.т.н., проф.*

*Національний університет оборони України*

Актуальність задачі визначається сучасними потребами щодо покращання бойових спроможностей військових формувань, в тому числі за рахунок програм (проектів) зі створення систем озброєння та військової

техніки (СОВТ). Реалізація даної задачі потребує залучення ресурсів, необхідних для розроблення характеристик системи підтримки, виробництва системи підтримки та/чи її інтеграції, а також для планування, розвитку, фінансування (придбання послуг) та оцінювання її функціонування.

В доповіді приведена комплексна методика оцінювання ефективності (результативності) функціонування системи управління життєвим циклом СОВТ під час забезпечення якості (експлуатаційної надійності) відповідних її зразків, яка призначена для проведення розрахунків показників системи управління життєвим циклом СОВТ родів військ Збройних Сил (ЗС) України з метою визначення її ефективності.

Запропоновано оцінювання результатів формування варіантів забезпечення заданого рівня ефективності управління життєвим циклом СОВТ та засобів їх технічного обслуговування і ремонту, в тому числі, за критерієм найкоротшого терміну досягності необхідного рівня бойового потенціалу (всіх зазначених спроможностей у визначених сценаріях застосування) родів військ ЗС України при загальних витратах ресурсів, не більш ніж задані, в окремому випадку в умовах відсічі широкомасштабної збройної агресії без накладання ресурсних обмежень.

### **ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.; О.В. Барабаш, д.т.н., проф.;*

*О.О. Майстров, к.т.н., доц.; М.Ю. Миронюк, к.військ.н.;*

*С.М. Базіло, Ph.D.; П.А. Дранник, к.військ.н., с.н.с.*

*Національний університет оборони України*

Актуальність задачі визначається сучасними потребами у проведенні модернізації систем озброєння та військової техніки (СОВТ) на відповідних стадіях їх життєвого циклу з урахуванням існуючих фінансових, часових та ресурсних обмежень.

В доповіді на підставі аналізу існуючих публікацій, присвячених питанням деградації складних технічних систем різного призначення, в тому числі стану елементної бази СОВТ, визначено, що метою обґрунтування найбільш доцільного варіанту створення конкретних елементів функціональних систем є визначення пріоритетності серед альтернативних варіантів та розробка рекомендацій щодо вибору одного з них, з урахуванням їх як позитивних, так і негативних властивостей.

Обґрунтовано вибір показника ефективності модернізації, в якості якого пропонується використовувати коефіцієнт модернізації, під яким розуміється співвідношення узагальненого позитивного ефекту від проведення модернізації до узагальнених витрат на її проведення (добуток показників, які відображають зміну функціональних можливостей, тактико-технічних та експлуатаційно-технічних характеристик).

При цьому критерій оцінки ефективності модернізації формується наступним чином – з альтернативних варіантів створення функціональної системи обирається такий, що має найвище значення коефіцієнту модернізації та відповідає вимогам технічного завдання до: величин тактико-технічних та експлуатаційно-технічних характеристик функціональної системи; сумарної вартості виготовлення визначеної кількості серійних зразків функціональної системи; сумарної тривалості виготовлення визначеної кількості серійних зразків функціональної системи.

## **ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.*

*Національний університет оборони України*

Оснащення сучасними зразками систем озброєння та військової техніки (СОВТ) Сил оборони, забезпечення їх призначеного рівня технічної готовності та достатніми запасами матеріальних засобів є складовими вимог існуючих нормативних документів держави. При цьому наведена нагальна потреба в удосконаленні організації управління запасами матеріальних засобів СОВТ, в тому числі з обов'язковим покращенням процедур планування, розвитку, фінансування та оцінювання її функціонування.

В доповіді з метою підтримання СОВТ в установлених ступенях готовності до застосування за призначенням на стадії життєвого циклу “використання” шляхом цілеспрямованого впливу на матеріальні засоби, а саме засоби підтримання, випробування, вимірювання та діагностування системи їх технічного обслуговування і ремонту при заданих обмеженнях на витрати розроблено метод управління запасами матеріальних засобів (ресурсів, послуг) із урахуванням інтенсивності експлуатації та стратегії технічного обслуговування і ремонту СОВТ. Відмінність даного методу від існуючих, що визначає його новизну, полягає у використанні ймовірності достатності у якості показника достатності запасних частин, призначених для забезпечення усунення бойових пошкоджень та відновлення працездатності зразків СОВТ, уточненні його поняття та розробленні математичної моделі його розрахунку, яка, на відміну від існуючих, враховує можливість бойових пошкоджень як складових так і запасних частин та часові обмеження проведення ремонту пошкодженого СОВТ.

## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕДУРАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ІЗ УРАХУВАННЯМ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА БОЙОВИХ ПОШКОДЖЕНЬ**

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.*

*Національний університет оборони України*

Актуальність питання полягає у необхідності підтримання систем озброєння та військової техніки (СОВТ) в установлених ступенях готовності до застосування за призначенням на стадії життєвого циклу “використання” шляхом цілеспрямованого впливу на систему їх технічного обслуговування і ремонту з урахуванням інтенсивності експлуатації та бойових пошкоджень.

В доповіді для вирішення наведеного актуального питання розроблений метод управління процедурами технічного обслуговування та ремонту СОВТ із урахуванням інтенсивності експлуатації та бойових пошкоджень. Ідея методу базується на припущенні принциповій можливості представлення моменту досягнення граничного стану СОВТ за допомогою логіко-ймовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків між переходом СОВТ в граничний стан і сукупністю початкових і проміжних подій, що відбуваються

зміну стану як самих елементів СОВТ, так і елементів системи відновлення її технічного ресурсу. Відмінність даного метода від існуючих, що визначає його новизну полягає у можливості отримання оптимального періоду проведення робіт з технічного обслуговування, при якому досягається максимальне значення комплексних показників надійності СОВТ, використовує в якості показника ефективності відновлювального ремонту ймовірність проведення відновлювального ремонту за час, що не перевищує задане значення, додатково враховує при розрахунку ефективності проведення ремонту ресурсні обмеження.

### **КОЛІСНИЙ МАЛОГАБАРИТНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ З ІНЕРЦІЙНИМ РУШІЄМ**

*М.А. Подригало, д.т.н., проф.; Є.О. Дубінін, д.т.н., проф.;*

*М.В. Байцур, к.т.н., доц.; М.П. Холодов, к.т.н., доц.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Інерційні рушії транспортних засобів є різновидом реактивного рушія. Вони дозволяють запобігти використанню сили зчеплення коліс з дорогою для створення тягової сили транспортного засобу. Остання властивість транспортних засобів з інерційними рушіями дуже важлива для машин подвійного використання, оскільки дозволяє використовувати їх в умовах бездоріжжя, а також – машин-амфібій.

В результаті досліджень розроблено теорію руху малогабаритних транспортних засобів з інерційними рушіями. Запропоновано два конструктивні варіанти таких транспортних засобів, обґрунтовано геометричні параметри механізму. Створено масштабну модель малогабаритного колісного транспортного засобу з інерційним рушієм та проведені її випробування.

Під час проведення випробувань було визначено, що дослідний зразок малогабаритного транспортного засобу з інерційним приводом має достатньо високу стабільність показників динамічності та керованості.

### **ПЕРСПЕКТИВНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ (ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ) СИСТЕМ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ТА ЗАСОБІВ ЇХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ**

*П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.*

*Національний університет оборони України*

Актуальність питання полягає у необхідності підтримання систем озброєння та військової техніки (СОВТ) в установлених ступенях готовності до застосування за допомогою розгорнутої системи підтримки, яка повинна забезпечити якість (експлуатаційну надійність) відповідних зразків СОВТ протягом нормативного періоду їх експлуатування, враховуючі при цьому поступову деградацію усіх складових частин виробів з різною швидкістю.

В доповіді для вирішення наведеного актуального питання розроблений метод формування раціональної конструкції (функціональної структури) СОВТ та засобів їх технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Ідея, яка

використана при розробці методу, базується на тому, що врахування змін властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів функціональних систем на сучасній елементній базі дозволяє модернізувати СОВТ та засоби їх ТОiP, відновити запаси комплектів ЗiП та зменшити номенклатуру їх елементів, підвищуючи при цьому надійність відповідних зразків.

В цілому, запропонований метод є подальшим розвитком науково-методичного апарату вибору раціонального варіанту модернізації СОВТ та засобів їх ТОiP з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів функціональних систем на сучасній елементній базі. В практичному плані запропонований метод дозволяє забезпечити необхідний рівень надійності та зменшення вартісних й часових показників відновлення працездатного стану СОВТ та засобів їх ТОiP.

### **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПЕРІОДИЧНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБСЛУГОВУВАНЬ ДЛЯ ВИРОБІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ОДНОКРАТНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

*А.Г. Салій, к.військ.н., проф.; П.В. Опенько, к.т.н., ст.д.;  
П.М. Яблонський, к.т.н., доц.; В.П. Диптан, к.військ.н., доц.; О.О. П'явчук  
Національний університет оборони України*

Питання відновлення та підтримання справності виробів військового призначення однократного застосування (ВВП ОЗ) є одним з актуальних питань, що безпосередньо впливає на загальну боєготовність Сил оборони держави та визначає об'єктивну потребу створення в країні універсальної та ефективної системи забезпечення справності ВВП ОЗ, за якими не здійснюється авторський нагляд (іноземної розробки та виготовлення).

В доповіді для вирішення зазначеного питання запропоновано методику, яка заснована на існуючих науково-методичних підходах до вибору функції розподілу часу наробітку між відмовами та математичних моделях процесу зміни технічного стану ВВП ОЗ, може бути використана для визначення ймовірності безвідмовної роботи як зразків ВВП ОЗ, так і інших зразків озброєння та військової техніки, якщо відомо значення параметра потоку відмов.

Головним завданням методики визначення оптимальної періодичності проведення технічного обслуговування для конкретного зразка ВВП ОЗ є забезпечення підтримання коефіцієнту технічного використання на максимальному рівні у процесі застосування їх за призначенням з мінімальними затратами людських і матеріальних ресурсів. Суть запропонованої методики полягає в прогнозуванні ймовірності безвідмовної роботи засобів ВВП ОЗ та прийнятті рішення щодо проведення заходів з підтримання їх в працездатному стані на основі отриманих результатів.

## **ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛІВ І ДВИГУНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАСШТАБНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

*М.А. Подригало, д.т.н., проф.; А.В. Ужва, к.т.н., доц.; В.С. Шейн, к.т.н., доц.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Використання натурального масштабного моделювання в різних галузях науки й техніки дозволяє оптимізувати витрати ресурсів, зокрема – часу, на проєктування та доводки машин перед постановкою їх у серію. Маючи за наукову основу натурного моделювання теорію подоби, можлива побудова системи масштабних коефіцієнтів, що дозволяють переносити результати натурних масштабних випробувань до реальної машини.

Як було встановлено, під час проведення масштабних випробувань, необхідно корегувати вимоги до точності вимірювань параметрів різних величин. Це дозволяє досягти необхідної адекватності отриманих натурних і масштабних результатів.

Крім того, визначено, що випробування машин та їх елементів у нестандартних умовах, потребує корегування вимог до точності вимірювання досліджуваних параметрів.

У доповіді проведено результати дослідження щодо необхідної точності вимірювань фізичних величин при випробуваннях двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) на часткових швидкісних характеристиках та при форсованих випробуваннях автомобілів на надійність. Це дозволило встановити, що перехід від зовнішньої на часткову швидкісну характеристику при проведенні випробувань ДВЗ повинен супроводжуватись підвищенням точності вимірювань ефективної потужності та крутильного моменту. Також визначено, що при форсованих випробуваннях автомобілів, двигунів та їх елементів зі зростанням коефіцієнта прискорення найбільша припустима похибка вимірювань необхідного параметра повинна зменшуватись.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ГІБРИДНИМ АВТОМОБІЛЕМ ПРИ РОЗГОНІ**

*О.С. Полянський, д.т.н., проф.; Є.О. Дубінін, д.т.н., проф.;  
Д.В. Абрамов, д.т.н., проф.; М.В. Краснокутський  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Проведені дослідження щодо вдосконалення способів керування розгоном гібридного автомобіля з комбінованим електромеханічним приводом ведучих коліс дозволяють зменшити непродуктивні витрати енергії.

Запропоновано вдосконалений підхід щодо процесу керування гібридним автомобілем при розгоні. Під час руху гібридного автомобілю ДВЗ працює на постійному швидкісному режимі (постійній кутовій швидкості колінчастого валу) незалежно від потужності, що створюється на його виході. При цьому розгін автомобілю на кожній з передач здійснюється за рахунок розгону валу електродвигуна (ЕД). Перехід на наступну вищу передачу буде здійснено по досягненні граничної швидкості на діючій передачі. Передаточна функція зворотного зв'язку забезпечує керування вхідним сигналом та сигналом на переключення передач у коробці передач.

На рисунку 1 представлено блок-схему управління динамікою розгону гібридного автомобілю. Вхідний сигнал  $X$  (переміщення педалі подачі палива)



через блок керування з передаточною функцією  $W_{\text{КЕР}}$  передається на ДВЗ (передаточна функція  $W_{\text{ДВЗ}}$ ) та електродвигун (передаточна функція  $W_{\text{ЕД}}$ ). Рух валу електродвигуна ЕД та колінчастого валу ДВЗ складається в диференціальному механізмі та через коробку передач ( $W_{\text{КП}}$ ) та головну передачу ( $W_{\text{ГП}}$ ) передається до автомобілю. Передаточні функція  $W_{\text{АВТ}}$  трансформує рух трансмісії у рух автомобілю з вихідною величиною  $Y$  (швидкість  $V$  руху автомобілю).

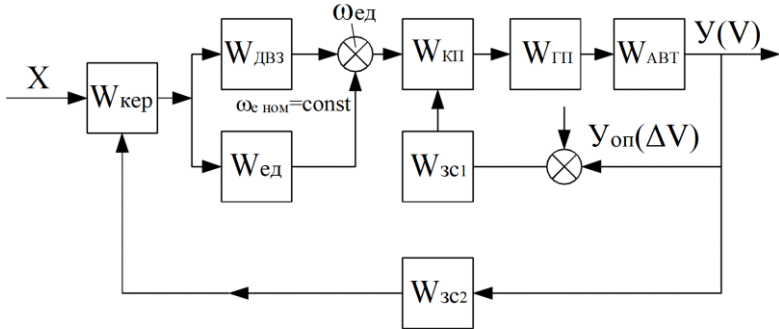


Рисунок 1 – Блок-схему управління динамікою розгону гібридного автомобілю

Передаточна функція зворотного зв'язку  $W_{\text{ЗС1}}$  з урахуванням незгодженості  $Y_{\text{оп}}(\Delta V)$  та  $W_{\text{ЗС2}}$  забезпечують керування вхідного сигналу  $X$  та сигналу на автоматичне переключення передач у коробці передач КП.

Таким чином, за вдосконалим процесом керування, у ДВЗ забезпечується постійний швидкісний режим при змінній його потужності, а розгін автомобіля здійснюється за рахунок розгону валу ЕД шляхом передачі його руху до ведучих коліс. Використання запропонованого способу керування синергетичним приводом гібридного автомобілю при розгоні дозволяє зменшити витрати енергії і палива.

## **СЕКЦІЯ 12**

### **СТВОРЕННЯ ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ**

Керівники секції: полковник Потягач Т.Г.;  
к.т.н. доц. пр. ЗС України Агафонов Ю.М.  
Секретар секції: к.т.н. с.н.с. пр. ЗС України Грічанюк О.М.

#### **EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF WEAPONS FOR DETERRENCE FORCES OF THE WORLD'S LEADING NON-NUCLEAR COUNTRIES**

*T. Potiahach<sup>1</sup>; Y. Agafonov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Snisarenko<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The question of the need to have non-nuclear deterrent forces (NNDF) in the Armed Forces of Ukraine, which would be designed to deter an eventual adversary from using military force against Ukraine by constantly threatening to inflict losses that would not correspond to the expected results of aggression, has repeatedly arisen since the beginning of the formation of our state.

It is generally accepted that the Deterrence Forces should meet the following criteria: "sufficiency" of the available forces to deter the enemy; "resilience" to an unexpected (preventive) attack by the aggressor; "proportionality" of the use of force against the aggressor's actions, while maintaining the potential to deter further escalation of aggression; "plausibility" of actions to encourage a peaceful resolution of the conflict, i.e. determination and irreversibility.

The report examines the peculiarities of the basic principles of the deterrence strategy as a tool for building deterrence forces and weapons for its implementation on the example of the experience of some developed non-nuclear countries.

It is shown that in the weapons composition NNDF of the Israeli and Republic of Korea Defense Forces within the framework of the active deterrence strategy includes high-precision weapons that allow unexpectedly launching precision strikes on the enemy's troops, command centers, infrastructure, warehouses, etc., tactical, operational, tactical and strategic purposes of ground, air, surface and underwater basing.

#### **ANALYSIS OF OPPORTUNITIES FOR THE ESTABLISHMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR NON-NUCLEAR DERRECTION FORCES**

*Y. Agafonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
M. Borysenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the armed aggression against our country, the issue of the need to create and incorporate non-nuclear deterrent forces (NNDF) into the Armed Forces of Ukraine has been increasingly raised. The missile weapons that can be

used by the units that will be part of the NNDF can be of different types, both in terms of purpose and types of basing, both domestic and foreign production.

It is considered appropriate to consider a three-tier structure of non-nuclear deterrent forces: tactical with a range of up to 120 km; operational and tactical - up to 500 km; strategic - up to 1500 km.

Effective management of such an interspecies grouping of units and subunits equipped with missile weapons of different range and type of basing is possible only with the use of an automated control system (ACS), which, in turn, is a subsystem of the Unified Automated Control System of the Armed Forces of Ukraine.

The report considers a variant of the structural and functional scheme of the ACS of the NSS, its organizational, functional and technical foundations. It is shown that such an ACS is a hierarchical centralized (with elements of decentralization) structure that includes strategic, operational and tactical, tactical levels of control, means of destruction and reconnaissance.

The author proposes a variant of technical implementation of such a system on the basis of unified command and control vehicles of different levels, which is determined by the available special software based on the adopted mobile version of the 9C162 product.

## **АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДЛЯ БОРОТЬБИ З БПЛА**

*А.Г. Снісаренко, к.т.н., с.н.с.; Г.В. Рибалка, к.т.н., с.н.с.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сучасний етап ведення бойових дій з країною-агресором характеризується широким застосуванням противником безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як власного, так і іноземного виробництва, які можуть виконувати завдання по:

- розвідці бойових позицій наших військ у глибині оборони та важливих об'єктів військового та цивільного призначення;
- нанесенню ударів по позиціях наших військ, включаючи скопичення особового складу, військової техніки, а також по цивільних об'єктах критичної інфраструктури;
- корегування вогню артилерії;
- ретрансляції сигналів;
- постановки хибних цілей з метою дезорганізації роботи вітчизняної протиповітряної оборони.

В доповіді розглянуто:

- засоби виявлення БПЛА;
- можливі варіанти боротьби з БПЛА.

Проаналізовані можливі загрози радіоканалам управління та навігації БПЛА. Показано, що такі загрози можуть бути реалізовані шляхом використання радіоелектронних засобів боротьби з БПЛА, включаючи мобільні станції та переносні радіоелектронні рушніці та радіоелектронні засоби купольного типу.

Розглянуті тенденції розвитку засобів радіоелектронної боротьби з БПЛА; вогневі засоби ураження: засоби ППО СВ та стрілецьку зброю, якими оснащуються мобільні вогневі групи.

З урахуванням практичного досвіду розглянуті способи вогневого ураження, що використовують мобільні групи боротьби з БПЛА противника.

## **ASSESSMENT OF THE EFFECT OF AIRCRAFT ALTITUDE ON THE OPERATION OF A NAVIGATION SYSTEM THAT USES A SCALE-INVARIANT TRANSFORMATION OF IMAGE FEATURES**

*O. Hrichaniuk, Candidate of Technical Sciences;  
Y. Agafonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
M. Borysenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; V. Tishkin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The well-known method of scale-invariant feature transform (SIFT) of images is used in the tasks of automatic image stitching, three-dimensional modeling, robotic mapping, robot navigation, etc.

In the course of modeling the operation of an aircraft navigation system based on images of ground landmarks using SIFT descriptors, the influence of aircraft flight altitude on the operation of the navigation system was evaluated. High-resolution satellite imagery of the earth's surface, which differed in time and conditions of acquisition, was used to generate current and reference images. In the process of modeling, each iteration of the current image formation was carried out using random number generators that determined the current rotation values of the current image and the magnitude of the current image offsets relative to the center of the reference image.

As a result of the modeling, the values of estimates of the probability of correct geodetic reference of the aircraft to the reference image of ground landmarks for different flight altitudes were obtained. Certain limitations were determined on the permissible range of altitudes in which such a navigation system can operate efficiently. Estimates were made for different types of terrain.

## **SPECIAL SOFTWARE FOR PREPARING REFERENCE IMAGES FOR UAV AUTONOMOUS NAVIGATION SYSTEMS OPERATING ON IMAGES OF GROUND LANDMARKS**

*O. Hrichaniuk, Candidate of Technical Sciences;  
A. Kovtunov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
Yu. Krykhtin, Candidate of Technical Sciences; A. Rezumenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An integral part of the autonomous navigation system of unmanned aerial vehicles (UAVs), which operates on the basis of ground reference images, is an information support system that generates reference images of ground reference points.

The Air Force Research Center has developed special software that performs all the basic functions of generating reference images of ground control points. The input sources of information for the special software are servers of geographic information services containing raster layers of satellite images of the earth's surface, stored in accordance with WMTS (Web Map Tile Service), a standard for publishing digital maps on the Internet using cached map sheets, the so-called tiles.

Special software can load a selected digital map layer and display its image on a computer monitor. After entering the input data (coordinates of the ground reference point and the size of the reference image in meters), the program calculates the coordinates of the upper left and lower right corners of the reference, after which the necessary tiles are downloaded from the selected information sources (servers).

After checking the completeness of the downloaded data, the program stitches together a single raster image and cuts it to the specified dimensions. The result of the special software is raster reference images of ground control points with specified coordinates and dimensions.

## **APPLICATION OF A LONG-RANGE AIR-LAUNCHED MISSILE SYSTEM**

*V. Tkachenko, Doctor of Military Sciences, Professor; I. Kravchenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The deployed echeloned air defense system of the enemy does not allow the use of aviation on the front edge of the combat clash and in the depths of the enemy's battle formations. This significantly limits the capabilities of strike aircraft to inflict fire damage on land (sea) targets. In this aspect, special attention is drawn to high-precision aviation weapons, which are universal and can be used on various types of targets with a wide range of carriers.

High-precision aviation means of destruction include guided aerial bombs and guided aerial missiles of various classes. The use of guided aerial bombs in the modern realities of Ukraine's defense operation against an aggressor is extremely limited, which is due to the presence of the latter's deployed echeloned air defense system, which limits the use of guided aerial bombs from high altitudes to achieve a significant drop range. Another way to increase the effectiveness of strike aviation is its use of high-precision guided air missiles. The use of the specified aviation means of destruction (AMD) provides the possibility of using strike aircraft to attack important stationary enemy objects, namely: command posts, logistics centers, transport hubs, places of concentration of personnel, bridges on important transport highways located at tactical depth combat orders of the aggressor outside the damage zones of its anti-aircraft missile systems, will allow to reduce the number of aircraft sorties and the costs of AMD for hitting ground (sea) targets, which will positively affect the preservation of the resource of the aviation fleet of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

## **ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ КОМАНДНИХ РАДІОЛІНІЙ ОПЕРАТИНО-ТАКТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ КРИЛАТИХ РАКЕТ**

*А.Г. Снісаренко<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; В.А. Юнда<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Протягом останніх десятиріччя в арміях провідних світових держав все більше уваги приділяється питанням масованого застосування крилатих ракет (КР) при веденні "безконтактної війни". Одним із варіантів досягнення точності ураження цілей являється управління КР з використанням командних радіоліній (КРЛ).

В доповіді розглянуті особливості бойового застосування крилатих ракет наземного базування. Показано, що організація радіоканалу КРЛ в діапазоні ультракоротких хвиль можлива у разі виконання двох наступних умов:

– наявність прямої видимості між КР та пунктом управління польотом нею;

– забезпечення необхідного співвідношення сигнал/шум на вході приймача з метою якісної роботи, оцінка якої може бути виконана на основі аналізу бюджету радіоканалу.

В якості альтернативи розглянута можливість використання короткохвильового (КХ) діапазону для організації радіоканалу КРЛ з гарантованою передачею командної інформації та адаптацією до динамічної перешкодової обстановки в КХ діапазоні на основі використання технології автоматичного встановлення та підтримання радіозв'язку в автоматичному режимі ALE (Automatic Link Establishment), що забезпечить стійкість до цілеспрямованої радіоелектронної протидії противника та відносно невелику вартість обладнання.

## **ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS TO CONTROL LONG-RANGE AIRCRAFT**

*A. Snisarenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
G. Rubalka, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current stage of hostilities with an aggressor country is characterized by the urgent need for the widespread use of long-range aircraft to destroy important aggressor targets in the deep rear.

To ensure stable and continuous control of aircraft beyond the range of the traditional command radio line (CRL), it is advisable to use satellite communication systems (SCS). The use of satellite communication technologies will ensure:

- control of the aircraft in its flight area;
- security of control information transmission;
- high speed of information transmission.

The report examines the capabilities of commercially available satellite communications systems, namely:

– Inmarsat. Inmarsat's specialized service, which is designed to provide communication with aircraft, is called Velaris BVLOS and operates in the L-band, which integrates the L-band streaming technology of the Australian developer Harvest Technology Group, which allows to transmit high resolution video in real time, using a small bandwidth;

– Iridium satellite communications system. Communication with the aircraft is realized through Iridium Certus 100 solutions, which are optimized within the strict requirements for size, weight and power, providing a transmission rate of 88 kbps. With the transition to Iridium NEXT spacecraft in 2018, it became possible to obtain data rates of 128 to 512 kbps for sea and air objects.

## **A TEST PLATFORM BASED ON A MULTI-ROTOR UNMANNED AERIAL VEHICLE**

*O. Hrichaniuk, Candidate of Technical Sciences;  
A. Avilov; S. Artimov; M. Kapashyn  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of repulsing Russia's full-scale aggression against Ukraine, a significant part of combat missions to destroy enemy military equipment and personnel is carried out by units of the Armed Forces of Ukraine with the help of unmanned aerial vehicles (UAVs) of the multi-rotor type. The main problem in the use of such drones is counteracting enemy electronic warfare. A significant portion

of UAVs is lost when the enemy suppresses signals from satellite navigation systems, radio remote control channels, and video transmission.

A promising direction for increasing the resistance of UAVs to electronic warfare is the use of computer vision and computer neural networks to solve the problems of autonomous navigation on images of ground landmarks, searching for targets and homing on them.

Therefore, the Air Force Research Center developed a test platform based on a multi-rotor unmanned aerial vehicle (quadrotor) capable of solving problems of testing onboard automated video information processing systems. The UAV is equipped with a Pixhawk flight controller with an open architecture, an on-board video stream processing microcomputer (VSPM) and a digital camera with a replaceable lens mounted on a gyro-stabilized gimbal. The VSPM is equipped with a computer vision software package. During the flight of the UAV, the VSPM exchanges data and commands with the onboard control system and the ground station using the MAVLink protocol.

### **THE USE OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS AS A TOOL FOR OPERATIONAL PROCESSING OF INCOMING INTELLIGENCE**

*S. Zvyhlianych, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
Y. Agafonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Avilov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The article considers an approach to the use of automated information systems as a tool for the operational processing of incoming intelligence.

Intelligence information is classified by the areas of analysis of possible actions of the enemy, based on the real state of its forces and means. This information is presented in the form of relational algebra relations. Each area of analysis is evaluated by experts based on the development of certain scenarios of enemy actions. A ranking scale is introduced to assess the impact of relevant intelligence on the development of a particular scenario. Scenarios include the enemy's actions to prepare for an offensive, to go on the defensive, etc. Expert assessments are also presented in the form of relational algebra relations. The entered relations (incoming intelligence and expert assessments of possible enemy behavior scenarios) in the form of tables form the basis of the relational database of the corresponding documentary-type information retrieval system.

The use of the capabilities of the selected database management system will automate the process of processing incoming intelligence on the basis of pre-designed templates of possible scenarios for the development of enemy combat operations, depending on the state of its forces and means. At the same time, the quantitative assessment of such enemy actions increases both the timeliness and validity of decisions.

### **ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN THE ADAPTIVE CONTROL OF UAV SWARM ON THE BATTLEFIELD**

*A. Avilov; A. Zadorozhna; V. Tishkin; A. Rezumenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern combat conditions place high demands on the adaptability of military technologies. In this context, the use of swarms of Unmanned aerial vehicles (UAVs) is becoming increasingly important. To effectively manage a

swarm of UAVs on the battlefield, it is necessary to introduce advanced technologies, including artificial intelligence and machine learning.

Combat operations are characterized by high dynamics and uncertainty. A swarm of UAVs must quickly adapt to changes, performing effective actions in a variety of conditions. Machine learning provides key tools for training a swarm to be adaptive and efficient. The ability of the models to learn from data on the dynamics of the modern battlefield allows it to adapt to different scenarios. Machine learning is effectively used to create systems that can detect and analyze changes in enemy tactics. This ensures the ability to quickly adapt to new threats and combat scenarios.

Machine learning algorithms play an important role in optimizing the distribution of tasks and resources in a UAV swarm in real time. This involves taking into account energy consumption, communication bandwidth, and swarm structure variability.

The study emphasizes the importance of integrating machine learning and artificial intelligence to create flexible and adaptive UAV swarm management systems in an ever-changing combat environment. The introduction of these technologies opens up prospects for the creation of technically advanced and effective solutions in the field of combat use of UAVs in modern warfare.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ ТАКТИЧНОГО ПОВІТРЯНОГО РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ТАКТИКИ ЙОГО БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ БОРОТЬБИ З БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ ПРОТИВНИКА**

*О.Л. Харитонов, к.військ.н., с.н.с.; Д.Г. Шерінітко  
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету  
“Одеська морська академія”*

В ході повномасштабної агресії проти України рф масово застосовує ударні безпілотні літальні апарати (БЛА) різних типів (“Ланцет”, “Shahed-136”, “Mohajer-6” та ін).

Кількість існуючих сьогодні на озброєнні у Повітряних Силах ЗС України штатних засобів ППО (зенітні ракетні комплекси), які дозволяють ефективно протидіяти ним, на жаль, обмежена. При цьому вартість застосування кожного такого засобу зазвичай перевищує вартість ударних безпілотників збройних сил рф.

Також, для протидії БЛА застосовуються засоби радіоелектронної боротьби. При застосуванні цих засобів подавляються системи навігації безпілотників на кінцевій ділянці їх польоту. При цьому, ударні БЛА продовжують рух і можуть влучити в будь-яке місце біля об’єкту удару, завдавши шкоди цивільним об’єктам інфраструктури. Тому, для гарантованого недопущення шкоди об’єктам, що прикриваються з повітря та об’єктам, які знаходяться поряд з ними, необхідно фізичне знищення ударного БЛА на далеких підступах.

У доповіді запропоновано створення тактичного повітряного розвідувально-ударного комплексу на базі розвідувальних і ударних БЛА, подані пропозиції щодо створення тактичного повітряного розвідувально-ударного комплексу для боротьби з малорозмірними БЛА, а також розроблені основи тактики його бойового застосування з метою підвищення ефективності протидії БЛА агресора.



**CALCULATION OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS  
OF AN OBJECT IN SUPERSONIC PLANNING USING  
THE FINITE ELEMENT METHOD**

*V. Bindalov; Y. Agafonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The finite element method is widely used in the field of aerodynamics to determine the aerodynamic forces and moments acting on the object under study when it is flowing by a gas stream. The application of this method with the use of a computer allows to determine the aerodynamic characteristics of an object with great accuracy without the use of wind tunnel experiments.

Using this method, aerodynamic calculations were performed for an object moving at different altitudes at supersonic speeds. As a result, the shapes and areas of the aerodynamic surfaces required for controlled planning and maneuvering of the object were determined. The optimal shape and layout of the object was chosen in terms of improving aerodynamic quality.

The obtained results of the calculations show the possibility of controlling and maneuvering the object at supersonic speeds at altitudes below 30 km.

The aerodynamic forces and moments obtained from the calculations can be used in further calculations of the stability and controllability of the object under study.

**АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ДІЙ УДАРНИХ  
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*С.В. Орлов<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; С.М. Звиглянич<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.;  
С.М. Приходько<sup>1</sup>; І.І. Заєць<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Кількість використання ударних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) під час ведення бойових дій та зростання їх бойових можливостей вказує на збільшення БПЛА ролі у завданнях ураження противника. Виходячи з цього, визначення обґрунтованих методів використання ударних БПЛА стає актуальним завданням як з наукової, так і з практичної точки зору.

В доповіді зазначається, що за допомогою математичних методів стає можливим створення імітаційних моделей прийняття рішень щодо використання БПЛА з метою подальшої оцінки їх доцільності. Пропонується алгоритм для створення імітаційної моделі, яка математично відображає процес використання ударних БПЛА в бойових діях, що дозволяє провести оцінку математичного очікування числа розпізнаних та уражених цілей. Для досягнення заданої цілі моделюються два процеси – процес польоту БПЛА та процес виявлення об'єктів ураження противника.

Наведений алгоритм та імітаційна модель дозволяють проводити аналіз та оцінку різних сценаріїв використання ударних БПЛА, враховуючи різні параметри та умови їх застосування. Оцінка якості рішень щодо використання ударних БПЛА дозволяє покращити стратегічне та тактичне планування бойових дій завдяки забезпеченню більшої ефективності та точності їх використання.

## **METHOD OF PROVIDING SUSTAINABLE CONTROL OF DRONES**

*V. Zhuykov; V. Pomogaibo; V. Yelin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, with the help of small-sized multicopter drones with electric motors, various types of tasks are solved, both reconnaissance and damage to the enemy's manpower and equipment. As a rule, any application of drones implies that the information and control signals received with their help must be transmitted directly by drones in real time, which requires ensuring the transmission of a large amount of data at a given bandwidth and probability of bit error. To increase the throughput, it is necessary to use spectrally efficient modulation methods, which forces to ensure a higher signal-to-noise ratio (SNR) at the receiver input. Taking into account the losses in the feeder of the receiver and transmitter (about 3 dB), it becomes clear that the energy of the transmitted signal in real conditions should be increased by at least 21 dB. Such a task can be solved by using directional antennas. For its implementation, it is proposed to place six antennas of the "wave channel" type on board the drone. Taking into account weight and size restrictions, the design of one antenna will consist of only three elements. For the selected frequency range  $\lambda = 0.125$  m, therefore one antenna has dimensions of approximately 7x7 cm, the design of six antennas fits into a circle with a radius of approximately 9 cm, and its weight will be about 120 grams. The amplification factor of the three-element antenna is 5.5 dB. Thus, when using the proposed variant of building an antenna system for drones, the overall amplification of the receiving-transmitting path can reach 55 dB, which will provide 22 dB at the receiver input at a distance of 10 km NW. A high value of SS will also ensure stable control of drones, even under the influence of intentional interference by the enemy, when due to the use of simple modulation algorithms such as: BPSK, QPSK, a bandwidth sufficient for the transmission of control signals is provided.

## **MULTI-SPECTRAL METHOD OF RADIO-FREQUENCY PROBING OF THE SURFACE OF THE EARTH MOUNTED ON A DRONE**

*V. Zhuykov; V. Pomogaibo; V. Yelin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Taking into account the realities of full-scale armed aggression of the Russian Federation, Ukraine has become the most mined country in Europe, therefore, during the planning of conducting assault and counter-offensive actions, the problem of demining the territories that are on the contact line is currently very acute. An experiment was carried out that the combined sensor device, which is fixed on the UAV, has high sensitivity and selectivity when detecting in real conditions. We have developed a multispectral approach to detect explosive devices on the investigated surface of the earth using a device mounted on a UAV in the Raman spectrum. Successful detection is possible at a distance of 12 m and their display using color coding. The general concept of this method consists in the reconstruction of the IR range of the spectrum of a laser source with a narrow generation band when acting on the surface of the earth, where the VR is located. At the same time, the area of laser adjustment includes the absorption bands of the materials to be detected. The response of the target to the laser impact in the form of diffuse scattered radiation is registered with the help of an IR camera, the sensitive element of which is a multi-

element matrix. When varying the wavelength of laser radiation, the ratio between absorbed and scattered target energy changes. The fundamental basis of this direction is the unequivocal correspondence between the registration optical signal and the type of emitting surface. At the same time, the amount of optical information about the studied objects increases by orders of magnitude compared to the case when the object is observed in a wide spectral range, for example, using a conventional thermal imager.

### **ВАЖЛИВІСТЬ ВИБОРУ МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ ПУНКТІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ПІЛОТУВАННЯ**

*І.А. Пількевич, д.т.н., проф.; Р.І. Лобода; І.А. Солоній  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Загострення збройної агресії росії проти України після повномасштабного вторгнення російських окупаційних військ у 2022 році підкреслює важливість адаптації військових сил та засобів до нових методів проведення бойових операцій. Особливу увагу слід приділити значному зростанню масштабів застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Вони використовуються не лише для здійснення завдань аеророзвідки та коригування вогню, але й для прямого ураження ворожих цілей. Скидання боєприпасів, дистанційне мінування, безпосереднє ураження об'єктів противника – це наслідок прогресу у розвитку можливостей застосування ударних БпЛА на полі бою. Ударні БпЛА з системою FPV вже демонструють значну ефективність в бойовій роботі. Незважаючи на високоточні можливості ударних БпЛА з системою FPV, на їхню ефективність застосування впливає низка причин. Вагомою причиною є недостатній рівень чи навіть відсутність вмінь операторів ударних БпЛА для правильного вибору та організації на місцевості позицій розміщення пунктів дистанційного пілотування. Втрата зв'язку через ворожі засоби радіоелектронної боротьби, обмеження радіогоризонту, інтерференція дружніх сигналів, виявлення позицій засобами повітряної розвідки – це результат неправильного вибору місця розміщення пункту дистанційного пілотування. Крім того виникає високий ризик потрапляння операторів та інших членів зовнішнього екіпажу під вогонь ворожих мінометних та артилерійських систем. Правильний вибір місць та обладнання позицій для застосування ударних БпЛА з системою FPV може значно підвищити ефективність та живучість особового складу під час виконання поставлених завдань.

### **ЗАВЧАСНА ПІДГОТОВКА ДО ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ З СИСТЕМОЮ FPV**

*В.В. Стрінада, к.т.н., доц.; Ю.А. Солоній; В.С. Тучемський; І.В. Кухарчук  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Новою тенденцією на полі бою при відсічі збройної агресії російської федерації проти України стало масоване застосування ударних БпЛА (УБпЛА) з системою first person view (FPV). Регулярне застосування даного виду озброєння суттєво деморалізувало противника, порушувало логістику та управління військами. УБпЛА з системою FPV за результатами бойової роботи вже значно перевершили кількість уражень, що нанесені противнику артилерійськими системами.

Але не зважаючи на можливості УБПЛА з системою FPV ефективність їх застосування досить низька, що визначено рядом причин, як суто технічних, так і організаційного характеру. До останньої категорії можна віднести недостатній рівень підготовки та навченості командирів підрозділів УБПАК щодо їх завчасної підготовки до застосування.

У ході планування застосування під час завчасної підготовки вивчається як сама місцевість, радіоелектронна обстановка, шляхи переміщення техніки противника, логістичні дороги, наявність інфраструктури, забудови.

Поряд з тенденціями за якими здійснюється розвиток УБПЛА з системою FPV, що визначені останнім часом, а саме: використання покращених комплектуючих, виносних антен, підсилювачів сигналів управління та їх кодування тощо, існує інший напрямок – використання нестандартних способів дій.

У доповіді наведено рекомендації командирам підрозділів та екіпажів БПАК щодо завчасної підготовки до застосування УБПАК з системою FPV.

### **МОДЕРНІЗАЦІЇ SHAHED-136 ТА МОЖЛИВОСТІ ПРОТИДІЇ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ**

*А.А. Зуб*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

З вересня 2022 року і по теперішній час росія постійно використовує для ударів по території України дрони іранського виробництва Shahed-136 (Герань-2).

На сьогоднішні підтверджені модифікації Shahed-136 стосуються заміни двигуна, сервоприводу, способу виготовлення корпусу, типу його наповнювача та фарбування у темний колір, а також застосування бойової частини зі збільшеним шрапнельним, кумулятивно-термічним або термобаричним зарядом. Крім того, виявлено застосування блоків керування польотом В-101 та навігаційних модулів “Комета” у комплексі з блоком супутникової навігації “Б-105”, які є стандартною комплектацією для російських БПЛА “Орлан-10” та “Форпост-П”, що вказує на уніфікацію обладнання.

Цікавим є використання в Shahed-136 4G-модема з SIM-картою українського оператора мобільного зв'язку. З допомогою 4G-модема є можливим створення нових систем управління Shahed-136, які забезпечують можливість проведення ними дальніх розвідувальних місій з отриманням розвіданих в реальному часі, визначення небезпечних маршрутів до цілі та резервне позиціонування при придушенні сигналів GPS. Але застосування 4G-модема є демаскувальним засобом і дозволяє при встановленні певного програмного забезпечення на обладнанні операторів мобільного зв'язку виявляти такі БПЛА і передавати їх місце знаходження в центри управління ППО. При цьому, основним завданням буде формування критеріїв, за якими визначатимуться ворожі БПЛА. Наприклад, ІМЕІ, що протягом доби не був в мережі й з'явився в певній зоні та в певний час, швидкість переміщення тощо.

## **МЕТОДИКА РОЗПОДІЛУ СИЛ І ЗАСОБІВ ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Р.В. Храцевський, д.т.н., проф.; М.В. Науменко, д.т.н., с.н.с.; Д.В. Зройчиков  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Ведення бойових дій так чи інакше приводить до втрат наявного ресурсу, тому кожен процес повинен бути оптимізований по критерію ефективності-вартість. Безпілотні авіаційні комплекси довели свою ефективність на полі бою, але їх ресурс не безмежний. Ведення бойових дій – це комплекс взаємопов'язаних заходів різнорідних сил направлених на виконання бойового завдання. Безпілотні авіаційні комплекси, в даному контексті, передусім, виконують завдання в інтересах забезпечення дій військ (сил) наданням командирам ситуаційної обізнаності поля бою, розвідувальної інформації чи безпосередньо вогневого ураження тих чи інших об'єктів противника.

Реалізація оперативно-тактичних розрахунків в операції (бою) досягається за рахунок вирішення завдань вогневого ураження об'єктів противника обраним способом. Під способом застосування сил і засобів в ході вирішення завдання розглядається обраний варіант просторово-часової послідовності вогневого впливу на об'єкти противника інтересах досягнення мети завдання.

У доповіді представлено результати розробки методики розподілу сил і засобів вогневої підтримки для виконання оперативно-тактичного завдання завоювання і утримання переваги в повітрі в заданому районі (смузі) у встановлений період часу для забезпечення бойового застосування безпілотних авіаційних комплексів в ході ведення наступальної операції (бою). Прикладним результатом роботи є набір програм створених в середовищі Microsoft Visual Basic for Applications.

## **РОЛЬ І МІСЦЕ КОМПОНЕНТИ УПРАВЛІННЯ СУЧАСНИХ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*А.В. Балковий*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Сучасний розвідувально-ударний комплекс (РУК) для досягнення мети ефективного ураження противника передбачає поєднання у єдиний комплекс (систему) декількох компонент, а саме: компоненти розвідки та забезпечення (інформаційного, навігаційного РЕБ тощо); компоненти ураження; компоненти автоматизованого управління.

Компонента розвідки може бути реалізована застосуванням у складі РУК сучасних засобів повітряної розвідки та цілевказання. У якості зазначених засобів можуть застосовуватися БПЛА з різним радіусом дії.

Компонента ураження може бути реалізована застосуванням у складі РУК сучасних високоточних ракетних комплексів (РК) та РСЗВ великого (крупного) калібру, зокрема, наданих країнами-партнерами.

Компонента управління РУК є системоутворюючою та являє собою сукупність організаційно, функціонально та технічно пов'язаних засобів (комплексів) автоматизації управління та зв'язку пунктів управління,

підпорядкованих підрозділів, органів розвідки та засобів інших компонент РУК.

Збройні Сили України, на даний час, не забезпечені повною мірою жодною з необхідних складових сучасного РУК. Враховуючи допомогу країн-партнерів у оснащенні ракетних підрозділів засобами розвідки та ураження, найбільш нагальним та пріоритетним завданням вважається розроблення вітчизняної автоматизованої системи управління, без якої застосування РУК неможливе.

## **КОМПЛЕКСУВАННЯ ВОГНЕВИХ ПІДРОЗДІЛІВ АРТИЛЕРІЇ ТА БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ У СКЛАДІ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ**

*Ю.Л. Вода*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

З метою забезпечення надійного і своєчасного ураження об'єктів противника в найкоротші строки створюються розвідувально-вогневі комплекси (РВК). РВК організаційно, технічно та функціонально об'єднує засоби розвідки, управління, вогневого ураження.

Основними об'єктивними передумовами створення РВК є:

– збільшення обсягу вогневих завдань і недостатня для їх вирішення наявна кількість артилерії та боєприпасів;

– збільшення кількості високоманеврених об'єктів противника та, відповідно, необхідність зменшення часу між виявленням і ураженням таких об'єктів;

– вимушене зменшення часу знаходження підрозділів на вогневих позиціях.

РВК у всіх видах бою (дій) призначається для розвідки й ураження артилерійських (мінометних) батарей (взводів), підрозділів реактивних систем залпового вогню, пунктів управління військами та зброєю, засобів протиповітряної оборони, розвідки, радіоелектронної боротьби, колон противника.

До складу РВК включаються реактивні артилерійські та далекобійні самохідні артилерійські підрозділи, підрозділи (комплекси) артилерійської розвідки, як правило, радіолокаційні, безпілотні авіаційні комплекси. Необхідною умовою якісного функціонування РВК є наявність автоматизованої системи управління.

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ БОЙОВИХ КОМПЛЕКТІВ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ ТА РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ**

*А.М. Ліцман, к.т.н., доц.; В.А. Мовчан*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Аналіз досвіду застосування ракетних військ і артилерії (РВіА) Збройних Сил України під час відсічі збройної агресії російської федерації свідчить про значний обсяг вогневих завдань та дольової участі РВіА під час об'єднаної вогневої підтримки загальновійськових частин та підрозділів. В даний час здійснюється заміна застарілих вогневих засобів РВіА шляхом переозброєння військових частин та підрозділів системами та комплексами іноземного

виробництва. У перспективі очікується прийняття на озброєння нових (модернізованих) артилерійських систем та ракетних комплексів вітчизняного виробництва.

У доповіді представлено методику визначення складу бойових комплектів артилерійських систем та ракетних комплексів РВіА. Дана методика є комплексною та включає використання: теоретичної моделі застосування вогневих підрозділів РВіА, оснащених артилерійськими системами (ракетними комплексами) визначеного типу; методики визначення цільової обстановки; часткових методик оцінювання прогнозованої ефективності виконання вогневих завдань (ракетних ударів).

З використанням запропонованої методики вирішується актуальне завдання щодо обґрунтування складу бойових комплектів артилерійських систем та ракетних комплексів, що створює передумови для: забезпечення необхідних запасів боєприпасів (ракет); ефективного вогневого ураження противника; набуття визначених бойових спроможностей підрозділів РВіА.

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РОЗВІДУВАЛЬНОЇ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ ІЗ УРАХУВАННЯ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ**

*Ю.М. Майборода*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Як показує досвід ведення бойових дій у війні із російською федерацією, одним із основних шляхів вирішення проблеми надання повної, достовірної та своєчасної інформації про об'єкти (цілі), які можуть бути призначені для ураження, вважається оснащення воюючих сторін розвідувальними БПЛА, які б за своїми можливостями були спроможні вирішувати завдання повітряної розвідки в інтересах різних родів військ.

Проведений аналіз свідчить про те, що основними напрямками підвищення бойових якостей всіх без винятку розвідувальних БПЛА є:

- збільшення тривалості польоту;
- покращення заводо захищеності (захисту від засобів РЕБ);
- збільшення співвідношення маси цільового навантаження до злітної маси;
- розвиток нових способів розвідки за різними фізичними ознаками об'єктів (магнітометричними, акустичними і т.п.);
- створення і широке застосування БПЛА вертикального зльоту та посадки;
- забезпечення можливості встановлення широкого спектру розвідувальної та іншої апаратури в модульному конструктивному виконанні;
- оснащення захищеною цифровою системою дистанційного керування;
- автоматизація процесів виведення БПЛА в район розвідки та повернення на базу в разі втрати керування;
- значне зниження помітності в широкому діапазоні довжини електромагнітних хвиль.

## **РОЗВИТОК ВІТЧИЗНЯНИХ БОЙОВИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*О.Є. Костюк; О.О. Корольов*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Наразі в Україні продовжуються роботи щодо створення трьох типів крилатих ракет (КР): дозвукових, надзвукових та гіперзвукових. КР “Коршун” – дозвукова КР. За схемою побудови та бойовим застосуванням

подібна на американську КР “Томагавк”, російську КР “Калібр”. Дальність польоту КР “Коршун” може складати 1500-2000 км, що робить цю ракету зброєю стратегічного радіусу дії. Надзвукова КР відрізняється за конструкцією від дозвукової. Вона виконує політ не за рахунок турбореактивного двигуна, а за рахунок двох двигунів: розгінного – твердопаливного ракетного двигуна, який виводить ракету на задану траєкторію та прямогочного повітряно-реактивного двигуна, що є основним маршовим двигуном. Така конструкція дозволяє ракеті розвинути швидкість польоту, що перевищує швидкість звуку (2-3 М). Гіперзвукова зброя є перспективним напрямком розвитку ракетних озброєнь у світі. Перевагами гіперзвукових ракет (ГЗР) є їх надзвичайно велика швидкість, що робить ракети майже невразливими для ППО противника. На рівень дослідних зразків ГЗР вийшли: росія – ГЗР “Циркон”; США – ГЗР Х51А. ГЗР за конструкцією схожі на надзвукові. Орієнтовні ТТХ: дальність 300 км (і в рази більше); швидкість приблизно 5-6 М. Найбільших результатів досягнуто у створенні дозвукової КР з турбореактивним двигуном. Доведення цього типу КР до серійного зразка є найбільш реалістичним у короткостроковій перспективі. Створення двох інших типів КР надзвукової, та гіперзвукової – є більш наукоємним процесом і потребує більших фінансових та наукових ресурсів.

## **ПОКАЗНИКИ СТІЙКОСТІ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ СИСТЕМ**

*В.П. Іщенко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Високотехнологічні комплекси озброєння різних видів і родів військ утворюють бойові системи, один з різновидів таких систем є розвідувально-ударні системи (РУС), відмінні особливості яких є інтеграція в єдину систему інформаційно-управляючих підсистем, засобів технічного забезпечення і зброї.

У наслідок цього об'єднання РУС набувають якості та підвищують свої бойові можливості. Такими якостями є цілодобове застосування зброї, високий темп і точність стрільби (пусків, ударів), багатоканальність, маневреність.

Функціональна структура РУС включає в себе наступні функціональні підсистеми: інформаційну підсистему (розвідка і зв'язок тощо); підготовки і технічного забезпечення застосування зброї; управління зброєю; зброя та боекомплект засобів ураження (ударна підсистема). Кожна підсистема виконує свою функцію і передає інформацію і керуючі команди на інші підсистеми. Взаємозв'язок вказаних підсистем у РУС визначає робочий цикл бойового застосування системи.

Стійкість РУС характеризується наступними показниками: живучістю – здібністю системи виконувати завдання в умовах навмисної дії всіх засобів ураження противника; стабільністю – здібністю системи виконувати завдання в умовах надзвичайної ситуації; надійністю – здібністю системи виконувати завдання, підтримуючи працездатність і якість функціонування на протязі визначеного часу; безперервністю – здібністю системи управляти об'єктом багаторазово по циклам функціонування.

Для стійкої роботи розвідувально-ударних систем важливо постійно вдосконалювати (модернізувати) складові їх показників, що в свою чергу вплине на якість функціонування визначених систем.



## **ВИКОРИСТАННЯ СИЛОКСАНОВИХ МАТЕРІАЛІВ В ЯКОСТІ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ**

*Р.В. Мандзюк; М.С. Хорольський, к.т.н.; О.В. Бондаренко, к.т.н.  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара*

Силіконові (в Україні вони називаються силоксанові) еластомерні матеріали мають високу теплостійкість, морозостійкість та тривалий термін збереження технічних властивостей. Робоча температура сучасних силоксанових матеріалів складає 250°C, короткочасно – до 300°C і навіть вище. Це дозволяє використовувати їх в якості теплозахисних покриттів (ТЗП) для зарядів сумішевого ракетного палива (СРП) та термоелектричних батарей.

Особливістю силоксанових матеріалів є їх низька адгезія до металів, що вимагає їх використання у вигляді чохла. Технологічні процеси виготовлення виробів із силоксанових гум формовим способом широко розповсюджені у різних галузях промисловості України. А тому виготовлення зарядів із СРП разом з ТЗП може сприяти збільшенню обсягів випуску зарядів з покращеними енергетичними характеристиками за рахунок збільшення вмісту окиснювача в СРП.

Використання ТЗП на корпусах термоелектричних джерел струму дозволяє застосовувати для енергоживлення систем ракетного озброєння батареї з робочою температурою від 200°C до 250°C, що суттєво розширює доступну номенклатуру.

Таким чином, використання силіконових (силоксанових) матеріалів в якості ТЗП спирається на наявну сировинну базу, наявні технологічні процеси і обладнання, а також є ланкою у забезпеченні виготовлення у великій кількості і підвищенні тактико-технічних характеристик ракетного озброєння різного призначення.

## **ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ НА СУЧАСНИХ ЗРАЗКАХ РАКЕТНОЇ ЗБРОЇ З МЕТОЮ ПРОТИДІЇ ПРОТИПОВІТРЯНИМ ЗАСОБАМ ПРОТИВНИКА**

*Д.А. Новак  
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

З метою протидії засобам ППО противника на сучасних зразках ракетної зброї застосовуються різні технічні рішення:

- рух ракет важкопрогнозованими траєкторіями, у тому числі застосування на різних ділянках траєкторії їх польоту протиракетного маневрування;
- зменшення ефективної площі розсіювання ракет за рахунок відокремлення бойових частин ракет на кінцевій ділянці траєкторії (КДТ) їх польоту, виготовлення ракет з мінімальною кількістю поверхонь, що відбивають, а також шляхом покриття зовнішньої поверхні ракет різними типами радіопоглинаючих матеріалів;
- застосування радіо-відбиваючих та (або) радіо-шумових засобів (хибних цілей), які відокремлюються від ракет на КДТ.

На сучасних тактичних і оперативно-тактичних ракетах наведені технічні рішення щодо активної та пасивної протидії засобам ППО противника можуть застосовуватися як окремо, так і комплексно.

У доповіді наведено дані застосування зазначених технічних рішень на сучасних ракетах іноземного виробництва, у тому числі їх основні переваги та недоліки.

Ураховуючи прагнення України до розроблення власних зразків сучасної ракетної зброї, питання реалізації технічних рішень щодо ефективної протидії засобам ППО противника є вкрай важливим і актуальним завданням, а також відповідає сучасним напрямкам розвитку даного типу зброї.

## **СТВОРЕННЯ ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО- ВОГНЕВИХ (РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ) КОМПЛЕКСІВ З СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ**

*О.В. Майстренко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Досвід ведення бойових дій в ході повномасштабного вторгнення РФ показав, що артилерійські та ракетні підрозділи є одним з основних засобів вогневого стримування та ураження противника. Крім традиційного підходу до підрозділів РВіА як до засобів вогневої підтримки ці підрозділи використовуються для дистанційного мінування маршрутів висування противника (районів зосередження, перспективних для ведення наступальних дій ділянок місцевості тощо).

Для успішного і ефективного застосування підрозділів артилерії (ракетних підрозділів) необхідно звернути увагу на створення та розвиток розвідувально-вогневих (розвідувально-ударних) комплексів. Для цього насамперед необхідно вирішити ряд проблем, що були виявлені в ході ведення бойових дій, а саме: недостатньо розвинуті засоби розвідки і цілевказання; недостатнє оснащення їх автоматизованими системами оброблення інформації; недостатній рівень взаємодії між підрозділами РВіА та загальновійськовими підрозділами.

Ці проблеми слід вирішувати комплексно. До складу розвідувально-вогневих (розвідувально-ударних) комплексів повинні входити засоби розвідки, центр збору й оброблення інформації, центр прийняття рішення і формування команд на ураження і засоби ураження. Оснащення цих комплексів повинно забезпечувати безперебійний збір і передачу розвідувальної інформації до розрахунку гармати (екіпажу) з достатнім рівнем захищеності від несанкціонованого втручання з можливістю проведення контролю наведення, подання виконавчої команди та контролем ураження визначеної цілі.

## **КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕПЛОЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ОБ'ЄКТІВ**

*М.С. Хорольський, к.т.н.; О.В. Бондаренко, к.т.н.; Р.В. Мандзюк  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара*

Внутрішнє теплозахисне покриття (ВТЗП) ракетного двигуна на твердому паливі представляє собою захисний шар матеріалу відповідної товщини у об'єктах засобів ураження (ЗУ) і призначене для мінімізації впливу високої температури при горінні сумішевого твердого ракетного палива (СТРП) заряду на збереження технічних властивостей матеріалу силового корпусу ЗУ в

процесі виробництва, зберігання і експлуатації. ВТЗП, як правило, розміщується між силовим корпусом ЗУ і зарядом, виготовленим із СТРП. Тому ВТЗП з одного боку повинне бути з'єднаним з силовим корпусом ЗУ і захищати його від впливу високої температури та енергії потоку газів при горінні СТРП, а з іншого – знаходитися в контакті з СТРП протягом тривалого зберігання і експлуатації ЗУ.

Для вказаних цілей найкращим ВТЗП можуть бути гуми, зокрема, гума КТВ-1 на основі етиленпропіленового каучуку, яка має низький коефіцієнт теплопровідності, високі технічні властивості, найменшу густину з усіх відомих теплозахисних гум, тривалу хімічну стійкість до впливу компонентів заряду та збереження на високому рівні міцності адгезивного з'єднання з металевим або полімерним композиційним матеріалом силового корпусу, а також з тканинами за спеціальними технологіями. Гумова суміш КТВ-1 середньої твердості має гарні технологічні властивості, задовільно переробляється на вальцях і каландрі, при шприцюванні має рівні гладкі поверхні. Після вулканізації гумова суміш перетворюється у гуму середньої твердості з високими гістерезисними властивостями. Гума має мінімальний вплив на технічні властивості заряду в процесі зберігання та може використовуватися для серійного і масового виробництва.

## **ВИКОРИСТАННЯ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ НЕСТАЧІ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ**

*С.В. Сергієв*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Створення та бойове застосування розвідувально-ударних БПЛА в сучасних умовах стає ключовим елементом військової стратегії нашої країни. Ці системи поєднують у собі передові технології розвідки та удару, що дозволяє ефективно виконувати завдання в різних сценаріях бойових дій.

Процес створення розвідувально-ударних систем включає розробку передових технологій в галузях автоматизованої розвідки, засобів зв'язку, супутникового навігаційного обладнання та збройних платформ. Застосування штучного інтелекту в цих системах робить їх більш адаптивними та самостійними у виконанні завдань.

Використання ударних БПЛА має кілька вагомих переваг:

– ударні БПЛА виконують удари по ворожих цілях без прямого втручання людського персоналу, що значно зменшує ризик поранень або втрат серед військових;

– БПЛА можуть бути оснащені різноманітними типами зброї, включаючи контактні вибухові пристрої та бомби, що дозволяє ефективно уражати ворожі цілі, що компенсує брак артилерійських боеприпасів;

– БПЛА можуть бути оснащені передовими системами навігації та наведення, що дозволяє їм здійснювати удари з високою точністю;

– БПЛА можуть оперативно реагувати на зміни в бойовій обстановці та виконувати стратегічні завдання у максимально короткі терміни;

– порівняно з літаками та артилерією, експлуатація та утримання ударних БПЛА може бути менш витратною, що робить їх привабливим з економічної точки зору.

## **КОМПЛЕКС ЗАХОДІВ ІЗ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ**

*М.М. Кушнір<sup>1</sup>; А.П. Полещук<sup>2</sup>, к.т.н.; О.В. Бондаренко<sup>3</sup>, к.т.н.  
<sup>1</sup>Державне підприємство “Конструкторське бюро “Південне”  
ім. М.К. Янгеля”;*

*<sup>2</sup>Товариство з обмеженою відповідальністю “Фірма “Катана””;  
<sup>3</sup>Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара*

Наявність у світі кількох регіональних воєнних конфліктів високої інтенсивності створила серйозний дефіцит порохів, вибухових речовин (ВР) та компонентів сумішевих і балістичних ракетних палив (СРП і БРП). Дещо меншими є проблеми з доступом до конструкційних матеріалів, необхідних для виробництва ракетного озброєння та інших боєприпасів. Мова на даний момент іде не тільки і не стільки про зменшення собівартості, скільки про забезпечення фізичної можливості виготовлення необхідної кількості боєприпасів з прийнятними тактико-технічними характеристиками.

Через таку ситуацію доцільно вжити комплекс заходів, які б дали змогу виготовити необхідну кількість боєприпасів з використанням наявної (доступної) ресурсної бази:

- розширення застосування нетрадиційних компонентів і рецептур ВР, СРП, БРП, особливо таких, що виготовляються у великій кількості для інших потреб;
- використання конструкційних матеріалів, комплекс властивостей яких може бути забезпечений і в разі використання вторинної сировини;
- технічно обґрунтувати границі припустимого зменшення тактико-технічних характеристик боєприпасів;
- проектування малих виробництв та їх розміщення по різних регіонах України
- трансфер технологічних процесів військово-промислового комплексу в інші галузі господарювання.

## **ВИМОГИ ЩОДО МОБІЛЬНОСТІ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*В.О. Щигло*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Досвід відбиття широкомасштабної збройної агресії російської федерації свідчить, що одним із факторів, котрий відіграє головну роль, є час готовності до виконання завдань з вогневого ураження військових формувань.

Вищезазначені військові формування, як правило, оснащуються сучасними високоманевреними, високоточними засобами вогневого ураження, автоматизованими системами збору, оброблення, розподілу і передачі інформації, що значним чином впливає на показник їх мобільності.

Аналіз світових тенденцій вказує, що розвідувально-ударний комплекс ракетних військ і артилерії (РУК РВіА) є перспективним елементом угруповання РВіА, які можуть ефективно виконувати вогневі завдання за рахунок мобільності всіх компонентів та елементів.

Мобільність РУК РВіА ЗС України повинна забезпечувати:

– до початку бойових дій – готовність до виконання завдань з мінімальними витратами часу;

– з початком та в ході ведення бойових дій – постійне домінування над противником в комплексі заходів щодо циклу “розвідка-управління-ураження-забезпечення”.

Особливого значення набуває мобільність підрозділів РВіА у збройному протистоянні проти противника, який перевершує в чисельності та оснащенні. Розвідка, яка ведеться в реальному масштабі часу, система управління, яка функціонує на випередження противника, автономність у поєднанні з високоточним далекобійним вогневим ураженням та мобільністю підрозділів створює необхідні умови для найшвидшого знищення противника.

## **ГУМАНІТАРНЕ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ НВЧ РАДІОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ**

*В.М. Биков<sup>1</sup>, д.т.н., с.н.с.; С.О. Вініченко<sup>1</sup>; О.М. Грічанюк<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Під час розмінування до половини часу роботи саперів витрачається на виявлення мін і снарядів, що не розірвалися. Скоротити ці витрати дає змогу застосування радіометричних систем дистанційного зондування, що виявляють вибухонебезпечні предмети в автоматичному режимі. Для України, де, за даними ДСНС, небезпечними предметами забруднено до 30% території країни, це завдання є дуже актуальним.

За останні роки для виявлення прихованих об’єктів було сконструйовано кілька типів пристроїв – як активних (радіолокаторів), так і пасивних (радіометрів). У деяких випадках радіолокаційні та радіометричні системи використовуються спільно для покращення якості та обсягу реєстраційної інформації.

Ціллю даного дослідження є використання активно-пасивного радіометра для пошуку та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Активно-пасивний радіометр складається з двох частин: пасивної (самого радіометра) і активної (генератора шуму – “підсвічування”). Ідеальний шумовий генератор випромінює сигнал, діапазон якого поступово заповнює робочий спектр частот. В реальних умовах потік випромінювання, що приймається приймачем від досліджуваного тіла, крім власного випромінювання об’єкта, міститиме компоненту, пов’язану з перетворенням зовнішнього випромінювання.

## **МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ НАЦІОНАЛЬНИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ШЛЯХОМ ВРАХУВАННЯ СТАНДАРТІВ, ЩО ДІЮТЬ В КРАЇНАХ-ЧЛЕНАХ НАТО**

*С.В. Орлов, к.т.н., с.н.с.; О.В. Червотока; М.О. Геращенко; О.Л. Кіпріанов*  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Впровадження стратегічного курсу України на набуття повноправного членства в Європейському Союзі та Організації Північноатлантичного договору передбачає інтенсивну адаптацію її військових стандартів до

стандартів НАТО. Стандарти оцінювання та випробування озброєння входять до матеріальної сфери запроваджувальних документів НАТО, яка складає 110 стандартів НАТО. STANAG (Standardization Agreement) – документ стандартизації НАТО, який конкретизує згоду країн-членів НАТО на впровадження стандарту.

В доповіді пропонується аналіз методів лабораторних випробувань, наведених в стандартах STANAG 4370 та їх порівняння з українськими стандартами лабораторних випробувань, розглядається процес планування та організації випробувань, порівнюється класифікація зразків ОВТ, а також обладнання, що використовується під час проведення випробувань. На основі порівняльного аналізу наведені пропозиції щодо корегувань методів відповідних випробувань, що використовуються в випробувальних установах та підприємствах України.

### **ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БпАК ПІД ЧАС ВІДБИТТЯ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РФ ПРОТИ УКРАЇНИ. ПОДАЛЬШІ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

*В.М. Курпій<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; П.М. Стещенко<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Головне управління безпілотних систем ГШ ЗС України;*

*<sup>2</sup>Державний науково-дослідний інститут авіації*

Застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) силами оборони України в ході відбиття збройної агресії рф проти нашої країни має широкий спектр, в тому числі у напрямку виконання завдань з вогневого ураження. Використання БпЛА квадрокоптерного типу (Mavic, Autel та їх модифікацій) зі скидами боєприпасів типу Ф-1, ВОГ-17 та ін., набуло широкого розповсюдження та дало свій позитивний ефект при підтримці дій наших військ в якості ураження живої сили противника, зразків озброєння та військової техніки (ОВТ). Це дало підстави для створення штатних підрозділів, у відповідності до рішення Головнокомандувача ЗС України, а саме рот ударних безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) у частинах видів (родів) ЗС України на початку 2023 року.

Частина цих підрозділів укомплектована, як ударними БпАК з БпЛА мультикоптерного типу зі скидом I класу, рівень застосування міні (тактичні поля бою) з вагою корисного навантаження до 10 кг, застосовуються у темну пору доби, так і ударними БпАК з БпЛА мультикоптерного типу FPV-камікадзе I класу, рівень застосування міні (тактичні поля бою) з вагою корисного навантаження до 2 кг, застосовуються у світлу пору доби. Пріоритетні об'єкти ураження: рухомі ОВТ (на глибині до 15 км від лінії бойового зіткнення) та стаціонарні інженерно-фортифікаційні об'єкти (на глибині до 5 км від лінії бойового зіткнення).

Досвід їх застосування показав високу ефективність при помірній витраті боєприпасів. Аналіз статистичних даних дозволив сформулювати середні показники ураження – 3:1, а саме:

3 засоби ураження на один об'єкт противника, це відноситься як до FPV-камікадзе так і до боєприпасів, що застосовуються методом скиду з БпЛА.

Забезпечення штатних підрозділів FPV-камікадзе та мультикоптерами зі скидом дало можливість суттєво покращити ураження ОВТ противника у глибині до 10 – 15 км, що дозволило:

- суттєво зменшити потребу в артилерійських засобах ураження для виконання завдань з ураження ОБТ противника;
- зосередити зусилля артилерії на веденні контрбатареїної боротьби та ураженні резервів противника в глибині його бойових порядків;
- змусило противника відмовитись від масованого застосування ОБТ на передньому краї;
- миттєво реагувати на висування штурмових груп противника та відбиття їх атакуючих дій.

Разом з тим слід відмітити основні причини не влучання FPV-камікадзе у об'єкти противника, а саме відсутність радіогоризонту на певних ділянках місцевості, складні метеоумови, активне впровадження індивідуальних засобів РЕБ противника типу “Лесочек” та їх аналогів на ОБТ, що становить інтерес.

Подальший розвиток вбачається в інтеграції камер нічного бачення та систем захоплення цілей на основі нейромережі, що дасть можливість застосовувати FPV-камікадзе цілодобово та нівелює втрату каналу управління на останніх метрах при підльоті до об'єктів ураження. Зазначене збільшить собівартість зразка в декілька разів (на сьогоднішній день вартість FPV-камікадзе 500 – 700\$ з денними камерами), проте це не зменшить його затребуваності у зв'язку з тим, що типові артилерійські засоби ураження мають вартість більшу, а можливість щодо ураження рухомих зразків ОБТ меншу. Крім того, автоматизація наведення на ціль та її ураження спростить вимоги до навичок пілота та збільшить ефективність влучань як по статичним, так і по рухомих об'єктам противника.

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ПОВЕРНЕННЯ ТА ПОСАДКИ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ КЛАСУ 1 В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ**

*А.О. Ткач<sup>1</sup>; Н.А. Бедрій<sup>1</sup>; М.О. Гуменюк<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Н.В. Швидкий<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;*

*<sup>2</sup>Військова частина А4769*

Типовими представниками ударних безпілотних авіаційних комплексів (УБпАК) багаторазового використання класу 1 (так звані “бомбери”) є БпАК “Vampire” та “Кажан”. Однак, вказані БпЛА мають порівняно велику масу та габарити і створюють великий шум під час польоту, що є суттєвою демаскуючою ознакою. Тому ці УБпАК переважно застосовуються в темну пору доби. В умовах відсутності сигналів супутникової навігації це ускладнює повернення БпЛА після виконання завдання в точку посадки.

Одним із рішень даної проблеми є використання “теплового маркера”, в якості якого можна використати полотно характерної форми (хрест, коло, тощо) з підігрівом, яке живиться від автономного джерела (наприклад, павербанку) та буде слугувати візуальним орієнтиром для пілота БпЛА. Дане полотно можна розгортати та вмикати для підігріву за 2-3 хвилини до повернення БпЛА на місце посадки. Даного часу буде достатньо для того, щоб пілот зміг зорієнтуватись на місцевості. Водночас, збільшення часу роботи “теплового маркера” збільшить ймовірність виявлення місця посадки противником.

Знаючи заздалегідь місцеположення “теплового маркера”, використовуючи магнітний компас та тепловізійну камеру, пілот БпЛА матиме можливість

здійснити повернення та посадку в мінімально короткий термін. При цьому, використання освітлювальних засобів та бортових аеронавігаційних вогнів не потребується.

### **МОЖЛИВОСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БПАК І КЛАСУ**

*В.Я. Горбач, Ph.D.; М.О. Гуменюк, к.т.н., доц.;*

*К.М. Білоус; О.С. Лавриненко*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Робототехнічні комплекси (РК) і штучний інтелект (ШІ) вже стали ключовими компонентами сучасного бою та відіграють важливу роль у сучасній війні. Актуальність їх застосування визначається необхідністю створення тактичних переваг у військових операціях та отримання стратегічних переваг на полі бою. Використання РК та інтеграція ШІ в безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) І класу надають новий поштовх у підвищення ефективності застосування БпАК та зниження ризиків для операторів. Аналіз досвіду бойових дій на території України свідчить, що використання ШІ в БпАК надає такі переваги:

1. Зниження ризику для військовослужбовців, що полягає в автоматизації завдань, які раніше виконувались людиною.

2. Підвищення точності та швидкості реакції, так як ШІ може реагувати на загрози та ситуації набагато швидше і точніше, ніж людина.

3. ШІ допомагає оптимізувати використання ресурсів, таких як паливо, боеприпаси та час.

4. Зменшення кількості суб'єктивності та помилок у прийнятті будь яких рішень.

Наведені переваги використання ШІ в БпАК допоможуть у подальшому показати, як такі технології можуть підвищити ефективність та безпеку військових операцій. Поряд з цим слід усвідомити складність та важливість питань безпеки та етики, пов'язаних із застосуванням ШІ у військовій сфері. Етичні аспекти використання ШІ не врегульовані



## СЕКЦІЯ 13

### РОЗВИТОК ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ, СИЛ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Керівники секції: полковник Потягач Т.Г.;  
д.т.н. проф. пр. ЗС України Кобзев А.В.  
Секретар секції: к.т.н. с.н.с. підполковник Кужель І.Є.

#### REQUIREMENTS FOR MODERN ELECTRONIC SUPPORT MEANS

*T. Potiahach<sup>1</sup>; V. Hridin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Manoilo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

<sup>2</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The experience of Ukraine's armed struggle against the Russian Federation testifies to a gradually growing confrontation in the electromagnetic spectrum. One of the promising ways to increase the effectiveness of our troops in this confrontation is the construction and use of an echeloned system of radio-electronic warfare with a wide inclusion of electronic support complexes and means in its composition.

Electronic support means are the collection of radio intelligence (RI) stations, united in a system to solve a common task. Radio intelligence means obtain intelligence information, mainly from the radiation of radio communication and data transmission means. This information is subsequently used in the planning and conduct of military operations, the implementation of measures against the enemy's electromagnetic attacks. In addition to the main task of conducting RI, the electronic support tool can also perform the function of a radio monitoring station, namely, control of the rules for using the frequency resource by its radio technical means and detection of sources of unintentional interference.

The conducted analysis of the characteristics of tactical RI and ELINT, which are implemented in individual samples developed at the enterprises of SEC RTS AN preNTC radio systems AN Applied Electronics (Ukraine), Rohde&Schwarz (Germany), TCI International, Inc (CS) allows us to conclude the TCI 903S station is the best example in the class of RI and ELINT equipment in present time. The presence of such RI stations (or an analogue) in the Armed Forces of Ukraine can make a significant contribution to the successful conduct of hostilities while repelling aggression.

#### COMPARATIVE ANALYSIS OF TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL AND HYBRID METHODS OF COORDINATE MEASUREMENTS IN GROUND ELINT STATIONS

*A. Kobzev, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
M. Murzin, Candidate of Technical Sciences; I. Hridasov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Relatively recently, there has been renewed interest in the combined use of direction finding (DF) and time difference of arrival (TDOA) methods in radio-monitoring systems and ground-based ELINT stations. The combination of these

two different methods of determining coordinates in one passive observation station was called the hybrid method (HM). In view of this, the issue of comparative analysis of TDOA and HM by the value of the Root Mean Square Error (RMSE) of determining the plane coordinates and altitude of the radio emission sources is interesting. The report is devoted to consideration of this issue.

In the course of the study, the accuracy assessment was carried out in a well-known way, based on the accuracy assessment was carried out in a known way, based on the linearization of the functional dependence between the measured primary parameters (range differences, elevation angle) and spatial coordinates by expanding in a Taylor series with the deduction of the first two terms of the series. Calculations have shown that the presence of the third side station has very little effect on the accuracy of determining plane coordinates. Significant differences appear only in the results of estimating the RMSE of the RES altitude. For the purpose of comparing the methods, analytical relationships were obtained for estimating the RMSE of the altitude measurement. The condition is determined under which the accuracy of determining the altitude for the HM is not worse than for the TDOAM (the accuracy is the same). Starting from this value and further, when using the HM, the altitude is determined more accurately. The results of simulation modeling are given.

In the course of the research, a HM of high-precision determination of 3 coordinates in ELINT stations, based on measuring two distance differences and DF in the elevation plane, can, with a smaller number of side stations (two instead of three), provide accuracy no worse than the known TDOAM. However, this requires RMSE value for DF in elevation should be tenths of degrees.

#### **ANALYSIS OF THE ORGANIZATION'S IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE OF THE REINTEGRATION PROCESS FOR PERSONNEL WHO WERE IN ISOLATION OR CAPTIVITY**

*V. Petukhov<sup>1</sup>; Ye. Zhylin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
I. Hridasov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Military unit A4801;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Dynamic changes in the modern security environment is a determining factor in changes in the forms and methods of waging armed conflict. Constant improvement and adaptation to the conditions of the operational environment has become a characteristic feature of the modern Armed Forces of Ukraine. All aspects of conducting and supporting combat operations of the Armed Forces of Ukraine have undergone changes since the beginning of the armed aggression against Ukraine by the Russian Federation in 2014.

Starting from 2016, taking into account a number of objective factors, the Armed Forces of Ukraine, in accordance with the best international practices, introduced the process of reintegration of personnel who were in isolation and/or in captivity. The report is devoted to the analysis of the content and structure of the reintegration process into the Armed Forces of Ukraine as of the end of 2023.

The report considered:

- the operational environment against which the process of reintegration of personnel in the Armed Forces of Ukraine took place during 2023;
- structure and content of the reintegration process of personnel in the Armed Forces of Ukraine as of 31.12.2023;

–internal and external factors influencing the process of reintegration of personnel of the Armed Forces of Ukraine.;

Based on the results of the analysis, recommendations were made to improve the reintegration process in the Armed Forces of Ukraine and the training system for personnel in the SERE and CAC.

### **ANALYSIS OF THE SEARCHING METHODS FOR AN AIRCRAFT WHICH HAS ACCIDENTED A DISASTER IN A DEFINED AREA**

*I. Hridasov; Ye. Zhylin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the first days of the large-scale invasion of the Russian armed forces on the territory of Ukraine with the aim of preventing dominance in the airspace, the aviation of the Armed Forces of Ukraine has been actively used. As a result, this leads to significant losses of aircraft. This is due to the deployment of the enemy's air defense system along the line of combat and the use of fighter aircraft of the aerospace forces of the Russian armed forces.

In this context, the relevance of the searching process for an aircraft which has accidented. Executing personnel recovery operations requires coordinated and interconnected actions according to a single concept and plan.

Considering separately the search for a distressed aircraft, it becomes quite obvious that it is necessary to carry out a set of structured actions to determine the location of the search object, if its exact location is unknown. One of the main stages of planning a search is the choice of a search method, which depends on the conditions of the search operation.

The report examines a mathematical model of the search process, which reflects the objective patterns of the search and allows one to establish cause-and-effect relationships between the conditions of its execution and the result. A classification of methods for searching for an aircraft which has accidented, used in national and international practice, has been carried out. Quality criteria that can be applied to the search are presented.

Recommendations are given on the use of search methods depending on the conditions of the personnel recovery operation, and directions for further research are identified.

### **PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR CONDUCTING INFORMATIONAL (PSYCHOLOGICAL) OPERATIONS AND COUNTERNESS INFORMATIONAL (PSYCHOLOGICAL) INFLUENCES OF THE ENEMY**

*S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Bielimov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Zalkin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;  
K. Khudarkovskiy, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The brutal aggression of the Russian Federation against Ukraine revealed that the role of information (psychological) operations (IPSO) in military conflicts of the 21-st century is extremely important. IPSO can either be a preparation for combat

operations or be carried out in support of them. There are few practical recommendations for conducting IPSO and countering information (psychological) influence (IPI) and enemy operations:

- in order to increase efficiency, speed up the automation of the main stages of IPSO planning and organize counteraction to enemy IPI, it is necessary to fully develop a complex of features for automating IPSO planning processes;
- create a database for the purpose of conducting IPSO, including forms of potential target audiences, information infrastructure objects, etc.;
- to ensure the integration of forces and means of IPSO with means of EW, reconnaissance and fire damage during the implementation of combined IPI;
- to develop and ensure the use of unmanned aerial vehicles as repeaters of radio and television signals and means of delivery of printed products;
- to ensure the development and implementation of artificial intelligence technology in information and analytical systems capable of comprehensive analysis of documents, as well as generating information content of a certain orientation.

### **METHODS OF COMBATING NEGATIVE INFORMATION (PSYCHOLOGICAL) INFLUENCE THE OPPONENT BY METHODOLOGY DOTMLPFI**

*S. Sidchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Revin; S. Zalkin, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;  
K. Khudarkovskiy, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of repelling the armed aggression of the Russian Federation, it was found that the countermeasure against the enemy's negative informational (psychological) influence (IPI) on personnel and certain miscalculations in the system of protecting personnel against negative IPI was not always effective. Therefore, a method of countering the enemy's negative IPI on the personnel of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine was developed based on the determination and assessment of the capabilities of the relevant units to perform tasks of countering the enemy's IPI.

At the first stage of the methodology, an expert group is formed. At the second stage, the assessment of the informational, socio-political, and military situation in the area of the location of the military unit(s) of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, identification of signs and characteristics of negative IPI is carried out. The third stage of the methodology is the definition of goals and the formation of tasks for countering negative IPI. According to the results of the formation of goals and tasks for countering negative IPI, the structural divisions of the military unit are determined, which will implement the relevant measures and which will be assigned responsibility for the results of countering negative IPI. The determination of the unit(s) to counter the enemy's negative IPI based on an assessment of its (their) capabilities is carried out according to the DOTMLPFI methodology. At the fourth stage of the methodology, a decision is made regarding the results of the evaluation, namely, the potential effectiveness of IPI prevention work is determined and, if necessary, additional resources are allocated.

**FORMULATION OF THE PROBLEM OF OPTIMAL SPATIAL  
DISTRIBUTION OF THE DUTY AVIATION SEARCH AND RESCUE  
MEANS**

*R. Korol<sup>1</sup>; Y. Zhilin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*S. Logachev<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to the ICAO/IMO International Aviation and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) regulations, reducing the response time to an (aviation) incident is the most important task to improve the efficiency of the search and rescue (SAR) system.

One of the possible ways to minimize the response time of duty search and rescue units (SRUs) is to spatially optimize their locations within a defined geographic area of responsibility.

In practice, in most cases, the main criterion for determining the location of the duty search and rescue force (assets) is the availability of appropriate infrastructure. This approach is particularly relevant for search and rescue aircraft and the linking of their duty stations to the existing airfield network.

At the same time, the task of determining the optimal spatial structure of their deployment, according to the criterion of a given response time, is of reasonable interest. The practical significance of solving this problem lies in the possibility of assessing the degree of effectiveness of management decisions on the organization of search and rescue forces on duty.

The report is devoted to the formalization of the problem of determining the optimal spatial structure of search and rescue means within a certain area. Its topological and numerical characteristics, constraints and assumptions, indicators and optimality criteria are discussed.

**ANALYSIS OF THE EXPERIENCE IN THE ARMED FORCES  
OF UKRAINE OF THE REINTEGRATION PROCESS OF PERSONNEL  
WHO WERE IN ISOLATION AND/OR CAPTIVITY**

*V. Petukhov<sup>1</sup>; I. Kuzhel<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*I. Hridasov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Military unit A4801;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The dynamic nature of the modern security environment is a determining factor in changes in the forms and methods of armed struggle. Continuous improvement and adaptation to the conditions of the operational environment has become a characteristic feature of the modern Armed Forces (AF). All aspects of conducting and supporting combat operations of the Armed Forces of Ukraine have undergone changes since the outbreak of armed aggression against Ukraine by the Russian Federation in 2014.

Starting in 2017, due to a number of objective factors, the Armed Forces of Ukraine, in accordance with international best practices, introduced a process of reintegration of personnel who had been in captivity.

The report is devoted to the practical issues of forming a reintegration model in the Armed Forces of Ukraine. The data presented in the report are based on the results of the analysis of the experience gained.

The report reveals the purpose, content and structure of the process of reintegration of personnel who were in isolation and/or captivity. The peculiarities of its organization in the Armed Forces of Ukraine in 2022 and 2023 are discussed, considering the conditions of the operational environment. The qualitative and quantitative characteristics, results of the DOTMLPF analysis of the reintegration system and SWOT analysis of the factors of influence are presented.

Conclusions regarding the effectiveness of the reintegration process in the Armed Forces of Ukraine, existing limitations and ways to overcome them are given. Proposals for further development and improvement are made.

### **SOCIAL NETWORKS AS AN EFFECTIVE PUBLIC RELATIONS TOOL OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF REPELLING RUSSIAN ARMED AGGRESSION**

*G. Safarova<sup>1</sup>; V. Sarantsev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>National Defense University of Ukraine*

The rapid development of technology over the past decades has radically changed our lives. The Internet, mobile devices and computer technologies have become integral attributes of the modern world, and social networks play an increasingly significant role in the communication and information space, becoming a powerful tool for communication, self-expression and information exchange. They provide an opportunity to find like-minded people, share their thoughts and ideas, as well as keep abreast of the latest news and events.

While in the world social networks have already turned into a key channel of communication between public authorities and citizens, in Ukraine the use of social networks by state authorities and, in particular, the Armed Forces of Ukraine, is a relatively new phenomenon that is only gaining momentum.

This phenomenon has a number of features that make it relevant and require detailed study.

Analysis of recent research and publications has shown that, there is a relatively small amount of scientific research that would deeply study the impact of social networks on public relations.

Today, social networks are a convenient and effective means of communication. They provide enormous freedom of expression in an information space that is open and accessible to all. With their effective use, they become a powerful tool for raising the image and reputation of the Armed Forces of Ukraine, maintaining relations with the public, communicating and sharing experiences.

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF PERSONNEL RECOVERY CAPABILITIES IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE AND NATO**

*L. Pavliy*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main tasks of defense planning is to determine the list of required capabilities of the components of the defense forces that will meet the needs, considering the resource capabilities of the state.

In the Armed Forces of Ukraine, the regulatory document that defines the capability holders and requirements is the Unified List (Catalog) of Capabilities of

the Ministry of Defense of Ukraine, the Armed Forces of Ukraine and other components of the defense forces (the Catalog of Capabilities of the Armed Forces of Ukraine).

Currently, the task of constantly improving capabilities, considering the acquired experience of the Ukrainian Armed Forces and international military regulations, is relevant.

The report provides a comparative analysis of the group of capabilities in the area of Personnel Recovery, which are defined in the capabilities catalog of the Armed Forces of Ukraine and the capabilities catalog of NATO member states. The author suggests ways to bring the catalog of capabilities of the Armed Forces of Ukraine in line with international military regulations.

Conclusions were made on the directions of further development of the capabilities of the Ministry of Defense and the Armed Forces of Ukraine in the field of Personnel Recovery.

### **ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTATION NATO'S INTERNATIONAL MILITARY NORMATIVE DOCUMENT APRP-3.3.7.9 HORSE COLLAR/RESCUE STROP TYPE HELICOPTER HOISTING GEAR INTO THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*V. Aktianov; A. Zadorozhna*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Constant adaptation to the conditions of using aviation is one of the main functions of Personnel Recovery (PR), which ensures a flexible response to new threats without reducing the effectiveness of search and rescue activities. At the present time, the improvement of PR is closely related to the receipt of military aid from NATO and European Union.

In this paradigm, interoperability acts as a multiplier of efforts made by partner countries to develop the capabilities of the Armed Forces of Ukraine. Achieving interoperability allows not only to ensure effective interaction of the Armed Forces of Ukraine with the armed forces of NATO member countries, but also to receive international assistance in a wider range of nomenclature.

According to NATO's views, technical standards are one of the main profiles for achieving and assessing interoperability. Thus, the task of analyzing and developing proposals on the expediency of implementing the NATO international military normative document APRP-3.3.7.9 Horse Collar/Rescue Strop Type Helicopter Hoisting Gear, Ed. A, V.1 is relevant and timely.

The report provides the results of the analysis of APRP-3.3.7.9 in accordance with the requirements of the order of the Ministry Defense of Ukraine since 24.02.2020 №56 "Issues of military standardization".

Conclusions were made regarding the expediency and methods of its implementation in the Armed Forces of Ukraine.

### **АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ НАБЛИЖЕННЯ FPV-БПЛА**

*О.В. Бобровницький*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Своєчасне виявлення факту наближення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) типу FPV (First Person View), дозволяє вжити необхідних заходів захисту та протидії. Враховуючи обмежений час застосування цього

виду озброєння – декілька хвилин, реагування на таку загрозу має відбуватись у реальному часі.

В процесі застосування FPV-БпЛА здійснюється радіообмін між пультом управління оператора і БпЛА (передача даних телеметрії, команд управління, відео з бортової камери). Передача відеосигналу FPV-БпЛА відбувається на сталих несучих частотах. Оскільки політ такого типу БпЛА вимагає постійного керування оператором, то сигнали управління та відео передаються постійно. Однак сигнал управління зазвичай не реєструється засобами розвідки, так як пульт оператора знаходиться на значній відстані від них.

Оцінка абсолютного рівня потужності відеосигналу, що приймається, дозволяє визначити приблизну відстань до джерела радіовипромінювання. Такий спосіб визначення відстані до БпЛА вже використовується у деяких сучасних засобах виявлення. Достовірність його результатів залежить від характеристик передавальної системи джерела радіовипромінювання, які можуть бути невідомими.

Використання не абсолютних, а відносних рівнів потужності радіосигналу дозволяє позбавитись такої залежності.

Запропонований алгоритм виявлення наближення FPV-БпЛА ґрунтується на періодичному порівнянні фактичного значення відносного рівня потужності відеосигналу FPV-БпЛА і попередньо розрахованого значення відносного рівня потужності для критичної відстані. Рішення про наближення приймається у разі перевищення рівня останнього.

Алгоритм може бути реалізований на сучасній елементній базі.

## **ANALYSIS OF WAYS TO INTRODUCE SERE TRAINING IN HIGHER MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*O. Dziuba; N. Kolomiets*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to increase the effectiveness of search and rescue actions (operations), it is necessary to constantly adapt the system of training personnel in the field of personal recovery to modern requirements, according to the experience of the Armed Forces of Ukraine.

Training of personnel at risk of isolation and/or capture ensures that they acquire the necessary knowledge and skills that significantly increase the probability of their survival.

Currently, higher military educational institutions of the Armed Forces of Ukraine teach the course "Combat Survival System of a Soldier", its content does not meet the requirements of national and international NATO military regulations, best international practice and the current needs of the Armed Forces of Ukraine.

As an alternative, the SERE training system is proposed, that will ensure that personnel master the skills they will need from the moment they start isolation.

The report is based on the results of the analysis of regulatory documents: Doctrine of the Armed Forces of Ukraine "Search and Rescue", VST04.113.001, APRP-3.3.7.5, APRP-3.3.7.7. and studying the experience of the personnel of the Armed Forces of Ukraine in isolation and/or captivity, personal experience of passing SERE courses in the Armed Forces of NATO member states, conducting



SERE courses of levels B and C with the aviation personnel of the Armed Forces of Ukraine.

The report researches the methodological and practical issues of introducing SERE courses into the training program for cadets of higher military educational institutions of the Armed Forces of Ukraine.

### **PROTECTION OF UKRAINIAN CRITICAL NATIONAL INFRASTRUCTURE OBJECTS FROM ENEMY AIR ATTACKS ACCORDING TO THE "FORTRESS-COUNTRY" CONCEPT**

*A. Bilyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
D. Mykhailovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Bzot, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; P. Dyachuk  
Central Military Scientific Department of the General Staff  
of the Armed Forces of Ukraine*

In 2022-2023, the General Staff of the Armed Forces of Ukraine developed the "Fortress-Country" concept for the integral protection of Ukraine, including critical national infrastructure objects (CNIO) from enemy air attacks. A detailed description of the concept is provided in the monograph "Fundamentals of Engineering Protection of Critical Infrastructure Objects in the Energy Sector of Ukraine from Enemy Air Attacks" by authors: M.V. Koval, V.V. Koval, A.S. Bilyk, V.I. Kotsyuruba, O.M. Kubrakov; edited by A.S. Bilyk, GS AFU 2023. According to the concept, engineering protective structures (EPS) of CNIO is divided into three levels: 1) temporary EPS for partial protection of CNIO elements from single non-direct hits of the missile and enemy unmanned aerial vehicle (UAV); 2) EPS protecting CNIO from single direct UAV hit and from single non-direct hit of the missile; 3) underground EPS designed to protect CNIO against single direct missile hits. The principal structural solutions for EPS of 1 and 2 levels for different types of critical elements of CNIO were approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine on 29.08.2023 No. 929 (restricted) "Standard solutions for engineering protection of critical elements of critical infrastructure objects of Ukraine from enemy air attacks". As of the beginning of 2024, 90 CNIOs in 21 regions of Ukraine are already protected at level 1, construction of 63 EPS in 14 regions at level 2 is ongoing, and construction of level 3 EPS is underway for 22 CNIOs in 14 regions, many of them are already completed or close to completion.

### **ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ АНАЛІЗУ СТАНУ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ ПКС ЗС РФ**

*Н.О. Хімчик<sup>1</sup>; Т.О. Матвієнко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;*

*<sup>2</sup>Військова частина А2667*

Аналіз ведення бойових дій на території України свідчить що оперативно-тактична авіація рф ефективно продемонструвала себе під час бойових дій, як інструмент вогневої підтримки сухопутних військ.

В умовах ведення бойових дій рф на території України визначення готовності авіаційних з'єднань противника до виконання завдань за призначенням є одним із пріоритетних завдань, які враховуються при

підготовці власних Збройних Сил з метою забезпечення Національної безпеки України.

В роботі запропоновано методику визначення готовності авіаційних з'єднань противника до виконання завдань за призначенням, яка передбачає виконання наступних кроків:

1. Технічний аналіз: оцінка технічного стану літаків, бойової та навігаційної апаратури.

2. Бойовий аналіз: оцінка ефективності виконання бойових завдань, використання зброї та техніки, координація дій з іншими видами військ.

3. Персональний аналіз: оцінка кваліфікації та підготовки пілотів, технічного та обслуговуючого персоналу.

4. Аналіз інформаційної та розвідувальної діяльності.

Таким чином в роботі запропоновано методику, яка в подальшому дозволить автоматизувати процес обробки розвідувальних матеріалів, що викривають заходи бойової підготовки та застосування противником оперативно-тактичної авіації. Оперативність отримання зазначених даних підвищить повноту та якість розвідувальної інформації, яка добувається РЕР ЗС України.

## **УЗАГАЛЬНЕНИЙ АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ТРАЕКТОРІЙ РУХУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ОДНОПОЗИЦІЙНИХ ПАСИВНИХ РЛС**

*С.В. Петраш, к.т.н., доц.; О.О. Єрмоєнко*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Досвід бойових дій показав про застосування як комплексів, так і окремих сучасних радіотехнічних засобів (РТЗ) спостереження за літальними апаратами. Робота таких засобів у пасивному режимі володіє обмеженістю щодо побудови напрямку та параметрів траєкторії руху літальних апаратів.

Збільшення інформативності можливе за рахунок притягнення додаткових апіорних даних після розпізнавання.

Пропонується узагальнений алгоритм визначення параметрів руху літаків, що базується на двох наборах вхідних даних.

Перший набір вимагає використання даних про літальний апарат, що застосовує бортову РЛС бічного огляду. Використовуються дані про швидкість руху літального апарату, кут ведення розвідки бортовою РЛС. Використання такого набору апіорних даних та вимірів кутових координат дозволяє визначити напрямок руху літака.

Другий набір включає апіорні дані щодо місцезнаходження літака за межами зони видимості пасивної РЛС (за результатами роботи інших засобів спостереження, що об'єднані в комплекс). Також використовуються інформація про крейсерську швидкість літака. Під час руху літака пасивною РЛС здійснюється вимірювання кутових координат та селекція траєкторії руху.

Побудова траєкторій в поточному часі здійснюється рекурентним фільтром Поттера, який забезпечує обмеження величини помилок параметрів, що визначаються. За виходу літака із зони відповідальності літака пропонується утворення із застосуванням методу найменших квадратів.

Проведене моделювання такого алгоритму дозволило оптимізувати інтервали та час спостереження.

**МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ  
РАДІОСИГНАЛІВ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИХ  
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ FPV ТИПУ**

*О.А. Нагорнюк, к.т.н.*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Аналіз використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) збройними силами російської федерації показує, що найбільш розповсюдженим типом ударних БпЛА, які використовуються в тактичній ланці, є FPV-БпЛА. В каналах управління таких БпЛА переважно використовуються стандартні радіомодулі, що випромінюють радіосигнали сформовані за технологією LoRa (стандарти ExpressLRS, Crossfire, FrSky R9M). Визначення часових і частотних параметрів радіосигналів каналів управління FPV-БпЛА є важливим практичним завданням, вирішення якого дозволяє прийняти рішення щодо меж частотного діапазону постановки радіоперешкод та їх типу. Виконання вказаного завдання ускладнюється апріорною невизначеністю обумовленою широким діапазоном частот роботи радіоканалів (мікросхеми-трансивери, що використовуються в радіоканалах FPV-БпЛА, працюють в діапазоні 137–1020 МГц) та низькою енергетичною доступністю наземних елементів безпілотного авіаційного комплексу (пультів управління).

В доповіді наводяться результати аналізу частотно-часової структури радіосигналів каналів управління FPV-БпЛА. Показано, що модуляційні параметри радіосигналів сформованих за технологією LoRa є елементами множин сталих значень, що дозволяє використовувати їх як ознаки для виявлення та розпізнавання. Запропоновано методику виявлення радіосигналів LoRa в умовах низьких значень відношень сигнал/шум та сигнал/перешкода, а також визначення частотного діапазону роботи радіолінії, тривалості інформаційного символу та фактору розширення (бази) радіосигналу. Наводяться результати дослідження ефективності запропонованої методики, отримані в процесі комп'ютерного моделювання.

**СПОСОБИ ВЕДЕННЯ РОЗВІДКИ СИЛ СПЕЦІАЛЬНИХ  
ОПЕРАЦІЙ (ССО) ТА ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОГО  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ (ПРЗ) ЗА ДОСВІДОМ БОЙОВИХ ДІЙ**

*А.В. Кузьмичев; О.О. Корольов*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

За час війни, Сили оборони засвоїли новітні способи ведення бойових (спеціальних) дій та принципи управління військами (ПУВ). На зміну ПУВ, заснованим на централізації, все більша увага приділяється управлінню, коли в його основі є не тільки звичний об'єкт, але і ситуація, в якій здійснюється їх діяльність. Нові підходи в організації бойових (спеціальних) дій вимагають нових способів ведення розвідки. Перспективним напрямком оптимізації розвідки є впровадження нових способів ведення розвідки, заснованих на застосуванні сучасних засобів добування, обробки та оперативного доведення відомостей про стан місцевості в районі операції. До значного підвищення можливостей розвідувальних структур можна віднести використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Розрізняють некеровані, автоматичні і дистанційно пілотовані БПЛА, які поділяються за

взаємопов'язаним параметрами: маса, час, дальність і висота польоту; та на такі різновиди: клас “мікро” – масою до 10 кг, тривалістю польоту близько години на висоті до 1 км; клас “міні” – масою до 50 кг, тривалістю польоту в кілька годин на висоті до 3-5 км; середні (“міді”) – масою до 1000 кг, тривалістю польоту 10-12 годин на висоті до 9-10 км; – важкі – масою понад 1000 кг, з тривалістю польоту 24 години на висоті до 20 км. Для ведення розвідки (ССО) та (ПРЗ) найбільше підходять дистанційно пілотовані літальні апарати класу “міні”, оскільки маса і габаритні розміри таких апаратів дозволяють вдало їх транспортувати, а висота і тривалість польоту – застосовувати на досить великій дальності польоту (радіуси управління). З'являється можливість перейти від об'єктового до ефективнішого - зонального способу ведення розвідки.

## **ЗАХИСТ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ВІД ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*В.В. Богучарський, к.т.н., с.н.с.; П.М. Федоров, к.т.н., с.н.с.; Н.В. Гамалій  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

В останні роки з появою на озброєнні армій США, російської федерації, КНР та інших розвинутих країн лазерних засліплювачів проблема захисту очей особового складу від лазерного випромінювання набуває особливої гостроти. Протоколом IV до Женевської Конвенції ООН 1980 р. про заборону або обмеження використання конкретних видів звичайної зброї, які можуть вважатися такими, що завдають надмірних пошкоджень чи мають невибіркову дію, дозволено використання лише засліплювальної лазерної зброї невеликої потужності. Такі дозволені Конвенцією засліплювачі завдають лише тимчасових, оборотних ушкоджень органам зору і відносяться до так званої нелетальної зброї. Проте грань між оборотними і необоротними ушкодженнями дуже тонка: навіть формально не заборонені лазерні засліплювачі за певних умов використання можуть призводити до повної втрати зору. Одним із засобів захисту є відповідні фільтри.

Усвідомлюючи гостру потребу у вдосконаленому захисті від лазерних загроз, компанія С&Н Artemis розробила найсучасніше рішення, яке ставить на перше місце безпеку оператора без шкоди для операційної ефективності.

Інститутом фізики Національної академії наук України у відділі лазерної спектроскопії розроблено зразки фільтрів, які не пропускають випромінювання в діапазоні 0,7–1,1 мкм.

## **ФІЛЬТРИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*В.В. Богучарський, к.т.н., с.н.с.; П.М. Федоров, к.т.н., с.н.с.; Н.В. Гамалій  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Особливості фільтрів для захисту від лазерного випромінювання:

– комплексний захист: захисні фільтри забезпечують комплексний захист від різноманітних бойових лазерів;

– збереження технологічної переваги: при інтеграції цих фільтрів в оптичні приціли, оператори та солдати можуть ефективно працювати в умовах

інтенсивного лазерного випромінювання, захищаючись від “засліплення” лазерами та забезпечуючи оптимальну роботу в критичних ситуаціях;

– універсальність та сумісність: фільтри сумісні з широким спектром оптичних прицілів;

– довговічність та ефективність: виготовлені з матеріалів найвищої якості.

Питання захисту особового складу потребує вирішення таких питань:

– визначення діапазонів хвиль, в яких діють засліплювачі потенційного противника;

– організація оперативної розвідки факту застосування противником лазерних засліплювачів, визначення параметрів їх випромінювання (частоти та ін.) та оповіщення свого особового складу;

– внесення в ТТЗ на ДКР з розробки нових оптичних приладів вимоги обов’язково передбачати наявність спеціальних захисних фільтрів від лазерного випромінювання.

## **РОЗВІДУВАЛЬНІ СЛУЖБИ В ГЕОСТРАТЕГІЇ КНР НА ПОСТРАДЯНСЬКОМУ ПРОСТОРИ: ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ УКРАЇНИ**

*Б.В. Голянич, к.політ.н.*

*Воєнна академія ім. Євгенія Березняка*

Кожна держава не може повноцінно функціонувати без спеціальних служб. Розвідувальні служби є однією з найважливіших та необхідних складових державного механізму, оскільки вони призначені для здійснення спеціальних операцій в інтересах держави.

Не винятком став і Китай, який для практичної реалізації сучасних стратегічних завдань у сфері безпеки країни відпрацював ефективно діючий механізм управління та реалізації як публічних, політико-дипломатичних, так і таємних заходів.

Загалом, розвідувальні служби КНР можна класифікувати на три основні частини: партійні, урядові та військові. Розвідувальні органи, що діють в рамках партійної системи, переважно включають в себе відділ міжнародних зв’язків Центрального Комітету Комуністичної Партії Китаю (ЦК КПК) та відділ роботи єдиного фронту ЦК КПК, які зосереджені на зовнішній діяльності партії. Крім цього, урядові та військові структури також залучені до проведення розвідувальних операцій в межах своєї компетенції.

На розвідувальні служби покладаються такі спеціальні завдання: захист державного ладу та ведення зовнішньої розвідки, протидія діяльності іноземних розвідок, охорона державного кордону та боротьба з контрабандою і незаконною торгівлею, охорона державної таємниці, контроль за в’їздом до країни іноземців і виїздом громадян КНР за кордон, охорона та забезпечення власної безпеки представників правлячих кіл країни, контррозвідувальне забезпечення урядових закладів, важливих промислових і військових об’єктів, підтримання в країні громадського порядку та боротьба проти організованої злочинності, контроль за надходженням валюти і податковий контроль за приватними підприємствами.

Сі Цзіньпін, керуючи Центральною військовою комісією та Радою державної безпеки КПК, об’єднавши функції розвідувальних служб національної безпеки, може більш ефективно контролювати органи державної влади в Китаї та за кордоном. Він активно підтримує розвідувальні служби,

ухвалюючи нормативні акти, що регулюють їх функціонування, завдання та захист.

Китайські розвідувальні служби на пострадянському просторі залучають осіб з аналітичних центрів, університетів або компаній, що мають тісні зв'язки з урядом, для співпраці як спостерігачів. Вони також використовують сайти професійних соціальних мереж, такі як LinkedIn і Viadeo. За допомогою запрошень, промов або під приводом працевлаштування, розвідувальні служби здійснюють пошук потенційних об'єктів для подальших цілей. Під час взаємодії співробітники розвідувальних служб використовують різні методи, включаючи фінансовий тиск, погрози, ідеологічні впливи та надання допомоги у працевлаштуванні на високопосадові посади в державних органах влади.

Також китайські спецслужби активно залучають іноземних студентів через організації, такі як Асоціація китайських студентів і науковців, Шанхайська академія соціальних наук, Китайський інститут міжнародних відносин, Китайський інститут міжнародних стратегічних досліджень, Центр Китаю та глобалізації, Харбінський технологічний інститут, Пекінський університет аеронавтики та астронавтики. Ці організації мають тісний зв'язок з розвідувальними службами. Китай все частіше використовує китайських науковців та іноземних студентів для збирання необхідної інформації для Пекіна.

В інтересах забезпечення національної безпеки і оборони розвідувальні органи України мають брати до уваги ступінь впливу КНР на пострадянському просторі та активніше співпрацювати з розвідувальними службами провідних країн світу щодо китайської зовнішньої політики по відношенню до України.

## **ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ КРАЇН-ЧЛЕНІВ НАТО**

*В.В. Варава*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Одним із основних способів ведення артилерійської розвідки у збройних силах країн-членів НАТО є спостереження та засічка об'єктів (цілей) за допомогою оптичних та оптико-електронних приладів.

Спостереження за противником на полі бою за допомогою оптичних та оптико-електронних приладів забезпечує отримання найбільш достовірної інформації про цілі в реальному масштабі часу з високим ступенем її деталізації.

Необхідною умовою залишення даного виду розвідки одним з основних джерел отримання точної інформації про цілі є безупинний розвиток та удосконалення тактико-технічних характеристик оптичних та оптико-електронних приладів.

Проведений аналіз тактико-технічних характеристик оптичних та оптико-електронних приладів розвідки, які знаходяться на озброєнні в артилерійських підрозділах (у тому числі і в групах вогневої підтримки, до складу яких входять передові спостерігачі) збройних сил країн-членів НАТО, дає можливість зробити висновок, що зазначені підрозділи озброєні сучасними приладами (системами) розвідки та цілевказання, які забезпечують ведення оптичної та оптико-електронної розвідки, передачу інформації про цілі в реальному масштабі часу, здійснення корегування артилерійського вогню та ударів авіації, управління високоточними боєприпасами.

Подальші наукові дослідження направлені на розширення функціональних можливостей даних приладів, вдосконалення каналів обміну даними, які отримуються в результаті спостережень у різних умовах обстановки.

## **МАЙБУТНЄ ВІЙСЬКОВОЇ РОЗВІДКИ В ЕПОХУ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВІЙН**

*О.М. Гресь*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

В сучасних умовах, коли військові конфлікти відбуваються за допомогою широкого використання цифрових технологій, традиційна військова стратегія втрачає свою ефективність. Загалом, для успішного подолання противника на полі бою необхідно забезпечити контроль над його електротехнікою та засобами зв'язку.

Розвиток РЕБ (радіоелектронна боротьба) та РЕР (радіоелектронна розвідка) стають ключовими завданнями для будь-якої сучасної армії. Спроможність швидко та якісно адаптувати доктрину, структуру та методи підготовки особового складу стає критично важливою.

Роль візуальної розвідки (IMINT) поступово зменшується. Водночас зростає значення перехоплення та розпізнавання сигналів. Радіорозвідка (COMINT) та радіотехнічна розвідка (ELINT) стають важливими складовими військової розвідки. Проаналізувавши сигнали, перехоплені технічними засобами розвідки, є можливість отримувати важливу інформацію щодо противника, а в деяких випадках – навіть визначити його наміри.

У майбутньому, системи детальної розвідки, такі як MASINT, будуть здатні збирати широкий спектр інформації щодо діяльності противника.

Швидкий розвиток елементної бази сприятиме збільшенню ефективності виявлення загроз та реагування на них. У цьому випадку штучний інтелект стане цінним інструментом для аналізу великих обсягів даних та виявлення кібератак.

Майбутнє військової розвідки полягає у поєднанні високотехнологічних рішень, гнучкої стратегії та постійного вдосконалення, щоб забезпечити успішну діяльність на полі бою.

## **ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*С.В. Логвіненко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Аналіз досвіду ведення бойових дій Силами оборони України у війні з російською федерацією свідчить про те, що основним органом розвідки стали спостережні пункти з безпілотними літальними апаратами. Вони працюють не тільки на пункти управління артилерійської розвідки, а й на загально-військовій підрозділі.

Найчастіше застосовуються цивільні дрони, а саме це DJI Mavic 3, DJI Matrice 30T, DJI MATRICE 300 RTK. Їх перевагами є:

– зменшення кількості особового складу розрахунку безпілотного авіаційного комплексу;

– скорочення часу запуску борта;  
– можливість ведення розвідки, обслуговування стрільби та застосовувати їх як бойових дронів, які мають змогу нести на собі саморобні боеприпаси типу “ВОГ-25” та наносити ураження по скупченню особового складу та техніці противника.

Отже, використання безпілотних літальних апаратів даного типу є досить ефективним в умовах сьогодення не тільки для ведення розвідки, а ще й для інших спеціальних завдань.

### **ВРАХУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПРОЛЬОТИ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ПРОТИВНИКА ПРИ ПЛАНУВАННІ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ОБ’ЄКТІВ**

*О.О. Білобородов, д.т.н., ст.д.; Р.М. Животовський, к.т.н., ст.д.  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Досвід повітряних ударів противника по об’єктах критичної інфраструктури і промислових об’єктах показав важливу роль у забезпеченні критичності заходів концентрації озброєння та військової техніки (ОВТ) на логістичних вузлах, місць виробництва та відновлення ОВТ на промислових об’єктах, інших критичних ланцюгів постачання або виробництва ОВТ.

Протидія технічним розвідкам противника повинна враховувати можливості його космічних засобів з ведення розвідки, у першу чергу – видової розвідки. Орбітальне угруповання оптико-електронної розвідки противника складається з 2 космічних апаратів (КА) типу “Персона” та 4 КА типу “Барс-М” (2 пуски після вторгнення). Орбітальне угруповання дистанційного зондування Землі противника в оптичному діапазоні складається з 3 КА високої просторової розрізненості типу “Ресурс-П”, 6 КА типу “Канопус-В” та 1 білоруського КА типу “БКА 2”. Апаратура радіолокаційної розвідки встановлене на 2 КА (типу “Кондор” та “Пион-НКС”).

У доповіді представлені результати аналізу інтенсивності прольотів розвідувальних КА противника. Проведено імітаційне моделювання можливостей противника з виявлення ОВТ на транспортних вузлах, логістичних базах.

На основі існуючих часових та інформаційних можливостей противника з ведення космічної розвідки запропонована методика обґрунтування змісту та періодичності типових заходів введення противника в оману, що оптимізуються за критерієм максимізації часу викриття фактичного стану об’єкта розвідки.

### **ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ТА СИЛ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ**

*Д.О. Сушинський  
Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Як показує досвід російсько-української війни, сучасний загальновійськовий бій неможливо уявити без широкого застосування сил та засобів розвідки та сил спеціальних операцій, ефективність застосування яких у свою чергу залежить від якості їх підготовки та оснащення.



Варто нагадати, що з досвіду ведення бойових дій військовослужбовець з власною вагою 70-80 кг у змозі взяти вантаж вагою 30-35 кг і може функціонувати на полі бою. Власна екіпіровка військовослужбовця (шолом, бронезилет, зброя, боеприпаси, сухий пайок, вода, засоби зв'язку, засоби захисту, маскування, відпочинку) важать 20-25кг. Отже на засоби розвідки залишається 5-10 кг.

Найбільш сучасними приладами розвідки наразі є: Jim UC і Jim LR французької компанії Sagem; B2 Recon B9-FO американської компанії Flir; UB X-LRF, Trigr фірми BAE Systems; Vektor-4 виробництва Швеції; TLS-40 виробництва Німеччини. На відміну від існуючих на озброєнні моделей ці далекоміри дають можливість спостерігати через два окуляри, визначати координати свого місцезнаходження і координати цілей за допомогою вбудованого GPS, напрямком на об'єкти за допомогою цифрового компаса, передавати відео (фото) і звукову інформацію в цифровому форматі у режимі реального часу, здійснювати підсвічування цілей лазерним променем.

Як висновок, можна сказати, що за неможливості використовувати БпЛА та засоби розвідки, розташовані на механічних засобах, командири підрозділів повинні мати можливість організувати та вести розвідку з наземних пунктів спостереження із використанням зазначених приладів.

## **РОЗВИТОК РОЗВІДУВАЛЬНОЇ АВІАЦІЇ АРМІЇ США**

*О.В. Ковбасюк<sup>1</sup>, к.т.н.; В.А. Григоренко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Міністерство оборони США модернізує свої арсенали повітряної розвідки та радіоелектронної боротьби, відмовляючись від застарілих турбогвинтових літаків Guardrail, щоб краще підготуватися до потенційного широкомасштабного конфлікту з Росією та Китаєм. Повітряним силам потрібен літак із більшою тривалістю польоту, швидкістю та вантажопідйомністю, який зможе бачити, виявляти цілі та здійснювати цілевказування на великих відстанях. Глибоке зондування є головним оперативним імперативом для армії 2030 року, тому міністерство оборони США уклала контракт з компанією Bombardier Defense на придбання літака Global 6500, який буде служити прототипом планера для нової програми розвідувальних літаків. Перший такий літак планується поставити Повітряним силам США вже 1 жовтня 2024 року.

Високоточна система виявлення та експлуатації (High Accuracy Detection and Exploitation System, HADES) стане першим літаком спостереження та розвідки в армії США, який використовує реактивний літак бізнес-класу з великим салоном і розширеними можливостями глибокого зондування території. HADES працюватиме на більших висотах, ніж застарілі турбогвинтові платформи. Велика висота прирівнюється до здатності виявляти цілі на більших відстанях. В умовах відсічі збройної агресії рф розвиток розвідувальних літаків є важливим для України.

У вересні 2022 року МО США уклала контракти з компаніями L3Harris і Raytheon, Applied Signal Technology на розробку датчиків для HADES. Принаймні одна команда вже сформувалася напередодні конкурсу програми HADES: L3Harris, Leidos і MAG Aerospace оголосили в жовтні, що об'єднуються для цього.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ВЕДЕННЯ РОЗВІДКИ АРТИЛЕРІЇ ПРОТИВНИКА ВНОЧІ**

*В.В. Яровенко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Оптична розвідка з початку ведення бойових дій значно розширила свої можливості завдяки застосуванню потужніших та модернізованих систем відеоспостереження та програмного забезпечення для цих систем.

Використання камер відеоспостереження набуло свого розповсюдження ще з часів проведення антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил. На даний час з'являються більш адаптовані для застосування у військових цілях комплекси відеоспостереження. До прикладу одним з таких комплексів є мобільний оптико-електронний комплекс контрбатареїної боротьби «Сова», який призначений для визначення місця розташування ворожих вогневих позицій за спалахами від пострілу у темний час доби, використовуючи спряжене спостереження.

Цей комплекс дозволяє здійснювати засічки артилерії на відстані до 40 км, РСЗВ до 60 км, ОТРК до 110 км. Доведено, що визначені координати відрізняються від реальних не більше ніж на 100-150 м, інколи ця похибка може бути до 100 м.

Спеціальне програмне забезпечення допомагає зберігати фото та відео інформацію, яку фіксує оператор комплексу «Сова», що дає змогу здійснювати обробку, аналіз і переглядати отримані оптичні дані після здійснення засічки.

Отже, комплекси відеоспостереження подібного типу є досить ефективними в умовах сьогодення та можуть забезпечити ведення розвідки стріляючої артилерії противника без будь-якого випромінювання та демаскування своєї позиції в той час, коли інші системи не працюють.

## СЕКЦІЯ 14

### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИЛ ПІДТРИМКИ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ТА НОВИХ ВИДІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ЗБРОЇ

Керівники секції: полковник Марков О.С.;  
д.т.н. проф. гр. ЗС України Сотніков О.М.  
Секретар секції: підполковник Порохончук О.М.

#### WAYS OF RADIO ELECTRONIC COUNTERMEASURES AGAINST GUIDED AVIATION MISSILES AND ADJUSTABLE AVIATION BOMBS

*O. Markov<sup>1</sup>; R. Sydorenko<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Lupandin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the experience of the Russian-Ukrainian war shows that the intensive use of tactical aviation, including the use of guided air missiles and guided air bombs, can significantly affect the course of hostilities.

An analysis of the use of guided air missiles and guided air bombs by the enemy during the repulse of the large-scale armed aggression of the Russian Federation was carried out. The principles of the construction of the radio-electronic means of the specified weapon and the frequency ranges for its control and guidance have been identified and systematized. The main organizational and technical measures of radio-electronic countermeasures to the enemy's guided air missile guidance systems are taken into account, and their advantages and disadvantages are given. Based on the analysis of the tactical and technical characteristics of guided air missiles and the peculiarities of their application, recommendations are proposed regarding the ways of radio-electronic countermeasures. The internal structure and principles of operation of signal receivers of satellite radio navigation systems of the enemy's aviation weapons, equipped with means of protection against radio electronic suppression, are determined and, on this basis, methods of their effective radio electronic suppression are proposed.

A method of radio-electronic countermeasures to the receivers of the enemy's aircraft navigation complex and directly corrected air bombs with a unified planning and correction module is proposed.

#### JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR DETECTION AND INFORMATION PROCESSING SYSTEMS OF COMBINED NAVIGATION SYSTEMS OF UAVS WHICH ENSURE THE FORMATION OF CONTROL SIGNALS IN COMPLEX OBSTACLE ENVIRONMENTS

*O. Sotnikov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
R. Sydorenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
R. Bieliakov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military Institute of Telecommunications and Informatization*

Analysis of the experience of the Russian-Ukrainian war shows that modern navigation systems, which are built on the basis of established approaches (inertial system plus correction), will constantly be under the influence of obstacles in order to make it difficult to determine the spatial position of UAV.

An analysis of the principles of construction, features of operation, characteristics of modern UAV was carried out. Trends in the development of modern UAV are shown, taking into account the experience of their use during the repulsion of large-scale aggression of the Russian Federation. An analysis of modern methods of information processing and generation of control signals for UAV navigation in complex interference conditions was carried out. The basic requirements and ways of ensuring the formation of control signals in complex conditions of interference conditions and directions for the construction of combined navigation systems of autonomous UAV in conditions of a priori uncertainty regarding the nature of the interference and background-target conditions are substantiated. The characteristics of the main tasks and possible directions for the development of methods for detecting and processing information in UAV navigation systems under the influence of powerful electromagnetic and algorithmic interference are determined.

### **MODELING OF THE METHOD OF FORMING ACTIVE IMITATION OBSTACLES FOR THE RANGE TRACKING CHANNEL**

*K. Vasiuta, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
U. Zbezhkivska, Ph.D.; R. Kachaylo  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the ways to disrupt the operation of radar stations is to use electronic warfare means to disrupt the tracking of air targets over the range channel. The main and fundamental difference of the method considered in the report is the preliminary processing of the received signal from the radar stations using the surrogate data technology, namely the AATFT (amplitude adjusted truncated Fourier transform surrogates) method. The use of the AATFT method is driven by the need to address the problem of lack of measurement information when observation registration is impossible. By intensively using computational resources, it allows forming a pseudo-ensemble of realizations from one set of observations and then averaging them, significantly reducing the noise level in the observation with subsequent introduction of false delay, amplification, and emission in response to the radar stations.

Numerical simulation of the discussed method of forming active imitation obstacles for the range tracking channel demonstrated the effectiveness of the proposed approach in addressing the range tracking disruption task in the case of additive Gaussian noise and noise with uniform distribution in the observed signal.

### **ORGANIZATION OF RADIO ELECTRONIC COUNTERMEASURES FOR COMBINED NAVIGATION SYSTEMS OF AUTONOMOUS UAVS**

*O. Tantsiura<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; R. Naduwanyj<sup>2</sup>;  
R. Sydorenko<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
<sup>1</sup>General Staff of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>3</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

An analysis of the use by the enemy during the repulse of the large-scale armed aggression of the Russian Federation of autonomous attack unmanned aerial vehicles of the "Shahed-136" type with a combined navigation system was carried out. The

principles of building radio-electronic means of the specified unmanned aerial vehicles have been identified and systematized. The main organizational and technical measures of radio-electronic countermeasures to the navigation systems of enemy unmanned aerial vehicles are taken into account, and their advantages and disadvantages are given. It is proposed to organize a complex system of combating their radio-electronic means in order to more effectively counteract the combined navigation systems of autonomous unmanned aerial vehicles. Further steps for the development of a complex system for countering autonomous unmanned aerial vehicles with a combined navigation system are given. Proposed proposals for the creation of a complex system of radio-electronic countermeasures with combined means of navigation of unmanned aerial vehicles.

The obtained results can be useful for the radio-electronic countermeasures of autonomous attack UAV of the “Shahed-136” type, which are used by the Russian Federation. They can also be used in the development of new forms and methods of using the forces and means of electronic warfare of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

### **ASSESSING THE INFLUENCE OF POWERFUL ELECTROMAGNETIC RADIATION ON MODIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE AIR ENVIRONMENT**

*O. Somikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor;  
H. Mehelbei, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Lupandin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the possible ways of counteracting aerial means of detection is the modification of the parameters of the signal propagation environment by the influence of powerful pulsed electromagnetic radiation. The implementation of such an approach will lead to nonlinear distortion of signals of detection systems in a wide frequency range due to changes in the electrophysical characteristics of the propagation medium. In the absence of external electromagnetic radiation in the air environment, a quasi-stationary equilibrium state of the electronic subsystem is established.

A generalized method of assessing the influence of powerful electromagnetic radiation on the modification of the parameters of the air environment is proposed. As a model for describing the state of the air environment, the kinetic equation with the integral of Lenard-Balescu collisions was chosen, which, without taking into account the effects of dynamic polarization, can be replaced by the integral of Landau collisions. An expression for describing the profile of ionized particles in the solid angle and an expression for describing the dielectric constant of the modified medium were obtained.

As a result of the conducted research, the influence of electromagnetic radiation on the state of the electronic subsystem of the air environment was determined, taking into account the static and dynamic polarization of the environment, the relaxation of electrons, as well as the collective interaction of particles not only due to direct collisions, but also due to the influence of powerful electromagnetic radiation.

**JUSTIFICATION OF THE RECOMMENDATIONS REGARDING  
THE METHODS OF COMBAT APPLICATION OF UNITS ARMED  
WITH SATELLITE COMMUNICATION RADIO TECHNIQUES  
DURING THE REFLECTION OF LARGE-SCALE ARMED  
AGGRESSION OF THE RUSSIA AGAINST UKRAINE**

*O. Yankovyi<sup>1</sup>; Y. Dubina<sup>2</sup>;*

*R. Sydorenko<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher*

*<sup>1</sup>Air Command "Pivden";*

*<sup>2</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>3</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the course of preparation and execution of radio electronic suppression tasks by EW units, an important place is given to conducting radio suppression of satellite communications. At the same time, the effectiveness of tasks in the combat use of units armed with satellite radio suppression equipment in the course of repelling the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine depends on the conduct of intelligence and the degree of disclosure of the troop and weapons management system. Therefore, the adoption of new models of satellite radio suppression technology will allow to significantly increase the combat capabilities of military units (units) in the operation of the defense forces.

It is shown that new samples of satellite communication radio suppression technology can be used as separate suppression stations. Recommendations are given regarding the methods of combat use of units armed with radio suppression of satellite communications, which will allow blocking the control systems of the enemy's troops and weapons. It is noted that the determination of the direction of the source of radar radiation will allow detecting the operation of satellite communication devices, carrying out their identification and increasing the effectiveness of radio electronic suppression.

**POSSIBILITIES OF COUNTERACTING THE EQUIPMENT OF INERTIAL  
NAVIGATION SYSTEMS USING THE NEW TYPES OF RADIO-  
ELECTRONIC WEAPONS**

*O. Sotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Kalachova, Candidate of Technical Sciences,*

*Senior Researcher, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Today, to counteract the on-board equipment of inertial navigation systems (INvS) of various moving objects (MvO) using the new types of radio-electronic weapons, namely laser weapons, it is quite possible.

When using outdated types of MvO, their INvS are built on the basis of analog mechanical gyroscopes. Radio-electronic equipment is scarce here, and microcircuits are absent. To affect the operation of such gyroscopes with the help of laser weapons it is possible, which is reduced to the burning of the hull (physical destruction) of the MvO and INvS inside it as the most important element, what affects to the flight, navigation and ultimate targeting.

So, according to foreign media reports, the US Army recently received the directed energy maneuvering short-range air defense systems (DE M-SHORAD).

New 50-kilowatt laser weapon systems based on the Stryker armored vehicle are used here. According to various estimates, the approximate maximum operating range of such a system on the MvO can be 5-7 km. According to other reports, the American company Lockheed Martin handed over a 300-kilowatt laser installation, also based on one vehicle, to the US Department of Defense for field tests. The approximate maximum operating range of such a system on the MvO can already compose 15-20 km.

Thereby, using the new types of radio-electronic weapons, the capabilities of short-range air defense systems for countering INvS equipment are expanding.

**THE INDICATOR AND EVALUATING RESULTS THE  
COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF THE METHOD OF SELECTING A  
FRAGMENT THE REFERENCE IMAGE FROM THE AVAILABLE  
TOTALITY FOR THE FORMATION A DECISION FUNCTION**

*O. Sotnikov, Candidate of Technical Sciences, Professor;*

*Ye. Karmannyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Tyurina  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A method of selecting a fragment of a reference image (RI) from the available totality has been developed, the novelty of which is to determine the discretization thresholds taking into account the navigation parameters of an unmanned aerial vehicle (UAV) and the orientation angles of the correlation-extreme navigation system (CENS), which ensure the greatest coincidence of a fragment of the RI with current image (CI), and the formation of a minimal and sufficient set of RI to ensure the required accuracy of the formation a decision function (DF). The selection of the indicator of the relative reduction of the computational complexity of image comparison depending on the totality of RI is justified. In order to avoid a complete search of all options for comparing each of the fragments of the RI with the CI, it is proposed to reduce the search area by fixing one of the parameters (height). This allowed at each partitioning step to be discarded the areas that did not contain an anchor object. An analytical expression for estimating the relative decrease in the computational complexity of image comparison is obtained. Numerical calculations were carried out for the following image parameters: the size of the CI makes up 1024\*768 pixels, the size of the RI makes up 256\*192 pixels.

For the selected conditions, the indicator of the relative decrease in the computational complexity of image comparison depending on the number of steps of reducing the dimensions of the multidimensional matrix makes up about 200 times for 15 steps, about 280 times for 25 steps, about 420 times for 50 steps.

**JUSTIFICATION OF THE COMBAT CAPABILITIES OF THE  
PROSPECTIVE RADIO ELECTRONIC COMBAT COMPLEX WITH UAVS**

*O. Porokhonchuk; M. Popov; O. Kozlova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of the EW complex with UAV should be carried out according to a single plan and on a real-time scale during combat operations, as well as when on combat duty in order to reduce the effectiveness (blocking) of the combat use of UAV by the enemy through complex and simultaneous radio-electronic influence on

the control channels of UAV and on-board GNSS signal receivers (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) in the area of responsibility.

REP means should provide:

- automatic search, detection and direction finding of radio emission sources of UAV, processing of intelligence data, classification and exposure of information exchange networks (management and data transmission) between UAV and the control point;
- failure of UAV radio navigation based on the signals of satellite radio navigation systems (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou);
- simultaneous complex influence of electronic warfare means on control channels and (or) radio navigation (introduction of error);
- scanning of specified frequency channels "by list";
- control over the work on the air of detected, placed "under surveillance" sources of radiation and display of information on the electronic map of the area;
- automated processing and documentation of data on the radio-electronic environment, digital registration of detected radio signals.

### **ANALYSIS OF ELECTRONIC WARFARE EQUIPMENT USED BY THE RUSSIAN FEDERATION TO PROTECT AGAINST UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*O. Sotnikov, Candidate of Technical Sciences, Professor; V. Tyurina  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to ensure the reliable use of unmanned aerial vehicles in the context of the large-scale aggression of the Russian Federation on the territory of Ukraine, an analysis of electronic warfare means available to the Russian Federation to counter unmanned aerial vehicles was conducted. The main areas of their application by purpose are identified:

- detection and direction finding of radio data transmission and control of unmanned aerial vehicles;
- tracking the signal parameters of unmanned aerial vehicles;
- electronic jamming of control and data transmission channels of unmanned aerial vehicles and ground control points;
- electronic countermeasures against the equipment of consumers of the satellite navigation system of unmanned aerial vehicles;

An analysis of the ways in which electronic warfare means can be used determined that they can be used by one of several or a combination of them:

- suppression or imposition of false modes of operation of the command radio control line and data transmission lines of unmanned aerial vehicles;
- suppression or imposition of false modes of operation of the navigation channel of unmanned aerial vehicles based on the reception and processing of signals from one or more navigation system guidance systems.

An analysis of the tactical and technical characteristics of the radio and radio engineering reconnaissance subsystem and the electronic countermeasures subsystem, as well as an analysis of the types of interference to suppress radio control and transmission lines of unmanned aerial vehicles.



## **ANALYSIS OF THE TASKS OF TACTICAL UNMANNED AERIAL VEHICLES USED IN THE COURSE OF ENEMY COMBAT OPERATIONS**

*O. Somikov, Candidate of Technical Sciences, Professor; V. Tyurina  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The use of tactical unmanned aerial vehicles by the enemy creates new threats to the Armed Forces of Ukraine due to their low visibility for detection by radar, radio and radio-technical acoustic and optoelectronic intelligence. Therefore, in order to effectively perform combat missions of the Armed Forces of Ukraine, the main tactical and technical characteristics of unmanned aerial vehicles and the onboard reconnaissance equipment installed on them, the size and degree of camouflage of reconnaissance objects, and their location on the ground were analyzed and the possible use of enemy electronic countermeasures, namely "Orlan-3M", "Orlan-10", "Shahed 129", "Shahed 191", "Shahed 136", "Shahed 238", "Mohajer-4", "Mohajer-6", ZALA Lancet and others.

The author analyzes the methods of conducting air reconnaissance by enemy tactical reconnaissance unmanned aerial vehicles, identifies ways to counteract and reduce the effectiveness of the use of such unmanned aerial vehicles, their dependence on the complexity of the operational and tactical and background-target situation, the availability of air defense and electronic warfare forces and means in the area of air reconnaissance. The author notes their weaknesses and strengths of tactical unmanned aerial vehicles, which affect the quality of combat missions of reconnaissance and firepower. The author identifies ways to counteract enemy tactical unmanned aerial vehicles and significantly reduce the effectiveness of their use.

## **INCREASING THE INFORMATION SECURITY FOR THE FIGHT AGAINST THE ENEMY'S UNMANNED AIRCRAFT**

*S. Leshchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Adamenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Lupandin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the years of resistance to Russian aggression, the Armed Forces of Ukraine have gained considerable experience in combating the enemy's unmanned aerial vehicles (UAV) through the integrated use of anti-aircraft defense (AFD) and electronic warfare (EW).

However, their effective application is complicated by the imperfection of the existing specialized integrated information and management systems, in particular, in the part that concerns the operational collection and processing of information from various types of EW, radio technical intelligence (RTI) and electronic support (ES) about the use of enemy UAV, as well as support decision-making regarding the management of their complex application during hostilities.

On the example of experimental operation of the special software "ARM-REB", fundamentally new possibilities for managing the complex use of electronic warfare, RTI and ES tools to combat enemy UAV are revealed. The main directions regarding the further automation of the processes of collection, processing of the received information and management of the units of the ERB, RTI and EP during the performance of assigned tasks are laid out.

Reasonable directions for the integration of existing information systems of the Armed Forces of Ukraine, which collect information about the air situation from electronic warfare, RTI and EP means, its processing and verification, are substantiated.

### **FEATURES OF CREATING A RADIO INTERFERENCE ENVIRONMENT DURING UAVS TESTS**

*V. Misailov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Zakirov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Porokhonchuk<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>State Research Institute for Testing and Certification  
of Weapons and Military Equipment;  
<sup>2</sup>Research Institute of Military Intelligence;  
<sup>3</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Transceivers of radio-electronic communication systems (RCS) and signal receivers of satellite radio-navigation systems (SRNS) are key components of the control systems of the vast majority of unmanned aerial vehicles (UAV). Suppression of the UAV RCS by electronic warfare (EW) means, as a rule, leads to the failure of the UAV flight task. The presence of receiving devices on UAV potentially makes them vulnerable to the influence of EW devices. That is why, in the development and creation of UAV, one of the important issues is the study of the level of resistance of UAV RCS to the influence of radio interference. Usually, this level is pre-determined by theoretical calculations and confirmed during tests.

When conducting tests of UAV under the influence of EW devices, an appropriate radio interference environment must be created. Here there is a well-known problem of errors of the first and second kind – if the level of radio interference created is too high, then in fact the jam-protected UAV will not be allowed to be used, and if the level of radio interference is too low, then the combat use of the UAV, which is not actually jam-protected, in the conditions of the enemy's EW means exposure will be not effective.

The report examines the method of creating a radio interference environment during tests of the UAV RCS resistance of the EW devices influence. The features of tests of conventional and interference-resistant RCS, in particular receivers of SRNS signals with CRP-antennas, are given.

### **COMBINED PROTECTION OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT OF COMMAND CENTERS AGAINST EXTERNAL ELECTROMAGNETIC INFLUENCE**

*V. Lyashenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
V. Kuznecov<sup>1</sup>; V. Ivanchyshyn<sup>1</sup>; K. Kvitkin<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The problem of the influence of a powerful electromagnetic pulse on cable lines of radio-electronic means is extremely urgent and multifaceted due to the complexity of the electrodynamic processes of the interaction of electromagnetic fields with a wide class of military objects. In contrast to radio interference and noise, the influence of powerful electromagnetic fields can cause disruption of the

functioning of radio-electronic means of command centers as a result of the induction of high levels of impulse voltage and currents in external and internal cable lines of radio-electronic means.

The creation of combined protection consists in the fact that, firstly, it is the creation of protection of inputs (holes) in screens based on devices, which, unlike the existing ones, which are based on the reflection, diversion and absorption of striking electromagnetic energy, are based on its sequential transformation into other types of energy, secondly: this is the creation of more effective shielding based on the introduction of new coating materials, layer-by-layer protection, and thirdly: this is the replacement, where possible, of materials used to create existing cable lines, electrical networks of radio-electronic means of weapons and military equipment and objects of military purpose, which are sensitive to the electromagnetic pulse on other materials (for example, optical fiber), which are practically insensitive to external electromagnetic influences.

The improvement of combined protection is proposed on the basis of the developed direction of creation of protection of electrical networks, circuits of electrical equipment of samples and military equipment and objects of military purpose from external electromagnetic influence.

### **PROTECTION OF PERSONNEL AND EQUIPMENT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE AGAINST FPV DRONES BY MEANS OF RADIO ELECTRONIC COMBAT**

*V. Sluzhenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The war waged by Russia against the Ukrainian people became the largest military conflict since the Second World War. For the past 30 years, the terrorist country has in one way or another deliberately destroyed the potential of the Armed Forces of Ukraine. At the beginning of the war, the use of FPV drones (first person view) was considered something incredible, but just a few months later, Ukraine started using FPV drones on the battlefield. This became the norm and completely changed the picture of modern warfare. At the beginning of the full-scale invasion, Russia was lagging behind in the application of FPV drones, but later launched mass production. The low cost of making FPV drones allows thousands of them to be used. The massive use of FPV drones by our enemy during hostilities causes great damage to personnel and equipment.

In this connection, the question arises about the protection of personnel and equipment from FPV drones of an enemy state. Protection against the attack of FPV drones can be different, starting from elementary nets and metal grids installed on equipment and personnel shelters, no matter how ridiculous it looks, but such an elementary tool shows effective work in practice, ending with full-fledged radio electronic warfare complexes.

As early as November 2023, Valery Zaluzhnyi called radio-electronic warfare the key to victory in the war with drones and one of the main aspects of "getting out of the positional form of war".

At present, there are a variety of mobile portable directional defense complexes (anti-drone guns), dome and trench means of radio electronic warfare designed to form a 360-degree protective field, stationary radio electronic warfare complexes. But there are many nuances, each flight of an FPV drone is a unique

case, they work at different dynamic frequencies, so today the means of radio electronic warfare cope with the task, but tomorrow it won't.

Also, more powerful radio electronic warfare complexes are used in the rear, they prevent Russian missiles from hitting targets.

It is necessary to constantly improve individual and stationary means of radio electronic warfare and put them into serial production.

## **METHODS OF AIRCRAFT ELECTRONIC EQUIPMENT PROTECTION FROM POWERFUL ELECTROMAGNETIC RADIATION**

*O. Babych*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is very important to provide protection from electromagnetic interference in the aircraft electrical complexes and systems. The quality of electronic equipment in modern aircraft deteriorates under the influence of electromagnetic radiation, which can lead to long-term malfunctions and failures. The performance of the aircraft as a whole depends on the proper functioning of on-board devices and systems.

The report provides standards for the production of equipment designed for aircraft, as well as standardized methods for ensuring and verifying protection from various types of interference. An analysis of existing methods of overcoming the impact of electromagnetic radiation on electromagnetic weapons on aircraft systems is done. Existing methods of ensuring the security of aircraft and evaluating their effectiveness are presented. Proposals are made to increase the noise immunity by shielding individual structures (elements) of aircraft.

It is proposed to investigate the methods of electromagnetic shielding, ways of penetration and propagation of electromagnetic effects in the form of high-frequency electromagnetic radiation in the design of aircraft to assess the effectiveness of the applied technical means of protection and to provide proposals for improving noise immunity. The results of these studies will allow to develop methods and technical means to increase the effectiveness of shielding by supplementing the existing traditional means with new approaches to solving the problems of electromagnetic radiation protection.

## **INCREASING THE EFFICIENCY OF CAMOUFLAGE MEASURES FROM THE RUSSIAN FEDERATION WEAPON DETECTION AND GUIDANCE MEANS IN THE RADIO AND OPTICAL WAVE RANGE**

*O. Porokhonchuk; O. Kolomitsev; V. Prysyzhnyuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The growth of the capabilities of modern technical means of aerial reconnaissance and targeting of high-precision weapons, new forms and methods of actions of the air enemy determine the need for a significant increase in the effectiveness of measures to camouflage military objects.

It is necessary to emphasize the growing role and importance of camouflage of troops and objects to achieve success in conducting combat operations in modern conditions. This is due to the emergence of new means of reconnaissance and surveillance, as well as samples of high-precision guided weapons, which creates additional difficulties in terms of misleading the enemy and reducing losses in combat equipment and personnel in the event of its use.

Increasing the effectiveness of camouflage measures from the means of detecting and targeting high-precision weapons of the Russian Federation in the

radio and optical wavelength range, taking into account the experience of large-scale aggression of the Russian Federation in Ukraine, has a clearly expressed systemic, complex nature, both in technical and organizational terms, and is one of the priorities directions of development of the Armed Forces of Ukraine.

Basic information on general views on camouflage and the use of camouflage means, recommendations for increasing the effectiveness of camouflage measures from the means of detection and guidance of weapons of the Russian Federation in the radio and optical range of wavelengths, and the main characteristics of camouflage means of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine are given.

### **IMPLEMENTATION OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF DEMINING MACHINES TESTS IN THE HUMANITARIAN DEMINING SYSTEM OF UKRAINE**

*V. Lyashenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*A. Hordiienko<sup>1</sup>, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher;*

*V. Kuznecov<sup>1</sup>; K. Kvitkin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Considering the scale of the hostilities, the situation only worsens every month. Therefore, the creation and development of an effective system of anti-mine activity, taking into account the needs of safe clearance of the territory of Ukraine from explosive objects, is a priority task at the national level. Currently, the national capacity for humanitarian demining in Ukraine has developed: sappers have gained considerable practice and experience; humanitarian demining operators have become more technically equipped. As part of international aid, Ukraine receives modern demining machines; Ukrainian entrepreneurs are modernizing equipment for demining needs. In order to provide an independent assessment of the suitability, safety and effectiveness of demining machines used during the survey and demining of a contaminated area, it is necessary to carry out their testing and conformity assessment. This will make it possible to assess the possibilities and potential of new technologies and to confirm the performance and operational characteristics of usable machines. To implement the above, it is necessary to clearly define the requirements that demining machines and tools for them must meet in the field of humanitarian demining; regulatory documents, for compliance with which it is necessary to carry out testing and assessment of conformity, that is, it is necessary to develop a methodical apparatus for conducting tests and assessing demining machines.

### **RECOMMENDATIONS REGARDING THE ENGINEERING PROTECTION OF THE AIRCRAFT DEFENSES OF THE AIRCRAFT DEFENSE AGAINST IMPACTS OF THE ENEMY'S HIGH PRECISION ATTACK MEANS**

*B. Bondar<sup>1</sup>; M. Popov<sup>2</sup>; O. Kolomiitsev<sup>2</sup>; G. Safarova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In conditions of large-scale use during open armed aggression by the Russian Federation of high-precision weapons based on reconnaissance-strike complexes (systems), the effective performance of engineering support tasks

regarding the camouflage of troops and weapons and military equipment is of particular importance.

In order to reduce the probability of destruction of air defense assets, commanders should pay special attention to engineering protection and masking of positions. Engineering protection and masking of the positions of the Air Force units are carried out by their own forces using the means of listed engineering property and local and improvised materials. Engineering protection and masking of positions must begin immediately upon the arrival of units in designated areas and be carried out covertly in a sequence that ensures the constant readiness of troops for combat missions.

The scope, sequence, and terms of engineering protection and masking of positions and areas are determined by the commander, depending on the terms of stay of the units in them, the conditions of the area, and the received combat tasks. Engineering structures and shelters for weapons and military equipment (WME), storage facilities for personnel (crevices, dugouts), trenches for ground self-defense are being erected at the positions occupied by units of the Air Force. The degree of protection of WME can be from the lowest to the highest and depends on the terrain, materials and time provided for the equipment of fortifications.

## **ANALYSIS OF PROSPECTIVE CYBER WEAPONS OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*A. Adamenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Porokhonchuk; M. Popov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Cyberspace is becoming an integral part of the sphere of warfare, and advanced cyber weapons are subject to constant research and development, as technologies and threats in this area are constantly changing.

The growing role of cyber weapons has been confirmed by numerous facts of its use by the Russian Federation, both in the initial and active phases of military aggression against Ukraine. The high efficiency and comprehensive penetrating capability of cyber weapons justify the urgency of addressing the problem of countering their use by the enemy, their effective use by the Armed Forces of Ukraine in the interests of protecting Ukraine's national security, on the one hand, and the insufficiency of appropriate cyber weapons and methodology of their use in the Armed Forces of Ukraine, on the other.

The main trends in the development of advanced cyber weapons and methods of their use in the interests of the Air Force of Ukraine are considered. Proposals for objects (targets) for cyber disarmament of the Air Force of Ukraine, as well as proposals for categories of own objects that require the development and use of appropriate means and methods of cyber defence are formed.

At the same time, it is noted that cyber weapons cannot fully replace conventional "kinetic" weapons and have certain disadvantages and risks in their use. Therefore, in the future, the use of cyber weapons for the Air Force of the Armed Forces of Ukraine should be of a supporting nature for the performance of assigned tasks, which will be performed mainly with the use of conventional weapons.

## **A METHODOICAL APPROACH TO ASSESSING THE EFFICIENCY OF SPECIAL PROCESSING OF MILITARY EQUIPMENT**

*S. Huzchenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;*

*S. Poplavets, Ph.D.*

*Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force National University*

A methodical approach to evaluating the effectiveness of special processing of military equipment in conditions of radioactive, chemical and biological contamination using mass service theory methods is considered. The use of mass service theory methods when evaluating the effectiveness of special processing of military equipment allows:

- determine the nature of the incoming flow;
- determine the required number of forces and means for carrying out special processing of military equipment;
- to substantiate the required time for carrying out measures of special processing of military equipment;
- take into account the level of training of the personnel through the average values of the performance indicators of special treatment standards;
- to establish the average service time of one object by one means and the average number of objects received for service per unit of time;
- to distribute the distribution of time and the amount of funds allocated for service, as well as to take into account a large number of factors, including random ones.

This determines the expediency of using mass service theory methods when evaluating the effectiveness of special processing of military equipment and requires the development of an appropriate methodological apparatus.

## **ANALYSIS OF THE EXISTING INFRASTRUCTURE OF THE NATIONAL ECONOMY REGARDING THE POSSIBILITY OF PERFORMING THE TASKS OF DECONTAMINATION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT**

*H. Hishko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor; O. Kolmohorov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force National University*

The existing means of special processing, which are in service with the troops of the Defense Forces of the Armed Forces of Ukraine, cannot fully satisfy the needs regarding the need for decontamination of munitions as a result of the enemy's use of WMD.

The fact that the insufficient number of technical means of special processing will lead to the accumulation of troops in the areas of special processing and the untimely implementation of measures for the decontamination of weapons and equipment is a cause for concern.

In special literature and scientific publications, not enough attention is paid to modern technical means for decontamination of various objects, including OVT and the issue of the order of dispersal, movement of troops in areas of special processing.

The purpose of the work is the analysis of possible options for using modern means of the existing infrastructure of the national economy, with the help of which

it is possible to solve the issue of decontamination of OVT in case of their RHC contamination.

Self-service complexes for washing and care of motor vehicles, which are currently deployed in a sufficiently large number on the territory of our country, as well as a large number of small-sized high-pressure pumping stations, which are widely used in everyday life, are considered as means for decontamination of OVT.

The analysis of the technical characteristics of the mentioned means gives reasons to assert their effectiveness, and taking into account the capabilities of the existing infrastructure, to develop proposals for planning and implementation of measures to support the actions of the troops in matters of radiation, chemical, biological protection.

## **ПОРЯДОК ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМІНОЛОГІЧНОГО ВІЙСЬКОВОГО СТАНДАРТУ ЩОДО РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ТА НАБУТТЯ НЕОБХІДНИХ СПРОМОЖНОСТЕЙ**

*Д.А. Іщенко, к.т.н., доц.; Д.Л. Федорчук, к.т.н., ст.д.; Л.М. Марищук  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Термінологічний військовий стандарт (ВСТ) розглядається як складна система термінологічних систем і терміностантей. Однозначне застосування термінів та визначень фахівцями у сферах предметної галузі забезпечує набуття спроможностей із розвитку засобів і доктринальної бази їх застосування, удосконалення організаційних структур і підготовки персоналу та військ (сил). Обґрунтовано вимогу до ВСТ:  $E_j \geq E_n$ , яка визначає, що за напрямками набуття спроможностей ефективність ВСТ  $E_j$ , де  $j=1$ , а  $J$  – варіант побудови ВСТ, повинна бути не нижче припустимої  $E_n$  для забезпечення виконання завдань. Запропоновано порядок застосування принципу оцінювання елементів складних систем за їх внеском в ефективність систем вищого порядку. Формується судження  $X$ : “Ввести терміносистему до складу ВСТ (терміностант до складу терміносистеми)”, – яке досліджується на наявність умов: необхідної ( $H$ ) – “Ефективність ВСТ ( $E$ ) нижче мінімальної припустимої ( $E_n$ )” та достатньої ( $D$ ) – “Введення терміносистеми (терміностант) забезпечує ефективність ( $E_d$ ), достатню за внеском в  $E$ ”. У разі отримання  $E_j < E_n$ , воно визначає відповідність умові  $H$ . Аналіз різниці  $E_n - E_j = \Delta E$  дозволяє формування вихідних даних для аналізу умови  $D$ , яка потребує підтвердження:  $E_T \geq E_n - E_j$ , де  $E_T$  – прогнозована ефективність терміносистеми (терміностант), запланована до введення у ВСТ. У разі її виконання підтверджується умова  $D$ .

Виконання умов  $H$  і  $D$  доводить правильність судження  $X$ : “Необхідно ввести терміносистему до складу ВСТ (терміносистеми)”.

## **A POSSIBLE APPROACH TO THE FORMATION OF A METHOD FOR DETERMINING THE RATIONAL COMPOSITION OF THE FORCES AND MEANS OF RADIATION, CHEMICAL, BIOLOGICAL PROTECTION**

*S. Poplavets, Ph.D.*

*Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force National University*

Determination of the rational composition of forces and means of radiation, chemical, biological (RCB) protection for the implementation of measures in the conditions of radioactive and chemical (RC) contamination is solved by sequentially



performing calculations and optimization statements at five stages of the methodology.

At the first stage, input data is generated to determine the forecast of the radiation and chemically hazardous (RCH) situation, forces and means for the implementation of RCB protection measures.

At the second stage, possible scenarios of the consequences of the destruction of RCH objects in the conditions of RC contamination are formed using an integrated information model for generating possible scenarios for assessing the situation, and a catalog of RCH forecast scenarios is compiled.

At the third stage, based on the forecast of the RCH situation using the logical-analytical method, a methodology for determining the scope of RCB protection measures was developed.

At the fourth stage, the optimization problem was solved using combinatorial programming problems.

At the fifth stage, a catalog of forces and means is formed on the basis of tactical and technical characteristics.

The results of the application of the methodology allow solving the optimization problem of substantiating the set of forces and means of RCB protection of troops and reducing the time of implementation of RCB protection measures, which will allow to increase the effectiveness of measures and reduce losses of troops (forces) in conditions of RC contamination.

## **IMPLEMENTATION OF THE PROCEDURE OF NEEDLE DECOMPRESSION OF THE CHEST IN THE COURSE OF TACTICAL MEDICINE DURING TACTICAL FIELD CARE**

*I. Medinets; I. Sharapa*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Needle thoracostomy, also known as needle decompression, is the insertion of a needle into the pleural cavity for decompression in tension pneumothorax. A tension pneumothorax is a life-threatening condition and requires emergency medical care. Its absence can lead to a sudden deterioration of the physical condition of the victim, and as a result to death. Needle decompression is an emergency procedure that can save the life of a wounded person, and it must be performed if a probe thoracostomy cannot be executed quickly enough.

The standard of individual training of military personnel in tactical medicine gives the concept of tension pneumothorax and the algorithm for helping a wounded person with pneumothorax only in its open form, in which a chest seal is used. As is known, any kind of pneumothorax can develop into a tense form of pathology, so the ability to apply a decompression needle is just as important.

The active implementation into the process of individual training of military personnel in tactical medicine of the technique of needle decompression can significantly affect the increase in survival of victims with chest injuries during combat operations. However, to ensure the proper level of knowledge and skills of military personnel during training, this technique requires the presence of specialized simulators and a certain number of decompression needles for training.

Therefore, in the case of implementation of the procedure of needle decompression, in addition to the issue of amending the Standard, the following issues arise, namely: completing the individual combined-arms first-aid kit with appropriate medical equipment, providing units with specialized simulators for acquiring practical skills and/or providing medical personnel for training this technique.

## **ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ КОМПЛЕКСНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННО-КІБЕРНЕТИЧНОГО ПОДАВЛЕННЯ**

*Д.А. Іщенко, к.т.н., доц.; С.Д. Іщенко  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Обґрунтовано актуальність проблеми комплексного радіо-електронно-кібернетичного подавлення (РЕКП) як складника сучасних і перспективних дій у боротьбі в електромагнітному та кібернетичному середовищах. Дослідження проблеми потребує визначення та формалізації потенціальних об'єктів і цілей дій.

Запропоновано дії з РЕКП розглядати за формою радіоелектронно-кібернетичних атак (РЕКА). Об'єкти РЕКП – це призначені на подавлення стаціонарні, пересувні та рухомі наземні (польові), морські (річкові) надводні та повітряні (повітряно-космічні) радіоелектронні об'єкти, які діють як в електромагнітному, так і кіберсередовищі та мають у складі приймальні засоби з антенними системами, пов'язаними з програмними засобами, що забезпечують виконання їх цільових завдань (управління, розвідки, ураження, перевезень, десантування, навчання тощо). Такими об'єктами можуть бути пункти управління військами (силами) різних ланок управління, вузли зв'язку й автоматизованих систем передавання інформації, окремі пілотовані та непілотовані бойові засоби й засоби підтримки (забезпечення) (радіоелектронної розвідки, радіоелектронної боротьби, інженерні, логістичні тощо) з автоматизованими, за рахунок використання програмних засобів, системами управління, навігації та виконання цільових завдань. Цілі РЕКА – обладнані програмними засобами лінії (радіомережі, радіонапрямки) зв'язку, канали управління, телеметрії, передачі даних і навігації, бортові системи та засоби виявлення, спостереження й управління зброєю, оптико-електронні та гідроакустичні системи (засоби) розвідки, спостереження, зв'язку й управління, на які може здійснюватися вплив радіоелектронних перешкод.

## **ПРОТИДІЯ ЗАСТОСУВАННЮ САМОРОБНИМ ВИБУХОВИМ ПРИСТРОЯМ (СВП) ЗА ДОСВІДОМ БОЙОВИХ ДІЙ**

*Д.О. Резуненко, О.О. Корольов  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Алгоритм усвідомлення загрози від СВП та підготовки до виконання завдання складається з: 1. Визначення характеру завдання що включає: визначення завдань, що необхідно виконати; розподіл обов'язків серед військовослужбовців підрозділу; усвідомлення коли, де і чому необхідно виконати поставлені завдання; 2. Збір інформації про противника; 3. Оцінка місцевості та погодних умов у районі виконання завдання. 4. Відомості про чисельність задіяного особового складу та наявність необхідного забезпечення (кількість особового складу, рівень їх досвідченості та підготовки. Крім того, можуть залучатися та застосовуватися службові собаки або автоматично керовані літальні апарати). 5. Час, що відводиться на виконання завдання. (Командир підрозділу повинен чітко розрахувати час, що відводиться на планування, підготовку, тренування та виконання завдання).

Основними принципами захисту військ в умовах підвищеної загрози застосування мінно-вибухових пристроїв є: Наступальний характер дій; Підтримання ситуативної обізнаності; Уникнення шаблонних дій; Кругова охорона та оборона; Дотримання безпечної відстані; Підтримання тактичного розосередження; Використання технічних характеристик броньованої техніки; Використання технологій електромагнітних засобів протидії мінно-вибуховим пристроям.

За досвідом участі підрозділів НАТО у локальних війнах та застосування вищеперерахованих принципів під час підготовки та виконання бойових завдань, можна зробити висновок, що зазначенні методи являються ефективними.

## **ШИРОКОСМУГОВА ЛОГОПЕРІОДИЧНА АНТЕНА ДЛЯ КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

*О.А. Войтович, к.т.н., с.н.с.; І.К. Кузьмичов, д.ф-м.н., с.н.с.;*

*О.О. Костенко, к.ф-м.н., с.н.с.; С.М. Лабазов*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова  
Національної академії наук України*

Для виконання багатьох практичних завдань в різних областях науки (особливо при вимірюванні параметрів пристроїв НВЧ) необхідно виділяти корисний сигнал на фоні завад. Для цього потрібно знати джерело завад та спектральний склад сигналу.

Пропонується структура малогабаритного комплексу моніторингу навколишнього середовища, до складу якого входять спектроаналізатор, широкосмугова антена (або декілька антен), засоби обробки інформації, система живлення.

В доповіді наведені результати вимірювання параметрів логоперіодичної антени (0,7...7 ГГц) для подібного комплексу. Антена виготовлена із одностороннього склотекстоліту методом друкованого монтажу. Подвійний кут розкриву антени від вершини до основи найбільшого вібратора (найменша частота)  $\approx 40^\circ$ .

Основні параметри антени:

- ширина діаграми спрямованості в Е площині  $\sim 65^\circ$ , в Н площині  $\sim 105^\circ$ ;
- розмір антени 200мм \* 170мм;
- вага 200...220 г.

## **ЩОДО РОЗРОБКИ ОКРЕМИХ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З БПЛА**

*К.С. Ковальов*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

В умовах російсько-української війни, ворожа армія поки що має як кількісну, так і якісну перевагу над українським військом, зокрема в засобах радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ). Дуже часто для обеззброєння противника достатньо вивести з ладу або заглушити його електроніку, засоби зв'язку та управління.

Розвиток власних спроможностей у цій сфері має особливе значення для ЗСУ. Наша країна має всі можливості для розвитку потенціалу РЕБ, про що

свідчить успішне створення в стислі терміни та прийняття на озброєння ЗСУ мобільного комплексу боротьби з БПЛА “Полонез”, одним з елементів якого став комплекс радіоперешкод “Анклав”. Цей комплекс виконує функції постановки перешкод навігаційним приймачам GPS/ГЛОНАСС, каналам управління і телеметрії, а також видача цілевказівок комплексам, що здійснюють ураження.

Існує і “міська” версія “Анклаву” під назвою “Анклав-Малюк” (має обмежену дальність дії, зменшені габарити і потужність випромінювання, час автономної роботи до 6 годин). Для України це справді унікальна розробка – мобільна, портативна, ніхто такий виріб раніше не використовував.

Іншою інноваційною розробкою київської компанії “Укрспецтехніка” стала перша вітчизняна портативна зброя для протидії безпілотним літальним апаратам – радіоелектронна рушниця для боротьби з комерційними БПЛА.

Підсумовуючи викладене, слід зауважити, що Україна була, є і буде виробником якісного високотехнологічного озброєння, її продукція високо оцінюється міжнародними фахівцями ринку озброєнь. Нашій країні під силу випускати конкурентні засоби РЕБ, які не поступаються, а десь і перевершують іноземні аналоги.

## **РАДІОЕЛЕКТРОННА ПРОТИДІЯ ПОВІТРЯНИМ ОБ’ЄКТАМ ПРОТИВНИКА**

*Л.В. Білобородова*

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України*

Зрив виконання завдання засобами повітряного нападу противника (ЗПН) може бути досягнутий постановкою радіоперешкод; приймачам сигналів супутникових радіонавігаційних систем на борту ЗПН; каналам управління ЗПН; каналам передачі даних; радіолокаційним засобам розвідки; іншим радіотехнічним засобам (РТЗ).

Способи та засоби пасивної радіоелектронної протидії:

- приховування об’єктів за допомогою радіопоглинальних аерозолів;
- зниження помітності об’єктів в радіолокаційному діапазоні (застосування розсіювальних матеріалів, зменшення контрасту, застосування маскувальних екранів, спотворення радіолокаційного образу об’єкта, маскуванню із застосуванням високошпаруватих ніздрюватих матеріалів і композитів, волокон та пін);
- здійснення радіоелектронного захисту (протидія радіотехнічній розвідці);
- застосування хибних об’єктів з високим ступенем деталізації (макетів), імітування випромінювань РТЗ, імітація під другорядний об’єкт або елемент місцевості;

– здійснення електромагнітного захисту радіоелектронної апаратури від електромагнітної зброї, засобами доставки яких можуть бути ЗПН.

Перспективним методом боротьби з ЗПН противника можна вважати застосування потужного електромагнітного НВЧ-випромінювання, яке випалює вхідні електронні складові бортової апаратури ЗПН.

**СЕКЦІЯ 15**

**СУЧАСНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

Керівники секції: д.філос. полковник Олексенко О.О.;  
д.т.н. проф. пр. ЗС України Карлов В.Д.  
Секретар секції: пр. ЗС України Тугай А.В.

**HIGH-PRECISION GUIDANCE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES  
IN THE PRESENCE OF NON-STATIONARY ACTIVE OBSTACLES**

*O. Oleksenko, Ph.D.*

*Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

Modern warfare involves the widespread use of unmanned aerial vehicles of various types and purposes, emphasizing the relevance of issues related to their high-precision guidance.

The high-precision guidance of unmanned aerial vehicles is associated with the possibility of effectively utilizing global positioning satellite systems. The operation of these systems is accompanied by the influence of intense natural active obstacles of unknown power, in addition to the possible influence of intentionally created artificial active obstacles.

The protection of modern radio-electronic systems from the mentioned influence is based on exploiting differences in the parameters of useful signals and active obstacles, including spatial, polarization, and time-frequency differences. The corresponding correlation compensation devices can be considered optimal under the condition of stationary active obstacles.

However, for the guidance systems of unmanned aerial vehicles, the corresponding correlation compensation methods may prove to be ineffective due to the possible changes in the position and power of active obstacle radiation sources, which cannot be considered stationary under these conditions.

Methods for suppressing active obstacles that are invariant to changes in their power are considered, as well as the corresponding principles for constructing navigation signal detectors that ensure the high-precision guidance of unmanned aerial vehicles.

**EVALUATION OF RADAR TRACKING RESILIENCE OF HIGHLY  
MANEUVERABLE AIR OBJECTS BASED ON RADIAL VELOCITY**

*O. Oleksenko<sup>1</sup>, Ph.D.;*

*A. Kovalchuk<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Tracking of air objects in multi-channel radars is often carried out without adaptation to external influences. When tuning the algorithms of the tracking system for radial velocity to low intensity or absence of maneuvering, a significant increase in tracking error of the aircraft during the maneuvering phase may lead to tracking failure due to a significant dynamic component of error. An assessment of the accuracy and stability of auto-tracking of highly maneuverable air objects by the subsystem based on radial velocity with fixed parameters was conducted in cases

where the tuning parameters of the tracking algorithms coincide with the characteristics of external influences. The influence of observation model parameters, stochastic target motion model with exponentially correlated acceleration values, and measurement period on the potential accuracy of auto-tracking based on radial velocity of Doppler radar was investigated. To assess tracking resilience, a methodology based on the use of the equivalent aperture size of the discriminator characteristic is advisable. Calculations of the equivalent aperture size of the discriminator characteristic and its dependence on the signal-to-noise ratio were based on the coincidence with the results of a statistical experiment evaluating the tracking resilience in a radio-technical tracking system with real discrimination and fluctuation characteristics. As a result of the conducted research, the possibility of further assessing the advisability of adaptation to maneuvering characteristics of targets and providing recommendations for selecting the coordinate measurement period emerges.

### **APPLICATION PARTICULARITIES OF MULTIFREQUENCY SIGNALS IN RADIO TECHNICAL SYSTEMS FOR UAV LOCATING BEYOND THE RADIO HORIZON**

*O. Oleksenko<sup>1</sup>, Ph.D.; S. Leushin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the large-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, unmanned aerial vehicles (UAVs) have found wide application. The adversary employs UAVs for a wide range of tasks, such as observation and aerial reconnaissance, target designation, and artillery fire correction, as well as electronic warfare and others. The experience of using UAVs has shown that for active radars, the maximum detection range is limited by the radio horizon (rh). Therefore, most existing air defense systems cannot fully solve the task of early UAVs detection under normal conditions. However, when located over the sea, using multifrequency signals, this task can be accomplished. This is due to the fact that electromagnetic wave propagation beyond the rh over the sea is usually modeled as a structure of a duct layer over the sea surface, which implies a spatial-temporal dependence of the refractive index on time and space coordinates. This dependence is random, and spatial-temporal changes can be regular or irregular. Thus, phenomena of electromagnetic wave refraction and reflection from heterogeneous tropospheric areas, as well as changes in the location of heterogeneities, can lead to the appearance of tropospheric waveguide (tw). Such tws can provide electromagnetic wave propagation at frequencies  $f \geq 100$  MHz at distances far beyond the rh, but electromagnetic wave propagation in tws causes additional fluctuations of reflected signals, during UAVs locating, increasing measurement errors of target motion parameters and decreasing the detection range of low-altitude targets (UAVs) beyond the rh.

The report specifies that the negative impact of reflected signal fluctuations on detection characteristics can be eliminated or reduced by their smoothing (averaging). Typically, this is achieved by constructing distributed systems for forming several orthogonal copies of reflected signals and their joint processing. Smoothing methods can be passive and active. Passive methods involve obtaining orthogonal copies of the reflected signal during processing, while active methods use special informational signals. Coherent spreading methods are usually

used to smooth low-frequency fluctuations and prevent the appearance of high-frequency ones, while non-coherent methods are used to smooth high-frequency fluctuations. However, after analyzing smoothing (averaging) methods, the report considers the possibility of effectively combining active frequency (time) and passive non-coherent time smoothing using multifrequency (mf) signals. The a priori nature of this hypothesis lies in the peculiarities of the mf signal, which allows representing the mf signal as a sum of simultaneously existing several coherent probing signals (ps) spread by frequency. Low-base (simple) and high-base (complex) mf lfm and mf fmcw signals can be used as frequency components of mf signals. It is noted that combining different smoothing methods of reflected signal fluctuations allows aligning the detection characteristics of fluctuating targets with the characteristics of non-fluctuating targets. As a result, this will reduce not only the impact of active obstacles on radio-technical systems (rts) but also measurement errors of target motion parameters and increase the detection range of low-altitude targets (UAVs) beyond the rh during locating in tw conditions.

### **USING A MODEL OF THIN STRUCTURE OF REFLECTED OPTICAL SIGNAL FROM WATER SURFACE FOR SELECTION OF CONDITIONS FOR DETECTING LOW-FLYING UAVS ALONG THE RIVERBED**

*V. Vdovyonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Kopylov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Biesova, Candidate of Technical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to strike targets deep inside Ukrainian territory, the Russian Federation began using Iranian kamikaze drones "Shahid-136" during the Russian-Ukrainian war since September 2022. Initially, these drones were supplied from Iran, but later they began to be assembled in Russia (Tatarstan, city of Yelabuga) at a plant built with the assistance of Iran. These drones are named "Geran2" in the Russian army, and according to media reports, it is planned to increase their production at the plant to 6000 units per year.

During the combat operations, it was observed that the majority of these UAVs were used at night to complicate their visual detection, and they were painted black. According to observation sources, the flight altitude of these drones along the route ranged from 700 to 2000 meters, and when approaching the target, this altitude usually decreased to 200 meters. Analysis of the flight routes of these drones showed that they flew along water bodies: rivers, lakes, and estuaries. According to observation results, during flights over water bodies, UAVs descended even lower to an altitude of about 20 meters. Therefore, the detection of UAVs over the water surface, in our opinion, is a relevant scientific and practical task.

To combat UAVs, it is first necessary to detect and identify them. In this regard, the visibility of UAVs is determined by the magnitude of their signatures in various ranges of electromagnetic waves (visible, infrared, and radio) and the magnitude of the acoustic wave signatures. Moreover, it is known that modern UAVs are constructed using materials such as wood and plastics instead of metals, resulting in a very small effective scattering cross-section in the radio frequency range. They also have relatively small engines emitting low heat, and when using electric motors, the acoustic noise is very weak and practically impossible to detect.

In the report, to detect UAVs during nighttime flights, it is proposed to use their shading of the optical reflection field created when light from an artificial light source is reflected from the rippled water surface. This optical signal can be recorded by modern charge-coupled device (CCD) matrices, the lines of which, as is well known, consist of thousands and even tens of thousands of resolution elements. Since such CCDs allow recording even individual reflections from the water surface, a corresponding model has been developed by the authors, which mathematically describes the fine glint structure of the optical signal from the water surface. Its implementation involves the interference of waves of various ranges, which always occur due to the collision of flowing water with different obstacles in the riverbed, as well as in the presence of even weak movements of air masses. Based on the developed model, the report presents the results of the analysis of the spatial-temporal dimensions of the distance between individual optical signal glints depending on the lighting conditions of the water surface and the type of waves on the water surface.

Calculated diagrams allow selecting the angles of illumination and viewing of the water surface for observing a stable glint track from a natural light source such as the moon, as well as from proposed artificial light sources. Utilizing this phenomenon in the development of optoelectronic systems for observing water surfaces will significantly reduce the probability of not detecting enemy UAVs flying over the water along the riverbed at night.

#### **UTILIZATION OF TROPOSPHERIC RADIO CHANNELS FOR HELICOPTER DETECTION BY SEASIDE RADAR SYSTEMS**

*V. Karlov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
O. Kuznietsov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Biesova<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences;*

*O. Kravchuk<sup>1</sup>; I. Petrushenko<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military Academy, Odesa*

As known, combating helicopters, especially military ones, is an active task addressed in modern conditions to ensure defense and protection of maritime territories and coastlines. Recent combat experiences demonstrate that successful helicopter countermeasures are feasible only through meticulously organized and conducted reconnaissance aimed at timely detecting these aircraft and informing the military about their approach.

Considering that helicopters primarily fly at low altitudes, increasing their detection range is currently an essential task. Traditional methods of extending the detection range of radio-technical systems (RTS) by raising antenna elevation are not always effective due to the terrain relief in Ukraine.

Therefore, the most acceptable approach is to increase the detection range of helicopters by utilizing tropospheric radio channels. The report presents the results of experimental studies on establishing the existence time of tropospheric radio channels in the Black Sea basin.

Experimental data obtained from the 19Zh6 radar located on the Black Sea coast were used for the experimental investigations. The obtained information allowed to increase the time required for recognizing the detected targets within the tropospheric radio channel, enabling the necessary readiness for combat actions to eliminate enemy helicopters.



## **UTILIZATION OF TROPOSPHERIC RADIO CHANNELS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF "SHAHEd-136" UNMANNED AERIAL VEHICLE DISTANCE MEASUREMENTS IN SEASIDE AREAS**

*D. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;  
O. Biesova, Candidate of Technical Sciences; O. Korobetsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recently, it has been observed that the enemy increasingly employs new methods of air attack involving unmanned aerial vehicles (UAVs), especially "Shahed-136," for conducting mass strikes on energy infrastructure objects. The particularity of using these UAVs lies in their flights at extremely low altitudes, with their routes lying beyond the reach zones of anti-aircraft missile systems, UAVs interceptors, and fire mobile groups. Based on the experience of using such UAVs, the enemy, particularly from the southern direction of Ukraine, has started launching individual "Shahed-136" UAVs. This is done to affect the timeliness of detecting such targets since detecting a single "Shahed-136" UAVs is more challenging than detecting a group, significantly reducing the efficiency of neutralizing such targets. When employing this tactic, precise coordinates of the "Shahed-136" UAV's position in space are required for accurately guiding the interceptor to a single target. This poses the task of increasing the accuracy of distance measurements to such targets. However, when locating them, especially at small angles of the terrain, it is known that the error in distance measurement by traditional gauges is quite high due to the influence of radio wave propagation medium, resulting in correlated and uncorrelated fluctuations in the reflected signal.

The report presents the results of synthesizing a distance gauge for the "Shahed 136" UAVs, which, by taking into account correlated and uncorrelated fluctuations, reduces the measurement error. The provided equations demonstrate that when locating the UAVs within the tropospheric radio channel using the algorithm proposed by the authors, the measurement error decreases from five to eight times compared to previously known algorithms.

## **ACCOMPANIMENT OF AERODYNAMIC OBJECTS BY RADIAL VELOCITY UNDER THE INFLUENCE OF FLUCTUATIONS OF THE PHASE FRONT OF THE RADAR SIGNAL**

*O. Kuznietsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Kravchuk; O. Biesova, Candidate of Technical Sciences;  
V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The stability of tracking depends on the accuracy of current measurements of the radial velocity of the observed object, which is significantly influenced by the external conditions of radar task execution.

This influence leads to fluctuations of the phase front of the radar signal, and as a result, to the appearance of a fluctuation error component in the measurement of the radial velocity of the aerodynamic object, which in turn deteriorates the quality of secondary processing operations of radar information.

The process of exponential smoothing in a steady-state filtration mode of trajectory parameters is investigated under different degrees of influence of fluctuations of the phase front of the radar signal.

It is shown that increasing the degree of this influence reduces the accuracy of current Doppler frequency measurements, requiring a corresponding increase in the number of tracking measurement steps to achieve a steady-state tracking mode.

Suggestions are provided for improving the quality of exponential smoothing by taking into account phase fluctuations of radio pulses of the received batch radio signal at the stage of current Doppler frequency measurement, which contributes to the increased stability of tracking of the aerodynamic object by radial velocity.

## **DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF ELECTROMECHANICAL REMOTE CONTROL SYSTEMS FOR WEAPON SYSTEMS**

*V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Prysyazhnyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Biesova, Candidate of Technical Sciences; V. Fedko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Considerable interest arises in studying the possibility of applying remote control of small-caliber anti-aircraft artillery when firing at air and ground targets. The use of an automated system for collecting, processing, displaying, and analyzing information about the air situation enables the use of this system for target designation and early aiming of small-caliber anti-aircraft artillery towards airborne targets. This is particularly relevant when using small-caliber anti-aircraft artillery against low-altitude, small-sized targets, and targets with high speed.

Remote control operates on modern microcontrollers with corresponding software. The executive elements of the system are stepper motors with feedback, which, through reducers, perform alignment of barrels in the horizontal and vertical planes. Instead of angular misalignment measuring elements – synchros, modern rotary encoders, electromechanical devices that allow determining the position of the axis (shaft), are applied. The use of modern encoders allows for a significant reduction in the number and physical size of rotation system equipment. Contactless optical or magnetic absolute encoders are most suitable for replacing old-type sensors.

To analyze the functioning quality of the electromechanical rotation system, the use of the SIMULINK software shell of the MATLAB application package is proposed. Analyzing the obtained graphs enables a rapid assessment of rotation characteristics and by adjusting the parameters of the elements, their influence on rotation characteristics can be evaluated.

## **RECOMMENDATIONS FOR SYNTHESIZING ADAPTIVE TRACKING ALGORITHMS FOR HIGHLY MANEUVERABLE AIRBORNE OBJECTS BASED ON RADIAL VELOCITY**

*V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Strutsinsky, Candidate of Technical Sciences;  
O. Biesova, Candidate of Technical Sciences; A. Sillanov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current stage of radar technology development is characterized by a constant increase in requirements for the accuracy and stability of tracking airborne objects. Advanced countries are seeing a rise in the number of aircraft capable of

performing maneuvers such as the cobra, barrel roll, and others, especially concerning aircraft with thrust vectoring of jet engines. Additionally, fifth-generation fighters are becoming increasingly stealthy, with the prospect of creating highly maneuverable unmanned aerial vehicles. During the tracking of such airborne objects by multifunctional radar systems, there is a significant degradation in the accuracy and stability of tracking.

One of the ways to improve the accuracy and stability of tracking is to utilize adaptive algorithms that adapt to the characteristics of maneuvers. Algorithms for the operation of radio-technical tracking systems with parallel filtering are proposed, based on hypotheses testing for the presence/absence of maneuvers and their magnitude. The use of synthesized tracking algorithms with parallel filtering based on radial velocity is proposed, which allows for improved accuracy and reduced probability of loss of track.

These recommendations are based on an analysis of the current state of air attack means and the prospects of their development, the impact of maneuvering capabilities on the operation of radio-technical systems, and current trends in the use of tracking algorithms in radar equipment. It is demonstrated that the synthesized adaptive algorithm of parallel filtering in the construction of radial velocity tracking systems is effective.

#### **METHOD FOR SELECTING FIXED PARAMETERS OF ALGORITHMS FOR RADIO-TECHNICAL TRACKING SYSTEMS OF RADAR**

*V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Kuznetsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Strutsinsky, Candidate of Technical Sciences;*

*O. Biesova, Candidate of Technical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern technologies in aviation have allowed the creation of an entire modern cluster of airborne vehicles, both unmanned and manned. Unmanned aerial vehicles have taken a leading position in performing both civilian and military tasks and can vary in size from a few centimeters to tens of meters. Modern guided missiles are in service with all leading countries in the world, and due to their maneuvering capabilities and stealth technologies, they pose complex airborne objects for detection and tracking by radar systems. When tracking modern maneuvering airborne objects, the accuracy decreases significantly, and the likelihood of tracking disruption increases for radar systems. The use of phased array antennas (PAA) in radar systems in combination with digital computing technology allows for controlling the radar beam's directionality (DB) and tracking multiple targets in a time-sharing mode. Tracking airborne targets in multi-channel radars is provided by tracking systems, in most cases, without adaptation to external influence characteristics. Thus, when tracking highly maneuverable airborne objects, there is a significant decrease in accuracy and tracking stability relative to the non-maneuvering segment, which can be quite prolonged. Significant growth of the dynamic tracking error of the aircraft during the maneuvering phase can lead to tracking disruption. Improving the stability of tracking by radio-technical tracking systems (RTTS) of radar systems (RLS) is possible through the utilization of adaptive algorithms or by appropriately adjusting the parameters of the tracking algorithm with fixed parameters. The report proposes a methodology for

determining the fixed parameters of tracking algorithms that ensure maximum tracking stability, and presents the results of solving the problem for the tracking algorithm of an airborne object by range.

**ESTIMATION OF THE FLUCTUATION CHARACTERISTICS  
PARAMETER OF DISCRIMINATORS FOR THE ANALYSIS OF AIR  
OBJECT TRACKING STABILITY BY MULTI-CHANNEL RADAR  
SYSTEMS**

*M. Petrushenko<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Biesova<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>Military Academy, Odesa*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Due to the increased maneuvering capabilities of modern air objects, the task of assessing the tracking stability by radio-technical tracking systems (RTTS) of multi-channel radars remains relevant. Loss of tracking is unacceptable for radar systems when anti-aircraft missiles are launched and lost or leads to the necessity of spending time on the radar emission for the search and subsequent tracking of air objects. To analyze the tracking stability, it is necessary either to model the operation of RTTS using statistical characteristics of real discriminators or to use a methodology based on the use of their equivalent discrimination and fluctuation characteristics, which significantly simplifies the analysis of tracking loss in tracking systems, provided that additional instrumental errors can be neglected. In the works on determining the equivalent characteristics of discriminators, an important parameter is the error dispersion outside the aperture of the equivalent fluctuation characteristic, which can affect the result of tracking loss or return the error within the aperture of the discriminator characteristic. Regarding the parameters of equivalent fluctuation characteristics proposed in previous works, their estimations are rather rough and do not take into account many parameters that may affect them.

**USING THE FEATURES OF SUBREFRACTION PROPAGATION  
OF RADIO WAVES TO INCREASE THE RANGE OF RADAR  
OBSERVATION OF SURFACE AND AIR OBJECTS**

*V. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Kuznietsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. Nos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Lukashuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The range of detection of surface and air objects observed by coastal-based radars is limited by the line-of-sight distance. Timely receipt of information about the current state of the troposphere enables further utilization of the features of subrefraction propagation of radio waves, particularly beyond the line-of-sight range of the radar.

A technically convenient and economically feasible method for obtaining such information is the analysis of signals from the Automatic Identification System (AIS), which is mandatory equipment for all vessels according to the International Convention for the Safety of Life at Sea. Analyzing the characteristics of these signals allows forecasting the conditions for the stable existence of

tropospheric radio waveguides above the sea surface and accordingly increasing the range of detection of surface and air objects.

This report is dedicated to analyzing the possibilities of using mechanisms of subrefraction propagation of radio waves to increase the range of radar observation of surface and air objects through timely receipt of information about the troposphere's state using signals from the AIS.

## **ANALYSIS OF POSSIBLE WAYS TO CONSTRUCT AUTOMATED SYSTEMS FOR SMALL ARMS**

*V. Karlov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
A. Prysyzhnyi<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Danyliuk<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Limited Liability Company TD "VIA BUD"*

The main drawbacks of existing small arms targeting systems are analyzed when used for combating ground adversaries, engaging aerial targets, defending military, industrial, administrative, and other civil objects. Ways of modernizing existing small arms targeting systems and the main scientific and technical problems arising in the development of similar systems are demonstrated.

One of the main directions of such modernization is the introduction of remote control of small arms, which will provide stealth of its positions, increase shooting accuracy, and preserve personnel. All possible methods of remote control of small arms should be developed without significant changes to its design, primarily the firing mechanism.

A comparative analysis of possible means of technical implementation of radio-electronic equipment and executing mechanisms of remote control systems for small arms is conducted, showing their disadvantages and advantages.

The advantages of using microcontrollers in various remote control systems for small arms and identical stepper motors in targeting channels are demonstrated in the report. The use of microcontrollers in azimuth and elevation targeting channels allows increasing aiming accuracy and memorizing the angular coordinates of targeted objectives for rapid alignment onto them.

## **SOME QUESTIONS REGARDING THE PARAMETRIC MODEL OF THE MULTIBEAM TROPOSPHERIC RADIO WAVEGUIDE**

*I. Leonov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Strutsinsky, Candidate of Technical Sciences; S. Leushin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force*

The main type of propagation of electromagnetic waves (EMW) in the tropospheric waveguide (TRW) is considered to be their multipath propagation. The parameters  $P$  of the  $y$  rays in the driving layer of the troposphere are random. Therefore, the TRW transmission coefficient ( $Y_{TRW}$ ) depends on the beam parameters and is also random. To estimate the law of the probability density distribution of the parameters ( $Y_{TRW}$ ), a statistical parametric model of the TRW is needed. An example of such a model can be a multi-channel parametric filter that corresponds to multi-beam propagation of EMW with delay (scattering) of beams over time. The main drawback of this model is the limitation of its use, namely the

lack of connection between the model parameters and the parameters of the radar sounding signal (RSS), which the city always has in practice. If, in the parametric model of the multi-beam TRW, a probing signal shaper is introduced, which has a generator of short pulses and a shaping filter, the amplitude-frequency characteristic (frequency response) of which coincides with the frequency response of the RSS, then this will allow to study the influence of the parameters of the RSS on the characteristics of the parametric model of the multi-beam TRW. The analysis of such a model shows that the frequency response of the parametric multi-channel TRW model in time is dispersive, has an uneven character and quasi-periodic repetition of resonance frequencies. Thus, the parametric multi-channel TRW model in time can be replaced by the parametric multi-channel TRW model in terms of frequency. In this model, the number of frequency channels  $F$  coincides with the number of resonant frequencies of the TRW. The frequency shift between frequency channels is approximately the inverse of the signal delay time from the radar to the target.

### **INCREASING THE LOCATION RANGE OF SHAHED-136 UAVS DURING THEIR FLIGHT OVER THE SEA**

*D. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Korobetskyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The results of the analysis of local wars and modern military conflicts, the experience of the use of the Armed Forces of Ukraine during a large-scale armed aggression by the Russian Federation provide a valid reason to note the growing role of unmanned aircraft systems in solving combat tasks, detecting and destroying air defense systems, destroying weapons and military equipment and manpower of the enemy, using both for conducting air reconnaissance, aiming artillery and adjusting fire.

Especially important information that is received from an unmanned aerial vehicle (UAV) is that which reflects the current state and situation in the area of hostilities. With the help of the received information, the fire means have the opportunity to quickly inflict fire damage on units that are in the first and second echelons in the areas of fire positions, as well as on reserves. Based on this, the fight against UAVs is one of the priority tasks of countering the enemy's intelligence, control and combat systems.

As is known, it is possible to use fighter jets or fighter UAVs to destroy UAVs of the "Shahed-136" type. However, when using them, it is necessary to have a certain time for them to reach the threshold of destruction. This poses an acute task of increasing the detection range of the "Shahed-136" UAV at long distances.

This task is especially urgent when UAVs fly from the Black Sea coast due to the fact that "Shahed-136" UAVs fly at low and extremely low altitudes. In turn, this usually leads to the detection of UAVs at a distance of only direct visibility, the increase of which cannot be ensured due to the lack of dominant heights on the Black Sea coast.

The report considers the possibility of increasing the detection range of the "Shahed-136" UAV due to the use of an unconventional method based on the use of the phenomenon of signal propagation beyond the radio horizon within the tropospheric radio waveguide over the sea. It is shown that with the use of a tropospheric radio waveguide, the detection range of the "Shahed-136" UAV can be increased up to three times compared to the line-of-sight range.

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL TASKS IN CREATION  
THE MEASURING-COMPUTING COMPLEX  
OF A MILITARY GROUND RANGE**

*M. Barkhudaryan, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
A. Kovalchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The most important areas of work to create a measuring-computing complex (MCC) for a promising military range, ensuring high efficiency in conducting troop exercises and testing new types of weapons and military equipment, are:

1) development of ways to increase efficiency of MCC and proposals for organizing the technology of its application;

2) development of algorithms for processing measurement information, design and circuit solutions for constructing its means;

3) objective and reliable assessment the quality of trajectory control, acceptance and processing of telemetric information and coordinate-time support of MCC means.

When implementing these directions, it is necessary to solve the following main scientific and technical problems in:

– in substantiating the criterion for effectiveness of functioning the MCC of airborne monitoring and control system for monitoring and controlling flying objects at a promising military range;

– development of a scientifically based methodology for determining main technical indicators the quality functioning of MCC measuring instruments;

– development of principles for optimizing the structure of measuring instruments and algorithms for software and hardware control of their operating modes;

– selection of composition the means and organization of information exchange in control loop.

**TO THE ISSUE OF USING MEASURING AND COMPUTING EQUIPMENT  
OF MILITARY RANGE FOR EXERCISES WITH COMBAT FIRING**

*M. Barkhudaryan, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During live-fire exercises of troops, the equipment of military range must ensure:

– safety of combat training activities in the training range area;  
– reliable control over the actions of combat crews, precise management of crews, subunits and military units;

– control and processing the results of combat use of weapons, radio electronic warfare and crew actions during firing and timely delivery of them to military units;

– assessment the effectiveness of combat use and combat capabilities of weapons and military equipment during firing.

All defined tasks fully relate to and can rely on the measuring-computing complex (MCC) of military range, its facilities and services.

A feature the use of MCC in this period is the simultaneous use of both measuring tools and means of objective control the firing units and measuring and computing means of training range.

At the same time, it is possible to obtain more reliable information to control the troops actions. This makes it possible to increase the efficiency and reliability of analysis and assessment of troop actions at certain periods.

### **STATISTICAL CHARACTERISTICS OF SIGNALS REFLECTED FROM "SHAHEH-136" UAV AT ITS LOCATION WITHIN THE BOUNDARIES OF THE TROPOSPHERIC RADIO WAVEGUIDE OVER THE SEA**

*D. Karlov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Korobetskyi  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The location of the unmanned aerial vehicle (UAV) indicates that when measuring its coordinates and movement parameters, especially at a distance beyond the line of sight, an increase in the measurement error of these parameters was registered. In order to identify the reason for the increase in errors, a cycle of measuring the signals reflected from the "Shahed-136" UAV was carried out.

The measurement method was as follows: the 35D6 radar station located on the Black Sea coast was used and the signal from the "Shahed-136" UAV was recorded with its consistent statistical processing. The useful signal was taken from the outputs of the quadrature phase detectors "Echo K1" and "Echo K2" of channel 1 of block 354PU03 of the radar receiving device.

A two-channel digital oscilloscope "Bordo" B-421 with a personal electronic computer (PC) Dell latitude E5440 was used to convert the analog output signal of the quadrature channels into digital form and their subsequent archiving. The B-421 block was connected to a PC with a USB cable.

To synchronize the operation of the oscilloscope and the radar, a signal from the exchange and synchronization signal generation unit 354UT01 was used. A digital camera (CFA) was used for further comparison of maps of the area and the circular view indicator of the 35D6 radar.

Sections of the reflected signal were recorded on a personal computer and their statistical processing was carried out. The measurements were carried out in the period from September 2023 to January 2024 during the strikes and landing of these UAVs from the Black Sea.

The report presents the results of this processing and substantiates that the phase fluctuation of the signal reflected from "Shahed-136" was distributed according to the normal law, and correlated phase fluctuations were also registered in the series with uncorrelated phase fluctuations. According to the results of the measurements, it was found that the correlation interval of the phase fluctuations of the signal reflected from the "Shahed-136" UAV is within 0.05..0.1 s, and the correlation functions have an oscillating form.

### **PHYSICS-BASED CONCEPT OF MODERN FIGHTER**

*O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Kiiko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The concept of "Energy Maneuverability" was developed by Colonel John Boyd and outstanding scientist Thomas Christie to define a fighter aircraft's maneuverability through its speed and altitude, emphasizing the efficient use of



energy to both outmaneuver russian fighters and win in combat is discussed in the presentation.

As a result of this doctrine, the F-16 fighter was developed with a focus on maneuverability and optimizing performance in contemporary dogfights, resulting in a physics-based design that allows for efficient energy aerobatics and increased turn rates, making it highly agile and maneuverable in combat situations against all russian fighters.

The F-16's unique design features, such as shockwave prevention, air intake placement, landing gear folding mechanism, boundary layer diverter, and leading edge strakes, contribute to its high performance and maneuverability are discussed in the presentation. Moreover, the energy-maneuverability diagram defines a plane's maneuverability through its range of speeds, emphasizing the efficient distribution of energy from kinetic and potential reservoirs to outmaneuver enemies in modern combat. From the diagram, we can see, that the F-16 was designed with a focus on optimizing performance in the 0.8 to 1.2 Mach range, as that is where most dogfights are predicted to occur, and this can be seen in the design of the engine inlet system. The F-16's leading edge strakes and forebody design help funnel and divert air directly into the air intake, preventing the engine from being starved of air during high angle of attack maneuvers.

Thus, the F-16 fighter's physics-based concept and engineering design make it a valuable asset in Ukraine's fight for freedom.

### **EFFECT OF ANOMALOUS STRONG ABSORPTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION BY VERY THIN CONDUCTIVE FIBERS**

*M. Kokodii<sup>1</sup>, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor;*

*A. Natarova<sup>2</sup>, Ph.D. in Physics and Mathematics;*

*V. Maslov<sup>1</sup>, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor*

*<sup>1</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub National Air Force University*

We have analyzed the results of solving the problem of electromagnetic wave diffraction on a cylinder, which diameter is much smaller than the radiation wavelength. Formulas for calculation the cylinder absorption and scattering efficiency factors of incident radiation have the form of series, which coefficients depend on the diameter of the cylinder, its refractive index and the radiation wavelength. In the case when the diameter of the cylinder is much smaller than the radiation wavelength, the expressions for the coefficients of the series can be expanded into a series with respect to a small parameter, considering only their first term, and only the first terms of the series for the Bessel and Hankel functions. We have done an experiment, where the power of microwave radiation absorbed in a thin graphite fiber was measured. Also, we have developed a method of estimation the power absorbed by the fiber based on the change in electrical resistance of the conductor under illumination of radiation.

We have determined the conditions for the existence of the effect, which are the ratio between the radiation wavelength and the diameter of the conductor and the conductivity value. We have found when the effect is the strongest. We have developed a method of estimating the radiation power absorbed by the fiber. The area of the fiber illuminated by the beam was 300 times smaller than the beam cross-section.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF PHASE NOISE OF COMBINED SYNTHESIZERS OF SIMPLE AND COMPLEX RADAR SIGNALS**

*M. Kandyrin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Dzhiora  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Frequency and signal synthesizers are widely used in modern radar systems to generate heterodyne and sounding microwave signals. One of the most promising today for the formation of microwave signals with variable parameters are combined synthesizers (CS), which are built on the basis of indirect analog and direct digital synthesis methods. The main variants of the CS construction with the use of phase-locked loop systems (PLL) and direct digital synthesizers (DDS) are considered.

To study the noise characteristics of the CS, mathematical models of the spectral power density of the phase noise of its main functional links were used. The expressions for calculation, the results of mathematical modeling, and the analysis of the contributions of individual links to the resulting level of phase noise of synthesizers are presented.

The report presents the results of a comparative analysis of the noise characteristics of the main types of CS based on the PLL and DDS systems. It is shown that the synthesizer with a DDS as a frequency offset oscillator of the PLL system has the lowest level of phase noise. The highest level of phase noise has a combined synthesizer with a DDS as a reference oscillator of the PLL system. However, this type of CS is in the greatest demand in the development of modern radar equipment and provides the formation of not only harmonic signals in a wide frequency band, but also more complex signals with frequency modulation, practically free from parasitic components of the spectrum.

## **APPLICATION OF AN ACTIVE ELECTRO-OPTICAL SYSTEM WITH HARMONIZED DYNAMIC SPECTRAL FILTERING WITH THE PURPOSE OF INCREASE THE CONTRAST OF AERIAL OBJECTS**

*Y. Skoryi<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; O. Filippenkov<sup>2</sup>, Ph.D.;  
A. Ponomar<sup>1</sup>; A. Hurin<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing  
and Certification*

The report considers a method of increasing the contrast of the image of aerial objects based on an active electro-optical system, in which a set of multispectral laser emitters is used as a radiation source. The peculiarity of the method is that at its initial stage, the spectral characteristics of the background are calculated, which, together with a priori data on the spectral characteristics of the search object, are used to calculate the control signal in order to change the brightness of the radiation of the laser emitter system, in such a way as to reduce the magnitude of the spectral components of the signal, reflected from the surface of the background with minimal weakening of the intensity of the signal reflected from the search object.

A mathematical model has been developed that allows you to increase the contrast of the image of aerial objects up to 2.5 times in order to further damage or destroy them by mobile air defense units.

## **METHOD OF SEARCHING FOR OBJECTS BY SPECTRAL CHARACTERS USING AN ACTIVE ELECTRO-OPTICAL SYSTEM**

*A. Hurin; H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Goorin, Candidate of Technical Sciences;*

*B. Lisohorskyi, Candidate of Technical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The report considers an improved method of searching for objects by spectral features based on an active electro-optical system, in which a set of multispectral laser emitters is used as a radiation source, followed by computer processing of the received image. The peculiarity of the improved method is that at its initial stage, the spectral characteristics of the background are calculated, which, together with a priori data on the spectral characteristics of the search object, are used to calculate the control signal in order to change the brightness of the radiation of the laser emitter system, in such a way as to reduce the magnitude of the spectral components of the signal reflected from the background surface with minimal attenuation of the signal intensity belonging to the search object.

A mathematical model has been developed that searches for objects in the image based on spectral features. The decision about the presence of the search object in the areas of the image is made for areas with elements that have the largest brightness value.

## **SOME POSSIBLE WAYS TO IMPROVE RADAR DETECTION SYSTEMS SMALL-SIZED AERIAL OBJECTS**

*A. Korzhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At present, it is relevant for air defense to solve the problem of detecting low-altitude small-sized air objects. Experience shows that these objects are one of the main means of reconnaissance and fire damage.

An analysis of the requirements for radar systems for detecting small-sized air objects has been carried out. The main requirements for radar stations designed to detect small-sized targets are to ensure the possibility of installing antennas on towers and the availability of effective equipment for suppressing reflections from local objects. The requirement for the mobility of radar stations is also important, which limits the weight and size characteristics of the station equipment and antenna. Radar systems for detecting low-altitude targets must have sufficient frequency of updating coordinates, altitude and range of detection of air objects, accuracy characteristics and distinguishability no worse than in combat mode stations and the coefficient of suppression of reflections from local objects in systems for selection of moving targets.

The paper discusses some possible directions for improving radar systems for detecting small-sized air objects, which are associated with the development of radar technology and element base. Such areas include: electronic inspection of the detection area; use of passive, semi-active and active phased array antennas; digital diagramming of phased antenna arrays for reception; digital synthesis of sounding signals with variable parameters: carrier frequency, duration, spectrum width, type of modulation, frequency of pulse sends; analysis of the interference situation in automatic mode with the possibility of adaptive selection of means and modes of protection against interference, as well as the possibility of integrating the detection station with secondary radar equipment.

## **INCREASED DETECTION CAPABILITIES SMALL-SIZED, LOW-HEIGHT AERIAL OBJECTS**

*A. Korzhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aerial objects to be detected are characterized by a combination of factors that determine the possibility of their radar detection. This includes the radar visibility of the object in a certain frequency range, its speed characteristics, as well as the parameters of the flight path and the conditions of the electronic environment in which radar detection should be provided.

Increasing the efficiency of radar detection of air objects is facilitated by increasing the information content of stations, reducing the inspection time, as well as introducing new technologies. As it is known, the increase in information content in the processing of primary information can be achieved by the optimal choice of wavelengths, polarization, preliminary collection and accumulation of information and its integration. In addition, the function of target recognition by classes and types using polarization, spatial, spectral and trajectory features and the use of complex large-base sounding signals with low pulse power is becoming widespread in modern radar stations.

As shown in the report, in order to increase the detection capabilities of the air objects in question, it is necessary to expand the detection capabilities of radar stations by combining them with radio reconnaissance equipment, optical, acoustic and infrared detection equipment. A promising way to increase the efficiency of radar detection of small-sized, low-altitude air objects is the use of unified active-passive multi-position radar systems using the energy of third-party radiation sources, as well as the layout of information received through channels of various physical nature.

## **ON THE STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE PHASE FLUCTUATION OF THE RADAR SIGNAL PROPAGATED BY A TROPOSPHERIC RADIO WAVEGUIDE OVER THE SEA, AND THEIR INFLUENCE ON THE ACCURACY CHARACTERISTICS OF ROTORCRAFT DETECTION**

*I. Petrushenko  
Military Academy, Odesa*

Practical observation of air targets, in particular rotorcraft, takes place in the presence of heterogeneity of the air environment. Since rotorcraft are highly maneuverable objects, "wandering" of the radar center can be observed due to a change in the position of "shiny points" and propeller modulation. This is the reason for the occurrence of fluctuations in the phase front of the wave of the radar signal reflected from the rotorcraft, which is observed at low elevation angles in the tropospheric radio waveguide, and causes the corresponding presence of range and velocity noise. Under the conditions of the predominant influence of phase fluctuations, i.e. due to the perturbed state of the atmosphere, the significant influence of the earth's (sea) surface and the performance of complex maneuvering by an aerodynamic object, it is necessary to obtain sufficiently qualitative estimates of the statistical characteristics of fluctuations in the phase front of the radar signal wave for their further consideration in the algorithms for its processing. This

determines the practical value of studying the statistical characteristics of reflected radar signals.

The report of the report provides statistical characteristics of the parameters of the radar signal when it propagates over the sea in a tropospheric radio waveguide, which were obtained as a result of experimental studies. The laws of distribution of amplitudes and phases of the radar signal, which propagates within the tropospheric radio waveguide, are presented, which is the basis for the transition to the assessment of the influence of statistical characteristics of random phase distortions of the signal on the decrease in the accuracy of the estimation of its parameters. The laws of change in the correlation of phase fluctuations of the radar signal are analyzed and the corresponding correlation functions are determined, which approximate these laws with a given quality.

Obtaining complete radar information about the spatial position of air objects is an integral requirement for modern radars. In particular, measurement of angular coordinates and determination of altitude with high accuracy is a prerequisite for further stable automatic tracking of radar observation objects, especially those moving at low and extremely low altitudes.

#### **POSSIBILITIES OF SINGLE-CHANNEL CONSTRUCTION AFC SYSTEMS FOR LFM RADIO PULSES WITH VARIABLE DEVIATIONS AND CARRIER FREQUENCIES**

*V. Stepanenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. Kiiko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The using of LFM radio pulses with variable deviations and carrier frequencies allows to significantly increase the protection of the radar against signal interference and the probability of detecting targets. The stability of the parameters of such signals is usually provided by relative-frequency AFC systems with a delay line. Known such AFC systems do not allow to stabilize the parameters of LFM signals with different frequency deviations. This greatly complicates the construction of a radar signal generation system with target recognition.

An analysis of the possibilities of creating a single-channel relative-frequency system AFC with a delay line showed that this can be achieved by including between the delay line and the mixer of the differentiating quadrupole an additional frequency converter on the traveling wave tube (TWT).

The best results from the point of view of suppression of the specular component of the frequency-shifted signal are achieved when using spatio-temporal modulation of the electron flow of the TWT with a sawtooth voltage for a frequency shift on tens of megahertz and simultaneous amplitude and phase modulation with a harmonic signal with a phase difference of 90 degrees for a frequency shift of hundreds megahertz.

The proposed scheme of a single-channel relative-frequency AFC system with a delay line with an additional frequency converter on the TWT for LFM radio pulses with different frequency deviations can be used in radars with recognition of aerial targets.

**LABORATORY-RESEARCH MODULE FOR STUDYING THE PROBABLE CHARACTERISTICS OF RADIO ERRORS USING SCHEMATIC ENGINEERING MODELING PROGRAM MICRO CAP**

*V. Stepanenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Kiiko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Knowledge of the probabilistic characteristics of radio interference significantly simplifies the task of identifying their perpetrators and effectively combating them.

The physical implementation of the equipment for the study of such characteristics requires rather complex and expensive electronic equipment. Schematic modeling allows you to significantly reduce the amount of equipment and research time, and therefore is appropriate when performing laboratory work on the discipline "Passage of random signals through radio engineering circuits".

The standard libraries of MICROCAP circuit modeling programs do not contain models of sources of interference and schemes for determining their characteristics. In this regard, models of sources of faults, schemes and programs for determining the probabilistic characteristics of faults based on their sample data were created.

The report examines the features of the proposed models of sources of typical disturbances and schemes for determining their characteristics. Particular attention is paid to the development of programs for calculating the characteristics of the investigated faults.

The developed models, schemes and programs allow to study the functions and laws of distribution of probabilities of typical faults and to determine their statistical characteristics.

**DETECTION OF INTELLIGENCE TOOLS (UAV)  
AND FINDING THE SIGNAL SOURCE IN SPACE**

*A. Kiiko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences;  
O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Stepanenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Leschyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The detection of signals through EW stations and their optimal location are critical in the aspect of radio-electronic intelligence. Taking into account the modern experience of combat operations and the topography of the area increases the effectiveness of these measures in the context of the liberation war against russian aggression. The signal detection method and the use of the "NOTA" product from "Tritel" Ltd can help in effective combat and protection against potential dangers. The principles of detecting signals through EW stations are based on the analysis of the radio electromagnetic spectrum and the identification of characteristic signatures of enemy sources. In the analysis, modern experience of combat operations is used for effective recognition and classification of signals. Optimal location of EW stations allows to ensure maximum coverage and accuracy of signal detection. The use of modern technologies and algorithms makes it possible to reduce false positives and increase detection efficiency, taking into account the topography of the area. To detect the exact location of the signal, the method of trilateration is used, which is based on measuring the time of arrival of the signal to three or more EW stations. This approach, combined with geospatial analysis, makes it possible to

establish the position of the signal source with high accuracy. Taking into account the topography of the area in the analysis process is also important for the accurate detection of signals through EW stations. When analyzing radio signals in an area with variable relief, it is necessary to take into account the influence of geographical factors on the propagation of signals. High-precision monitoring systems, which take into account topographical features, allow to increase the efficiency of signal detection and the accuracy of determining their source in the conditions of varied terrain.

We consider the question of detecting the enemy's UAV and establishing its exact location during the operation of EW stations based on the "NOTA" product from "Tritel" Ltd.

## PROMISING ENERGY SOURCES FOR MILITARY EQUIPMENT

*T. Mukhina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;*

*O. Zakharchuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Most types of modern military equipments and the implementation of the destructive effect of shells and missiles as the energy source use chemical reactions of combustion and explosion. Due to the limited capabilities of powder and fuel components modernization of artillery and missile technology requires fundamentally new energy sources. At the stage of testing and practical application nuclear, laser, microwave and electromagnetic weapons are.

| Energy Type      | Weapon Advantages  | Problems   |
|------------------|--|--|
| Nuclear          | Uranium-235 and plutonium-239 nuclear fission reactions give 1.5 mln more energy than petroleum fuels. There are by now nuclear ballistic cruise missiles and nuclear aviation engines.  | Need for heavy biological protection, danger of air pollution by radioactive substances.                                   |
| Laser            | Now this weapon is undergoing field tests and begins its application. Israel has successfully tested new laser air defense system "Iron Beam" (addition to "Iron Dome"), which has shot UAVs, missiles, mortar shells, anti-tank missiles. It has precise guidance system. | Fog, rain, snow, smoke, dust may prevent passing laser beam. The laser machine has a big volume and needs a lot of energy. |
| Microwave        | "Microwave bomb" affects electronic equipment fully disables computer systems and telephone lines on the area of one block. It is not dangerous for the environment. In RF it is used in remote demining machines.   | No fundamental problems identified.  |
| Electro-magnetic | Electrodynamic railguns develop throwing speed up to 100 000 m/s and can destroy rockets from space still on the way.  | Big mass and dimensions, low efficiency (a little over 20 %).  |

**TECHNIQUES AND METHODS OF INCREASING THE SURVIVABILITY  
OF SUBDIVISIONS OF RADIO ENGINEERING AIRCRAFT  
OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*O. Barkhatov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M. Stoyan<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>Military unit A1933*

In the conditions of modern warfare, it forced us to move away from the classical tactics of using RTV, to introduce new techniques and methods that made it possible to restore the radar field, to detect and accompany the enemy's air attack in a timely manner, to timely notify about the actions of the enemy's air attack weapons and the threats they carry.m

In order to identify the positions of radio engineering units, the enemy uses comprehensive reconnaissance measures: space reconnaissance, radio engineering and reconnaissance with the help of UAVs. Therefore, the positions that the enemy managed to detect are subject to fire damage with the help of Lancet loitering munitions, kamikaze drones, Kh-35 anti-carabel missiles and Kh-31P anti-radar missiles.

The enemy uses these weapons in different conditions, in the presence of different levels of intelligence information and depending on the depth and distance from the line of combat (launch line).

The first three types of weapons are used by the opponent in the presence of target coordinates, and the Kh-31P is used by a group covering aircraft, usually in a difficult air situation

The main and most effective ways and techniques of countering the enemy's means of destruction are high and timely change of positions, the use of all types and types of camouflage, using both standard camouflage kits and the use of improvised means, the creation of additional engineering protection of radar equipment.

As a rule, the repulsion of the strike is organized not directly at the radar position, but 3-5 km away in the probable direction of the strike using MANPADS, ZPU and large-caliber machine guns, using information from visual observation posts, which are equipped with means of communication and notification in the form of special software "Virage-tablet". However, this is not enough when exposed to several means of fire damage.

From the above, it follows that in modern conditions, in order to qualitatively solve problems by RTV units, they must represent highly maneuverable groups – a symbiosis of the RTV radar and the MD air defense system or (and) anti-aircraft artillery systems under a single command.

**ON THE CHOICE OF RADAR POSITIONING SUITABLE  
FOR DETECTING OBJECTS BEYOND THE RADIO HORIZON  
DUE TO THE USE OF THE TROPOSPHERIC RADIO WAVEGUIDE  
EFFECT**

*I. Petrushenko  
Military Academy, Odesa*

In the absence of air supremacy, increasing the detection range of rotorcraft by raising the radar station on the aircraft round-up is a very vulnerable solution, while the use of a tropospheric radio waveguide allows obtaining data on low-altitude



targets beyond the radio horizon from ground stations. Atmospheric phenomena associated with the sea-land transition can both contribute to the healing of the tropospheric waveguide and interfere with it. The study of this phenomenon has so far been mostly limited to the centimeter and decimeter bands of radio waves. The report discusses the technique for the meter wave range, which additionally takes into account the effect of the amplifying surface and its size, which affect the Rayleigh effect. As it is known, the possibility of waveguide propagation of radio waves (excitation of a tropospheric radio waveguide) depends on the following factors: parameters of the radio wave propagation medium, properties of the surface under the radar station in the direction of the target, frequency range, antenna system of the radar station. The study was conducted within the range of conditions inherent in the Black Sea. A methodology is proposed to determine the requirements for the location of radar stations, under which it is possible to excite a tropospheric radio waveguide. Usually, when modeling the physics of a tropospheric radio waveguide, a modified refractive index is considered, which depends on atmospheric pressure, air temperature, humidity, and altitude above sea level. The presence and type of waveguide are determined by the profile of the modified refractive index. As you know, a prerequisite for the existence of a waveguide in the troposphere is the range of altitudes at which a negative value of the derivative of the modified refractive index of altitude will be observed. The technique considers the amount of radiated energy that enters the waveguide and goes to its excitation, while taking into account the location of the antenna directional pattern, its height, the features of the coast with the coastline and the height of the waves. As a result, a method was obtained for estimating the parameters of the radar station and its location necessary for the excitation of the tropospheric radio waveguide, which allows observing targets beyond the radio horizon in the presence of a tropospheric radio waveguide, namely: the carrier frequency of the signal and its polarization, the type of antenna and the height of the phase center; type and height of the coast, RMS heights, unevenness of the coast and sea surface, size of the significant zone; the critical elevation angle and the conditions for not exceeding it for the corresponding radiation patterns; maximum distance of the radar station from the coastline, in particular for spaced radar stations. Depending on specific weather conditions, the maximum distance from the coastline can vary several times, in particular, at high humidity it is the largest, and at low humidity it is the smallest. This is by no means a disadvantage, since in conditions of intense hostilities, radar stations are constantly changing to complicate their possible destruction or bypass detection zones.

## **USE OF OSD MENU IN WEAPON REMOTE CONTROL SYSTEMS**

*A. Prisyazhny<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Prisyazhny<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Individual Entrepreneur V.A. Prisyazhnyi*

The OSD (On Screen Display) menu looks like text, an image that is on top of the main information on the screen. It is also called the OSD. The menu is displayed by synchronizing the TV signal with the OSD menu video memory, which allows you to overlay graphic information on top of the video.

OSD supports PAL and NTSC standards. The current video format is detected automatically.

For remote weapon control systems, first of all, you need to have all the necessary information on the monitor screen for accurate targeting: sight crosshairs,

range scales and left-right deviations with numerical values. But additional information is also important: the mode of fire, the amount of ammunition, the azimuth of rotation of the barrels and their elevation angle, the coordinates of the installation, the level of the radio signal, and so on. The voltage indication of the power accumulators will remind you of the timely need to recharge. It is also possible to display warning and alarm signals.

The hardware of the screen display is implemented in the form of an external board that is integrated into the electronics of the remote weapon control system. Thus, the presence of an on-screen display is a common feature of many telemetry and remote control systems, and simplifies combat work and provides the ability to control all its important aspects.

### **SPATIO-TEMPORAL SYNTHESIS OF RADAR SIGNALS BY MULTI-FREQUENCY ANTENNA ARRAYS**

*L. Kornienko, Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Katkov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In multi-frequency antenna arrays, each element emits a harmonic wave with a given amplitude, initial phase, and frequency so that the total field is formed by oscillations with a discrete frequency spectrum over the number of emitters. The interference pattern of the field is a multi-frequency spatio-temporal signal, the shape of which in space and time depends on the amplitude-phase and frequency distribution in the antenna overburden. A general expression is obtained for the field of a multi-frequency grating with any arrangement of identical equally oriented emitters, provided that the frequency distribution is the sum of the carrier frequency of the signal and the product of the emitter number and the frequency discrete. In the structure of the expression, the bypass BC of the PCS is allocated in the form of a modulus of the interference multiplier, which is periodic in range and time with periods equal to the wavelength of the frequency discrete and its time period, respectively. The shape of the interference multiplier in terms of range is determined by the low-frequency component of the spectrum, and in angular coordinates it is formed at a high frequency. The long-range portrait of the BC is a periodic sequence of pulses, the shape of which corresponds to the composition of its amplitude-frequency and phase-frequency characteristics. Synthesis of the desired shape of the bypass signal is performed by installing amplitude-phase and frequency distributions corresponding to the frequency spectrum of the synthesized signal in the overburden grating. The required signal frequency is ensured by the choice of frequency discrete. The results of synthesis using a linear lattice of a periodic sequence of rectangular radio pulses with different length and span in range and time are presented and analyzed. Ways to improve the pulse shape have been identified.

### **INTRODUCTION OF DEVELOPMENTAL LEARNING TECHNOLOGY IN THE STUDY OF ELECTRODYNAMIC DISCIPLINES**

*L. Kornienko, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The study of electrodynamic disciplines requires developed abstract thinking, which actualizes the introduction of the principles of developmental learning in combination with modern information and communication technologies into the

educational process. Developmental training was carried out in the form of involving cadets in various types of educational activities, using conversations with elements of discussions, methods and techniques of teaching aimed at enriching creative imagination, thinking, memory, language. Experience shows the need for individualization of training, increasing communication between the teacher and cadets, cooperation in the process of classroom and extracurricular educational activities. Changes have been made in the didactic support of cadets, methods of teaching and control. A cadet's didactic electronic portfolio with a syllabus, reference lecture notes in the form of computer slides, methodological developments of all types of classes has been formed; tests for self-control, individual control tasks for each content module with methodological recommendations; textbooks, manuals; animations and films from Internet resources. Multimedia lectures with spot brainstorming, consultative online communications during independent work, the use of partially-search methods in the classroom, and a round table within small groups contributed to the activation of cognitive and mental activity.

## **THE POSSIBILITY OF INCREASING THE DETECTION RANGE OF ROTORCRAFT BY SHORE-BASED RADAR**

*I. Petrushenko*

*Military Academy, Odessa*

Timely detection of enemy rotorcraft is an important task in the conditions of modern warfare. Modern enemy helicopters move at high speed and carry a large number of heavy weapons. Moving at low altitudes, they remain hidden from direct observation by radar stations, which significantly reduces the time for identification, decision-making and response. Timely detection makes it possible to find out whether the rotorcraft belong to a possible fire contact, which reduces the likelihood of friendly fire on one's own helicopters and avoids delays in the enemy's entry into the zone of destruction of firepower. Allied forces, depending on the type, have the opportunity to take cover or take more advantageous positions to defeat rotorcraft and potential landings. A larger margin of time allows the potential rise of their own aircraft to intercept rotorcraft before they enter the firing line or land. The most common way to increase the range of direct vision of targets is to raise the height of the antenna to increase the range of the radio horizon, which is especially difficult to apply in practice due to the topographic features of the south of mainland Ukraine, namely the lack of dominant altitudes. It is known that it is possible to observe a target beyond direct vision due to the phenomenon of tropospheric radio waveguide, which is observed by water surfaces, in particular in the conditions of the Northern Black Sea region. This phenomenon makes it possible to observe distant targets further without the involvement of expensive and vulnerable flying radars. An additional advantage is that the enemy may not be aware of his detection, because he will believe that he is not visible beyond the radio horizon.

The report proves that since the tropospheric radio waveguide is not always observed, it is important to monitor its presence, which can be done through the use of a radio buoy and observation of signals from the automatic vessel identification system. In the case of using a radio buoy as a radiating antenna, the effect of amplification of the reflected signal will be observed due to the reduction of the distance between the target and the radiating antenna, which reduces its attenuation before scattering by a whole, which improves the signal-to-noise ratio and increases

the survivability of the complex due to antenna diversity. Due to the fact that the assessment of the potential detection range of rotorcraft by specific stations requires the calculation of the effective scattering area (RCS) of the target, the report reviewed the relevant studies. The detection of a radar target is directly determined by its RCS in the direction of the receiver, it is not for nothing that the narrowly directional scattering of radio waves lies in the main technologies of Stealth. The peculiarity of the rotorcraft is the constant rotation of the main rotor, which is why the report separately considered the RCS of its fuselage, and separately the RCS of its rotor. For the calculations, the geometry of the Mi-8MT rotorcraft was taken, which has a propeller with 5 blades, so  $72^\circ$  for the propeller due to its periodicity and  $180^\circ$  for the fuselage due to symmetry were calculated. The report also discusses the different vertical angles of the radar signal. In the course of these studies, the effective scattering area of the rotorcraft under different conditions, its average and media values were calculated. The report analyzed the effect of signal amplification by reducing the area within which the signal propagates occurs. Amplification of the received signal in relation to the signal that would propagate in a free medium proportionally improves the signal-to-noise ratio. The results of the study of the probability of detection and identification of a rotorcraft depending on the increase in the signal-to-noise ratio relative to propagation in a free medium are presented. It is shown that the potential increase in the detection range of the rotorcraft can be increased several times.

#### **HIGH-SPEED CALCULATION METHOD CORRELATION SCORES**

*V. Dzhus, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Solnyshkova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The main device in adaptive active radar systems, as well as in difference and rangefinder complexes of passive radar, is a correlator, the main task of which is to calculate correlation estimates. The transition to digital signal processing places increased demands on the speed and accuracy of such devices. These contradictory requirements can be solved either by a significant increase in hardware costs, or by finding a compromise solution, i.e. a significant increase in speed due to a certain permissible decrease in the accuracy of correlation estimates while reducing hardware costs. In radar complexes for various purposes, out of all the variety of known methods for calculating correlation estimates, propagation, relay, and polar (sign) methods are widely used.

In the report, on the basis of a comparative analysis of the known methods for calculating correlation estimates, their generalized algorithm is obtained. It is shown that the main operations of such an algorithm are operations on signs and modular values of discrete values of samples, as well as operations of accumulation, averaging and shift. On this basis, a new high-speed method for calculating correlation estimates is proposed, in which the complex (long) operation of multiplication of modular values of discrete samples is replaced by a simpler (shorter) addition operation. The statistical error of the proposed method for calculating correlation estimates has been evaluated, and the feasibility of using the proposed method in adaptive noise protection systems has been shown by the method of mathematical modeling.

## METHOD OF ORGANIZING SUMMATION IN MATRIX MULTIPLIERS

*V. Dzhus, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Katkov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In digital signal processing, the multiplication operation is the most frequent, after addition, and more complex operation, both in the software and hardware implementation methods. The total time of the multiplication operation depends on the organization of the process of summing partial products and the type of adders used.

The report discusses the method of organizing the process of summing partial products in matrix-type multipliers. Common to matrix multipliers is the parallel calculation of all elements of partial products, and the differences are manifested mainly in the way the resulting partial products are summed up. An increase in the performance of the multiplication operation is provided by a more efficient way of summing partial products, which significantly reduces the time spent on spreading hyphenates.

The node of formation of the elements of partial products is represented in the form of a rectangular matrix of size  $n \times (2n-1)$ , where  $n$  is the bit value of the factors. In this case, there are two ways of organizing the summation of partial products. The first, widely known, is the summation of elements located along the rows of the matrix with each other. The second, proposed method, consists in summing up the elements of partial products located for each column of the matrix separately. Thus, the second method actually converts a set of equal weight elements of partial products into a low-bit binary code, which leads to a significant decrease in the number of hyphens when summing partial products and a decrease in the time of the multiplication operation as a whole.

## ELECTROTHERMOCHEMICAL (ETC) GUNS

*T. Mukhina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; A. Drahnov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The source of energy in traditional artillery guns is powder. After burning it forms hot gases and vapors that move the projectile in the barrel. Muzzle velocity is 2 000 – 2 200 m/s. Due to the limited capabilities of powder even increasing the barrel length up to 120 calibers, use of extra heavy powder charges, increase in pressure in the bore to 800 – 1000 MPa accelerates the projectile just to 2 500 – 2 700 m/s.

You can significantly increase the throwing speed, activating powder gases be additional energy from external source and increasing their temperature.

Israel Nuclear Research Center Soreq together with military specialists of the USA and Germany created an ETC gun, in which solid propellant is ignited by plasma. The gun contains regular chambers and barrels; a source of electricity (105-mm gun needs 0,5 MJ electricity), and also plasma injector, connected to sleeve of the unitary ammunition. Similar devices are planned to use against ballistic missiles and in tank guns.

In another development propellant is preheated in a heat exchanger, and then under high pressure is fed into the gun barrel, where by using electricity is turning onto plasma. Muzzle velocity increases to 4 500 m/s, decreasing time of movement

of the projectile to the target. Relatively low caliber shells (about 60 mm) have not high armor penetration.

There are successful attempts to use ETC guns on old tanks.

It is clear, that with increasing throwing speed by increasing the temperature of powder gases wear of system elements will accelerate, and we will need new more durable materials.

## **NATO STANDARDS AS COMPONENT FOR IMPLEMENTING MODERN APPROACHES TO MILITARY EDUCATION AT THE UNIVERSITY**

*O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. Nos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Methodological principles of implementing the latest approaches to officers' military education and training in accordance with NATO standards in the university educational process: The NATO standard: "Education and Training Directive" (BI-SCD 075-007) is discussed in the presentation.

Organization of methodological work on implementation and fulfillment of interoperability conditions in accordance with the NATO standard "NATO education, training, exercises and evaluation policy".

Mastering the disciplines of the department also provides cadets with basic knowledge and skills in the procedures of NATO TLP (Troop Leading Procedures) standards through NATO Standard ADMP-02 (2014), ("Guidance for dependability in-service").

Training cadets according to NATO standards provides an opportunity to learn the procedures for making military decisions by unit commanders (Military Decision Making Process) and the planning process in military units (Military Planning Process).

Thus, the methodological principles proposed by the Department of Physics and Radio Electronics are the basis for improving the training of cadets as part of ensuring interoperability with partners during the war against Russian aggression.

## **PHYSICAL BASIS OF DETECTION METHODS OF MOVING TARGETS**

*O. Karpenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*A. Nos, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When developing a radio engineering system for selecting moving targets moving in a certain speed range, it is necessary to clearly define the physical features of the structure of reflected signals from moving targets, interference and stationary objects. Thus, the differences in the physical features of signals in the time and spectral planes are the basis for forming criteria for selecting moving targets from passive interference and obstacles, which is proposed for discussion during the presentation.

If, in the case of a stationary object, the reflected signal differs from the emitted signal by a constant phase shift, then in the case of a signal reflected from a moving target, in addition to a constant phase shift, there is a shift of the carrier frequency to the Doppler frequency.

Thus, the physical phenomenon of the shift of the carrier frequency to the Doppler frequency is used as a criterion for detecting signals reflected from moving targets and for rejecting signals reflected from stationary objects and passive interference.

When signals are reflected from moving targets, the time-dependent signal parameters, such as pulse duration, repetition period, and pulse burst duration, are changed: they are increased when the target is removed and decreased when it is approached by the radio system. Accordingly, the spectrum of the signal reflected from a moving target is changed, becoming compressed when the target is removed and expanded when it is approached.

Thus, we propose a methodology for thoroughly analyzing the parameters of generated signals' interference, noises, and their impact on the characteristics of a radio system.

## **NON-REGENERATION OF IMAGES FOR EXPANDING THE FIELD OF VIEW OF THE FRAME IN VIDEO**

*I. Belikov*

*National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"*

With development modern technologies computer vision and artificial intelligence much are expanding processing capabilities video materials. One of the leading ones technician in this field is neuroregeneration images that allows restore lost information in video frames. In this we will consider the articles application neuroregeneration images to expand the field of view of the frame in the video.

Neuroregeneration of images is process restoration or improvement quality images using deep neural networks. One of the main ones technician in this direction is generation images using deep coagulation generative models (GAN). The GAN model consists of two components: generator, which creates new ones image, and the discriminator which is trying distinguish between real and generated images.

For application neuroregeneration images to expand the field of view of the frame in the video, you can use such methods:

- increase separate ability (Super – Resolution): this method allows increase clarity and detail images. Neuronal networks such as SRGAN (Super – Resolution Generative Adversarial Network), can be used for recovery high quality images from low resolution personnel video.

- methods multiframe processing (Multi – Frame Processing): These methods use information from several personnel video for improvement quality image. They can be effective for expanding the field of vision because they allow get more information from the environment personnel.

- filling gaps (Inpainting): This method allows restore are lost or crossed out area in the image. He can be applied to expand the field of view of the frame in the video by filling region that go beyond the limits of the original frame.

The main one idea Inpainting is to use available information on the image to fill are lost parts It can be achieved in different ways, but one of the most effective methods in modern practice is use deep neural networks.

Typical process Inpainting which uses deep neural network, maybe have the following stages:

- preparation data: First on incoming images the required area is determined restore It can be done, for example, by deleting parts image or by adding artificial markers to specify the field to fill.

choice models: For solution task Inpainting are used different deep neural networks such as CNN (convolutional neural networks) or GANs (generative-adversarial network). These models study on a large set images for them to play image probably and naturally.

teaching models: The model is trained on pairs of images where is the input image has deleted area, and the original image is original, without any damage. The model ensures that output image was as similar as possible to the original.

generation restored image: After teaching she can model be used for recovery deleted or damaged areas in the image. The model analyzes the surrounding pixels and creates new to fill in the gaps.

improvement of the result: the final result can be subjected additional treatments for improvement qualities, for example, with the help of filters or additional algorithms processing images.

Application of the Inpainting method in the video can be particularly useful for debugging defects or restoration the old video recordings, as well as for deletion unwanted objects or persons from the cadre. This one the technique is powerful a tool in recovery and improvement visual content.

Application neuroregeneration images to expand the field of view of the frame in the video has a wide range of possibilities. Example:

– Improvement details: Neuronal network they can additionally detail the footage of the video that allows increase quality image and reveal additional information.

– Reconstruction objects: Use methods filling passes allows restore objects which may be partially deleted from the frame that allows expand the field of vision.

– Frame stabilization: By using information from several personnel you can achieve effect stabilization video that makes it easier observation and improves quality reproduction.

Neuroregeneration images opens new ones prospects for improvement processing video materials. Application this one techniques for expanding the field of view of a frame in a video allows get image high quality and improve perception of content. Further research in this direction they can lead to new ones technologies that much make it easier processing and analysis video data.

## **THE METHOD OF CONTROLLING THE INTERNAL SURFACE OF FIREARMS BARRELS BASED ON FRACTAL ANALYSIS**

*P. Budanov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Vdovonkov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Kalnyi<sup>2</sup>, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Educational scientific institute "Ukrainian Engineering Pedagogical Academy"*

*V.N. Karazin Kharkiv National University;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub National Air Force University*

During the operation of firearms, defects such as microcracks, caverns, etc. appear on the inner surface of the barrel. These inhomogeneities have different sizes and are randomly located on the surface. As the wear progresses, the surface density of inhomogeneities increases, defects merge and form a cluster structure. Since the defects have different sizes, when the scale is changed, the surface structure will repeat itself in a similar way. That is, the inner surface can be considered as a fractal self-similar structure having a fractal dimension  $d_s > 2$ . The fractal structure of



inhomogeneities significantly affects on the flow of the surface current. In the conditions of the skin effect, the current flows in a layer whose thickness depends on the frequency as  $\delta \sim \omega^{-1/2}$ . In the case of an ideal surface, an increase in frequency leads to an increase in electrical resistance  $R \sim \omega^{1/2}$ . The work shows that on a fractal surface, when the thickness of the skin layer is of the order of the characteristic scale of defects, the electrical resistance depends on the fractal dimension and increases as  $R \sim \omega^{(d_s-1)/2}$ . The more defective the surface, the greater its fractal dimension  $d_s$ . This makes it possible to control the inner surface of the barrel based on the change in electrophysical parameters ( $R, \omega$ ).

### **METHOD OF ASSESSMENT OF ENERGY SECURITY OF MILITARY FACILITIES**

*P. Budanov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Kalnyi<sup>2</sup>, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup>Educational scientific institute "Ukrainian Engineering Pedagogical Academy"  
V.N. Karazin Kharkiv National University;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub National Air Force University*

During the operation of military facilities, there may be a danger of disruption of the normal functioning of the electric power system. Therefore, it is necessary to conduct a research and analysis of the state of energy security of the power consumption system of a military facility. For this purpose, it is proposed to use the method of indicative analysis, which allows selection and calculation of indicators and their threshold criteria for assessing the energy security of the electric power system of a military facility.

On the basis of the obtained calculation results, a general integral indicator is formed, which is an indicator of the development and functioning of the power consumption system of a military facility. The value of this integral indicator reflects the degree of action of certain threats (dangers) to the energy security of this system.

The level of threats is determined by comparing the current (actual) values of the indicators with their threshold values. The achievement or exceeding the indicators is considered as a transition according to this indicator to the area of greater danger for the normal functioning of the facility's electric power system.

Thus, the proposed method makes it possible to form a management decision to reduce or eliminate external and internal threats and thereby significantly increase the level of energy security of the electric power system of a military facility.

### **VARIETIES OF COMPUTER GRAPHICS**

*Y. Korolova, Ph.D.; A. Berestova  
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"*

The spread of computer graphics began with printing. But soon it broke out of the cramped premises of printing houses for widespread use. Computer games, scientific graphics and films have gained immense popularity. Nowadays, not a single fantasy film, not a single computer toy is complete without advanced and sophisticated graphics. The images created are so real that it is hard to believe that

all this was created on a computer. The most powerful machines and the most talented teams of mathematicians, programmers and designers are working on it.

The concept of computer graphics is quite broad – from algorithms that draw whimsical patterns on the screen to powerful 3D graphics packages and programs that imitate the classic tools of the artist. In other words, computer graphics is not simple drawing with the help of a computer, but is a rather complex complex that finds application in many areas of human activity:

- polygraphy is a rather complex field that requires a person working in this field to have the greatest breadth of knowledge related to verst programs. These programs make it possible to combine text and graphic information together to create newsletters, magazines, brochures and advertising products;

- web design is the process of creating the visual shell of the site, its structure and navigation system in the form of a layout;

- multimedia is a field of computer graphics that allows you to create interactive encyclopedias, reference systems, training programs and interfaces to them;

- 3D graphics and computer animation is the creation of artificial objects and characters, their animation and combination with real objects and interiors. Currently, several promising areas of its use have been identified: the computer games industry; television advertising and design of television channels; construction of building layouts and three-dimensional models of architectural monuments;

- CAD and business graphics. CAD was one of the first to be created for the design of airplanes, cars, and systems for the development of microelectronic integrated circuits. Currently, several promising areas of CAD use have been identified: the field of engineering and design activity; construction and architecture; medicine.

- geoinformation systems are a relatively new type of interactive computer graphics systems for mass users. They integrate methods and technologies of various fields – databases, geodesy, cartography, cosmonautics, navigation and, of course, computer graphics.

## **CREATING DIFFERENT TEXTURED SURFACES FOR VR.**

*E. Okunev*

*National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"*

Virtual reality (VR) quickly acquires popularity, providing users unbelievable immersive experience which can transform them in a completely different way the world. However, one of challenges in this process is creation realistic interfaces capable of transfer various feel and texture to to provide maximum immersion for the user.

For the last ones years was done significant steps in the direction creation various invoiced surfaces for VR. One of these innovation is use artificial skin that allows create feeling touch, similar to real ones.

So, one of the possible topics for research is this development different invoiced surfaces for VR using artificial skin. For example, research may focus on the reproduction of such materials as wood, metal, glass, fabric and more others. Each of these materials has a unique invoice that can be transferred to users in virtual environment with the help of specially developed artificial skin. Another interesting topic for research is this development invoiced surfaces for VR using various

technologies. For example, you can explore using acoustic waves to create feeling vibrations or heat on the surface that will add realism VR experience.

Also importantly to investigate influence different invoiced surfaces on the emotional state of users. Or affects their texture feelings and reactions when interacting with virtual environment. It can get interesting an object research that will expand our understanding of how textures affect immersion and enjoyment users from VR. So, creation different invoiced of surfaces for VR is exciting direction research, which may open new ones opportunities for the future development immersive technologies. Study these topics will help us better understand as much as possible to improve experience users in virtual environment and do him more more fascinating and realistic.

### **THE PROBLEM OF THE SYNTHESIS OF A COMPUTER DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE ACOUSTIC EXPERTISE OF CLOSED PREMISES**

*A. Statkus, Ph.D.; V. Usyk, Ph.D.; B. Fedorchak  
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"*

The issue of creating optimal acoustic properties of closed rooms, depending on the purpose of the room and the features of the sound content that is predominant in this room, is an urgent task of applied acoustics, which has been researched by world and national professional and scientific schools for many years. The current state of research on these issues is related to the improvement of multi-stage acoustic examination. Each stage has its own purpose, technical and software implementation, operates with a significant number of its own characteristics, which in general allows in a certain way to analyze the actual acoustic properties of the room and synthesize the recommendations of the technical or design team for the formation of an optimal sound field. Until now, the number of stages of the acoustic examination, the procedure, the analysis of the results of each stage, and the list of recommendations are based solely on the personal experience of the specialist conducting the examination. Therefore, the examination process is very time-consuming, and its result is largely subjective.

The purpose of the work is to increase the degree of automation and reliability of acoustic examination by building a computer decision support system that would allow, based on certain initial conditions, to determine the optimal sequence of examination stages for a given application, as well as on the basis of the objective results obtained at each stage characteristics to provide certain recommendations for creating optimal acoustic properties.

### **FEATURES OF USING THE EASE SOFTWARE PACKAGE FOR SIMULATION SOUND FIELD OF CAR INTERIOR**

*V. Usyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Shchegolkov  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

Ease software package usually used to simulate the sound field of enclosed spaces or open spaces. Most often, the acoustic conditions of auditoriums, stadiums, cinema halls, meeting rooms, press centers, churches, etc. are modeled and studied. Today, the task of creating optimal conditions for listening to audio content in the

car interior is also an urgent task, which has its own peculiarities in the methodology of sound field synthesis, which has certain characteristics.

During the synthesis of the sound field in the closed space of the car interior, several important and special problems must be solved: soundproofing of the interior; choosing the optimal sound system; selection of locations of elements of the sound system; selection of electroacoustic transducers; determination of significant parameters for evaluating the sound field of the car interior; modeling, analysis and optimization of the sound field of the cabin.

In the conducted research, the authors created a model of the interior of the car. Materials selected for all surfaces taking into account noise insulation requirements (Table 1).

The analysis of the simulation results obtained at different frequencies allowed the authors to find a solution for the optimal location of the elements of the sound system and obtaining the selected characteristics.

Table 1. Used materials

| Material type                    | Material marking in the EASE 4.3 software package | Appointment  |
|----------------------------------|---|--|
| Fabric lining                    | MTSEAT FAB  | Front and back seats   |
| Plastic                          | PLASTIC   | Torpedo, central console, door elements                        |
| Glass                            | WIND GLASS  | Windshield, rear glass, windows in the doors, instrument panel |
| Velor lining of medium thickness | VELOR Med   | Roof, decorative elements in the doors                         |
| Thin velor lining                | VELOR LT  | Floor, central tunnel, rear shelf                              |
| Steel                            | STEEL   | Pedals   |
| Mirror                           | MIRROR  | Rear view mirror   |

## **ВИЯВЛЕННЯ НАДВОДНОЇ ЦІЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ РАДІОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА**

*А.А. Могіла, к.ф.-м.н., с.н.с.*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Автоматичне виявлення та пеленгування радіотеплового сигналу надводної цілі одне з важливих завдань пасивних засобів виявлення. Основна трудність тут пов'язана з відсутністю апріорних даних про потужність шумової завади, рівень якої також може змінюватися протягом часу, що відводиться на виявлення радіотеплового сигналу, а також з просторовою анізотропією шумових завад, величина яких може досягати значної величини. “Оптимальні” методи виявлення сигналів неприйнятні, оскільки вони вимагають апріорних даних про рівень потужності завад.

Нами розроблено контрастний метод виявлення, який полягає у порівнянні поміж собою вихідних сигналів цифрового інтегратора для двох різних

положень ДН антени, рішення приймається шляхом порівняння з порогом, який залежить від очікуваного контрасту температур. Виявляч радіотеплового контрасту складається з обчислювача вирішувальної статистики, адаптивного обчислювача порогового рівня, порогового пристрою та проміжного RAM. Якщо радіометричне зображення заповнене цілло використовуються виявляч, заснований на “усіченому” середньому. Запропонований метод полягає у попередньому ранжируванні оцінок, отриманих в еталонних елементах розрізнення ковзного вікна, з наступним вибором з них мінімальних та максимальних за рівнем. Решта вибірок використовуються для отримання оцінки невідомої потужності шумової завади шляхом підсумовування, а перші мінімальні для оцінки. Блок-схема цього виявника відрізняється від попереднього структурою обчислювача вирішувальної статистики. Отримано характеристики контрастного виявлення радіотеплового сигналу.

### **ПРО МОЖЛИВІСТЬ КЕРУВАННЯ БПЛА В УМОВАХ ШТУЧНИХ РАДІОПЕРЕШКОД**

*І.М. Миценко, д.ф.-м.н., с.н.с.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.;  
О.М. Роєнко, к.ф.-м.н., с.н.с.*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова  
Національної академії наук України*

Наразі найпоширенішим засобом протидії БПЛА є придушення радіосигналів, які використовуються оператором для його керування. В результаті дії такого придушення БПЛА втрачає зв'язок з оператором і не може продовжувати рух та виконувати поставлене перед ним завдання, навіть може впасти.

Одним із методів збереження працездатності БПЛА при виявленні штучних радіоперешкод є переведення його управління з основної на додаткову робочу частоту. У роботі цей метод пропонується реалізувати за допомогою блоку захисту, включеним між антенним блоком і входом приймача БПЛА.

За відсутності перешкод блок захисту пропускає прийняті ним сигнали керування прямо на вхід приймача БПЛА. У разі виявлення перешкод він видає команду на пункт керування для зміни основної на додаткову робочу частоту, при цьому прийнятий ним сигнал управління, переноситься на основну робочу частоту і лише потім передається на вхід приймача БПЛА. Такий спосіб дає можливість не перебудовувати приймач БПЛА.

Для можливості керування БПЛА й одночасного виявлення сигналів перешкод в даному методі пропонується використовувати пакетний режим управління. У проміжках часу між пакетами команд керуючий сигнал не випромінюється, що дає можливість блоку захисту виявляти сигнал перешкоди на робочій частоті. Частота повторення пакетів та їхня тривалість обирається таким чином, щоб не порушувався робочий режим БПЛА з урахуванням його тактико-технічних можливостей. Тимчасова координація всього блока захисту загалом здійснюється синхронізатором, який узгоджується із вхідними пакетами керівних команд, що надходять від оператора.

Розглянутий метод може бути використаний також і проти багаточастотних радіоперешкод.

## **АНТЕНА МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО РАДАРУ З РОЗДІЛЕННЯМ ЛІНІЙНИХ ПОЛЯРИЗАЦІЙ**

*В.В. Гламаздин; М.П. Натаров, к.ф.-м. н.;*  
*О.І. Шубний, к.ф.-м.н.; В.П. Мальцев, к.т.н.*  
*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова*  
*Національної академії наук України*

Для детального вивчення структури дощових хмар, розміру, і форми водяних крапель, швидкості і напрямку їхнього руху використовують метеорологічні радари у різних частотних діапазонах, у кожному з яких є переваги та недоліки. Тому при розробленні нового експериментального зразка такого радару необхідно досягнути якихось якісних характеристик, окремих або за їхньою сукупністю, що перевершують досягнути у вже відомих зразках. У даній роботі представлено результати проектування антени метеорадара, що працює у діапазоні 6,9-7,6 ГГц. Однією з вимог до антени є досягнення мінімальних розмірів та вартості при необхідних електричних характеристиках.

За основу антени використано готове параболічне дзеркало діаметром 1 м з фокусною відстанню 540 мм. На заданих частотах при вказаних розмірах у результаті комп'ютерних експериментів оптимальною виявилась побудова антени за прямо фокусною схемою. Розроблено компактний опромінювач у сукупності з компактним розділювачем лінійних поляризацій. Рівень перших бокових пелюсток у діаграмі спрямованості не перевищує -20 дБ. Рівень ізоляції між портами ортогональних поляризацій не гірше 40 дБ, а зворотні втрати по всім трьом портам опромінювача краще -20 дБ у заданому робочому діапазоні частот.

## **ОБЛАСТЬ КУТІВ ЦІЛЕЙ НАД МОРЕМ ЕФЕКТИВНО ВИМІРЮВАНИХ РЛС ЗА МЕТОДОМ ROOT-MUSIC**

*Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н. с.н.с.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.;*  
*М.Г. Резніченко; В.О. Зуйков*  
*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова*  
*Національної академії наук України*

Шляхом комп'ютерного моделювання досліджено точність вимірювань кутів місця маловисотних цілей над морем методом *root-MUSIC* у діапазоні кутів  $0.6...2.2 \Theta_{0.5}(\Theta_{0.5} = 1^\circ$  – ширина діаграми спрямованості 26-елементної антенної решітки Х-діапазону). Враховувалися як багатопроменеві завади (хвилюванні моря 1...4 бали), такі шуми в каналах РЛС на рівні від -10 до  $-\infty$  дБ по відношенню до прямого сигналу від цілі.

Встановлено, що при слабкому хвилюванні моря, тобто за низького рівня дифузного відбиття, висока точність вимірювань досягається при розмірності підпростору сигналів  $M$  у діапазоні  $M = 2 - 6$ , а у разі сильного хвилювання и, відповідно, високого рівня дифузного відбиття –  $M = 5 - 7$ . Незалежно від ступеня хвилювання моря, менші значення  $M$  слід використовувати за високого рівня шумів у приймальних каналах, збільшуючи їх у міру зростання відношення сигнал/шум. Значення порядку кореляційних матриць  $p$ , складених із сигналів, що приймаються елементами антенної решітки, слід вибирати з

діапазону

$p = 8 - 13$  за будь-якого ступеня хвилювання моря і рівня шумів.

Встановлено також, що в діапазоні кутів від  $0.6$  до  $1 \Theta_{0.5}$  метод *root-MUSIC* забезпечує значно вищу точність вимірювань порівняно з моноімпульсним методом. У діапазоні кутів від  $1$  до  $2 \Theta_{0.5}$  обидва методи демонструють значне зниження похибок вимірювання за збереження переваги методу *root-MUSIC*.

З урахуванням отриманих нами раніше результатів за нижчих кутів, можна зробити висновок про те, що область ефективного використання методу *root-MUSIC* простягається від  $0.25$  до  $2 \Theta_{0.5}$ .

## АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ НАВІГАЦІЇ ІЗ ФУНКЦІЄЮ ПРИДУШЕННЯ ПЕРЕШКОД

*С.І. Мельник, к.т.н., доц.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Класичний алгоритм роботи систем навігації із функцією придушення перешкод (СНФПП) забезпечує надійне придушення сигналів перешкод із відомим пеленгом. В умовах розміщення СНФПП на ЛА та невідомих апріорно пеленгах він не працює, оскільки засоби бортової системи управління ЛА не дозволяють реалізувати цей алгоритм в реальному часі.

У той самий час очікується, що потужність сигналу перешкоди зростає безупинно з наближенням до джерела (джерел) перешкод. Також можна очікувати, що за досить короткий час роботи одного циклу розрахунків пеленги джерел перешкод змінюються незначно та лінійно.

Сутність алгоритму адаптивного управління СНФПП полягає у використанні стійкого алгоритму стеження СНФПП за довільною траєкторією вектору пеленгів. Запропонований алгоритм вирішує проблеми класичного алгоритму роботи СНФПП:

- не вимагає апріорної інформації про пеленги джерел перешкод;
- не вимагає апріорної інформації про ДГ антенних модулів (і, тим самим, не залежить від ступеня їхнього взаємного впливу);
- не використовує значення несучої частоти сигналу і тим самим адаптивний до її зміни.

Як і будь-який алгоритм стеження, запропонований алгоритм перестав працювати при втраті цілі.

У цьому випадку передбачено застосування додаткового алгоритму відновлення контакту із умовною ціллю.

## АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ БПЛА В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ ПРИ НАЯВНОСТІ ШТУЧНИХ РАДІОПЕРЕШКОД

*С.І. Мельник, к.т.н., доц.; Ю.О. Педенко, к.т.н., с.н.с.;  
Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н., с.н.с.; Н.Г. Резніченко  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Радіоперешкоди штучного походження можуть призвести до втрати зв'язку з БПЛА та необхідності переходу в автономний режим польоту.

Однією з можливих задач автономного управління є локалізація джерела цих перешкод з метою його усунення. У зв'язку з цим постає задача розробки

нових простих алгоритмів пеленгації сигналу від згаданих джерел та подальшого управління БПЛА.

Для вирішення цієї задачі нами було розроблено систему автонаведення БПЛА на найбільш потужне з кількох джерел перешкод. Для цього на БПЛА треба розмістити спрощений аналог пеленгатора – систему антенних елементів, що дозволяє вимірювати фазово-амплітудні характеристики сигналу для його подальшої обробки.

Для оптимізації параметрів системи та попередньої перевірки можливості вирішувати поставлену задачу було розроблено комп'ютерну модель. В ній проаналізовано можливості використання системи антенних елементів, що складається з однієї центральної та 4-х симетрично розташованих щодо неї дипольних антен. Результати комп'ютерного моделювання підтвердили працездатність системи та алгоритму обробки даних при високому рівні внутрішніх шумів у приймальних каналах БПЛА та наявності кількох джерел радіоперешкод, що створюються штучним чином.

## **IMPROVING THE SAFETY OF UNMANNED AERIAL VEHICLE FLIGHTS DURING COMBAT MISSIONS IN URBAN ENVIRONMENTS**

*A. Biesova*

*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

As it is known, drones are a special type of aircraft that operate without human pilots on board. Therefore, an unmanned aerial vehicle (UAV) is an aircraft designed to fly without a human pilot on board. Its navigation and control are managed through a specialized ground control station located outside the aircraft itself. In turn, the main advantages of UAVs include their relative cost-effectiveness, speed of deployment, and maneuverability, allowing them to address a wide range of tasks in both civil and military sectors. The experience of widespread aggression from the Russian Federation indicates that one of the main features of combat operations is the extensive use of military drones by both opposing sides. This includes increasing their quantity and quality, equipping them with offensive capabilities, and deploying them massively on the battlefield. Given the significant improvement in the quality of digital cameras and their resolution due to the modern development of information technologies, one of the directions for using UAVs is battlefield monitoring, especially in urban environments. They are utilized for tasks that are not feasible or practical to be carried out by manned aircraft due to various reasons. These tasks include monitoring urban infrastructure and assessing damage caused by enemy UAV strikes, detecting fire hazards, providing swift delivery of cargo to hard-to-reach areas, and transporting casualties. The use of UAVs allows for rapid data collection and aerial footage in inaccessible and hazardous locations, fully automated.

Furthermore, it's important to note the increasing role of unmanned aerial systems in addressing combat tasks, such as detecting and neutralizing enemy air defense systems, targeting their weaponry, military equipment, and personnel, conducting aerial reconnaissance, and guiding artillery fire and adjusting fire support. The information obtained by UAVs is especially crucial as it reflects the actual situation and conditions in the area of combat operations. With this information, artillery units can swiftly deliver fire strikes against units located in the first and second echelons at fire positions, as well as against reserves. However, the use of a large number and various types of UAVs, controlled remotely by operator



commands or autonomously by software, increases the risk level of flights. Therefore, developing proposals to enhance the safety of UAV flights during combat missions in urban environments remains a relevant scientific challenge.

The report discusses various types of UAVs used in performing combat missions in urban environments, as well as their primary methods of application, including individual, group, and mixed usage. The focus is on the main tasks associated with UAVs, such as deploying and managing a group (swarm) of UAVs. The analysis of modern approaches and trends in the development of onboard navigation systems (BNS) is presented. It has been demonstrated that the primary way to enhance the functional efficiency of BNS is by endowing them with autonomy through the use of intelligent technologies such as data analysis based on machine learning and image recognition. It is shown that most tasks can be addressed using artificial intelligence technologies, particularly machine learning. It is argued that the use of artificial intelligence technologies will improve the quality of navigation and communication systems both among unmanned aerial vehicles and between UAVs and ground control stations, leading to an overall enhancement in the safety of UAV flights during combat missions in urban environments.

## **ДИЮЧИЙ МАКЕТ БАГАТОЧАСТОТНОГО КОГЕРЕНТНОГО РАДІОЛОКАТОРА ПІДПОВЕРХНЕВОГО ЗОНДУВАННЯ**

*Ю.Ф. Логвінов, д.ф.-м.н. с.н.с.; О.В. Букін, к.ф.-м.н.;*

*М.Г. Резніченко; О.В. Дробна*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Було розроблено та виготовлено макет багаточастотного радіолокатора підповерхневого зондування, або георадару, що працює в діапазоні частот: 500-1008 МГц.

Зондувальний сигнал георадара є послідовністю монохроматичних радіоімпульсів. Частота радіоімпульсів у цій послідовності дискретно збільшується на 4 МГц від початкового значення, що дорівнює 500 МГц, до кінцевого значення 1008 МГц. Загальна кількість частотних кроків дорівнює 128. На кожному частотному кроці відбувається радіолокаційне когерентне зондування безперервним сигналом. Вихідна потужність зондувального сигналу на кожному частотному кроці становить 10 мВт.

Основною перевагою представленого георадару перед подібними георадарами є те, що його приймальний тракт побудовано за супергетеродинної схемою з когерентним гетеродином та квадратурним детектором. Для оцифрування синфазного та квадратурного аналогових сигналів застосовано 16-розрядні АЦП. Для обробки отриманих даних застосовується пряме перетворення Фур'є. Динамічний діапазон приймача георадара дорівнює 90 дБ. Виміряна роздільна здатність георадару вільному просторі склала 28 см, що узгоджується з теоретичною, яка дорівнює 30 см.

Георадар призначено для використання у складі вимірювального стенду, на якому проводиться апробація методів радіолокаційного підповерхневого зондування.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ НВЧ-ДІАПАЗОНУ**

*С.А. Шабетя*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Сучасний розвиток магнітних пристроїв заснований на однорідних магнітних середовищах, збереженні інформації в яких виконують домени, шляхом їх взаємодії і спрямованого переміщення. Мала інерційність періорієнтації магнітних доменів забезпечує значну швидкодію. Висока рухливість та малі розміри доменів дозволяють на їх основі створювати різного роду функціональні засоби з великим обсягом пам'яті ( $10^9$ - $10^{10}$  біт), високими показниками щільності ( $10^8$ - $10^{10}$  біт/см) та швидкістю обробки інформації ( $10^6$ - $10^8$  біт/с).

В феритах атоми подібні до механічних вовчків. В них магнітний момент направлений по осі обертання. Приклавши змінне поле деякої частоти до кристала з постійним полем можливо досягти феромагнітного резонансу. Втрати енергії в кристалах на частоті феромагнітного резонансу максимальні. Ці втрати вважаються основою для селективного поглинання енергії високої частоти. З підвищенням якості магнітного кристала збільшується поглинання енергії і звужується смуга резонансу. Магнітний резонанс в феритах є основою принципу дії феритових надвисокочастотних (НВЧ) фільтрів. Ферити також застосовуються в обмежниках НВЧ - потужності.

Значні магнітні властивості речовин, що є складовою матеріалів електронних пристроїв військової техніки та зброї, досягаються при створенні потужних генераторів магнітних імпульсів. Зброя такого типу при належному застосуванні може за короткий проміжок часу вивести з ладу радіоелектронні системи ворога.

## **АКТИВНО-ПАСИВНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВНИХ СТАНЦІЙ КХ ДІАПАЗОНУ**

*О.В. Соболяк, к.ф.-м.н.; В.І. Луценко, д.ф.-м.н., проф.; І.В. Луценко, к.ф.-м.н.  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Наразі широке застосування при створенні літаків 5-го та 6-го покоління набуває комплекс методів, що отримав назву технологія "Стелс" зі зниження помітності бойових машин у радіолокаційному, інфрачервоному та інших областях спектру. Це дозволяє на 3...4 порядки знизити ЕПР літаків до  $10^3$ ... $10^4$  м<sup>2</sup> (для РЛС НВЧ та КВЧ діапазонів хвиль) і зменшити дальності їх виявлення у 5...10 разів. Проте, при довжині хвилі опромінюючого поля сумірній із розмірами літака підходи технології "Стелс" втрачають свою ефективність. Випромінювання мовних станцій КХ діапазону (на частотах 7...17 МГц і довжинах хвиль 42...17 м) можуть використовуватися для підсвічування повітряної обстановки та виявлення літальних апаратів, ЕПР яких у резонансній області становить сотні квадратних метрів. Для придрушення прямого сигналу станції підсвічування можна використовувати інтерферометричний принцип. Допплерівські зсуви частоти на резонансних

частотах розсіяння для літаків 5-го покоління не перевищують 70 Гц і лежать у діапазоні частот поблизу несучої, де інформаційні компоненти мовних станцій відсутні. Використання активно-пасивних систем з підсвічуванням довкілля сигналами мовних станцій КХ діапазону дозволить здійснювати моніторинг повітряного простору на дальностях до 10...20 км від приймальної станції. На відміну від систем НВЧ діапазону активно-пасивні системи, що використовують мовні станції іоносферної хвилі, мають суттєво більшу скритність та живучість, що робить їх використання актуальним і доволі перспективним.

### **ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ АКУСТИЧНОЇ РОЗВІДКИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКИ ПЕЛЕНГУ БПЛА ТА НИЗЬКОЛЕТЮЧИХ ВЕРТОЛЬОТІВ**

*О.В. Соболяк, к.ф.-м.н.; В.А. Єгоров, к.ф.-м.н.;  
С.А. Єгоров, д.філос.; В.І. Луценко, д.ф.-м.н., проф.  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

На сьогодні для вирішення широкого кола завдань все більшого значення набуває використання БПЛА та вертольотів на малих висотах польоту. Внаслідок малих значень ЕПР та висоти польоту традиційні методи їх виявлення є малоефективними. Водночас, ці об'єкти створюють достатньо великий рівень акустичних шумів, що може використовуватись в системах акустичної розвідки та попередження несанкціонованого доступу. Для виявлення сигнатур акустичних шумів БПЛА, вертольотів на тлі пасивних завад навколишнього середовища було створено 4-х канальний вимірювальний комплекс із мікрофонами INMP441, три з яких розташовані у горизонтальній площині на вершинах рівностороннього трикутника зі стороною 1,4 м, а четвертий на висоті 0,8 м над ними. Частота дискретизації прийнятого акустичного сигналу складала 24 кГц при 24 розрядах, що забезпечує можливість оцінки пеленгу і кута місця з похибкою не більше 1,5° та 3° відповідно. Дослідження шумів БПЛА самольотного типу показали, що енергійна частина спектру зосереджена на частотах від 200 Гц до 2 кГц. Спектр сигналу складається з безперервної та дискретної частин у вигляді набору дельтоподібних функцій, частотний рознос яких пов'язаний з обертами двигуна, а на значення частоти впливає напрямок переміщення БПЛА. Показано, що використання фільтра з полосою режекції 500..700 Гц дозволить зменшити рівень зовнішніх завад (шум вітру, дощу, тощо), які зосереджені в більш низькочастотній області, від 6 до 15 дБ.

### **ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ З ЗАТРИМАНИМ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ ДЛЯ СПОТВОРЕННЯ КАНАЛУ КЕРУВАННЯ ДРОНАМИ**

*О.В. Соболяк, к.ф.-м.н.; В.А. Єгоров, к.ф.-м.н.;  
С.А. Єгоров, д.філос.; В.І. Луценко, д.ф.-м.н., проф.  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Наразі широкого застосування знаходять дистанційно керовані дрони. Використання ЗРК для знищення цих об'єктів є економічно необґрунтованим, через їх низьку вартість. Тому для боротьби з ними наразі широко

застосовуються мобільні постановники завод, що випромінюють заводський сигнал в каналах керування (0,9 ГГц), супутникової навігації (1,5 ГГц) й передачі телевізійного зображення (2,4 ГГц та 5,8 ГГц). Зазвичай в якості заводи використовують випромінювання модульованого за частотою гармонійного, або шумоподібного сигналу. Оскільки сигнал заводи суттєво відрізняється за своїми характеристикам від корисного сигналу, то для придушення останнього потрібні достатньо великі потужності, що знижує ефективність цього засобу протидії. Для зменшення потужності заводового сигналу, необхідної для придушення сигналів керування, доцільно використовувати перевипромінені сигнали керування, відео та каналу ГНСС із затримкою від 300 до 500мс, оскільки в каналі керування дронів допустимі затримки сигналу до 0,1 с без порушення його роботи. Для реалізації системи можна використовувати SDR прийомо-передавачі типу: HackRF One. Діапазон частот яких складає 1 МГц...6 ГГц, АЦП 8 біт, а частота дискретизації до 20МГц. Доповнення Portapack дозволяє працювати з приймачем без комп'ютера. Для підвищення випромінюваної потужності використовуються підсилювачі. Записаний на інтервалі до 0,5 с і дискретизований з частотою 20 МГц сигнал потім випромінюється на тій самій частоті в зворотній послідовності для поліпшення ефекту придушення.

### **ШВИДКА ПЕРЕБУДОВА І СТАБІЛІЗАЦІЯ ЧАСТОТИ ІМПУЛЬСНИХ МАГНЕТРОНІВ**

*І.М. Мищенко, д.ф.-м.н., с.н.с.; О.М. Роєнко, к.ф.-м.н., с.н.с.  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова  
Національної академії наук України*

Багаторічне застосування імпульсних магнетронів в радіолокаційних системах призвело до розробки великої кількості способів їх перебудови і стабілізації частоти. Однак, питання швидкої перебудови і стабілізації частоти генерованих магнетроном електромагнітних коливань практично не розглядалися. Винятком є роботи, де описано досить складні пристрої для перебудови частоти імпульсного магнетрона з двома виводами, активним та реактивним.

Метою роботи є розробка методу і електронних пристроїв, що його реалізують, для швидкої перебудови і стабілізації частоти, включаючи внутрішньоімпульсну область.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні науково-технічні завдання:

- стабілізація генерованої магнетроном частоти з її швидкою перебудовою в інтервалі між імпульсами;
- внутрішньоімпульсна перебудова частоти (модуляція сигналом необхідної форми).

Зміна параметрів зовнішнього навантаження призводить до зміни як вихідної потужності, так і частоти генерованих коливань. При цьому активна частина опору, що вноситься в резонансну систему, впливає на вихідну потужність, а реактивна частина впливає на частоту. Для виконання поставлених завдань в роботі використовується швидка зміна реактивної частини внесеного опору. Досліджено вплив зовнішнього навантаження на частоту та потужність багаторезонаторного магнетрона з вихідним пристроєм та передавальною лінією.

Описано метод і пристрій для його реалізації, який дозволяє здійснювати швидку перебудову і стабілізацію частоти.

---

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОМИЛОК В ШВИДКОСТІ ТА ПОЛОЖЕННІ ЛІТАКА НА ДАНІ БОРТОВОГО РСА ЗА ДОПОМОГОЮ СИМУЛЯТОРА**

*В.М. Горобець, к.ф.-м.н.с., с.н.с.; О.Л. Коворотний; С.М. Зотов; М.І. Головка  
Інститут радіофізики та електроніки ім.О.Я.Усикова  
Національної академії наук України*

Бортові інтерферометричні радіолокатори з синтезованою апертурою вздовж траси (ІРСА) показали свою перспективність у картуванні з високою роздільною здатністю полів швидкостей поверхні, таких як поверхневі течії океану, та виявленні і відображенні цілей, що рухаються.

ІРСА оцінює радіальну швидкість між радаром і розсіювачем, що рухається, досліджуючи різницю фаз між прийнятими сигналами.

У цій роботі ми досліджуємо вплив помилок при вимірюванні швидкості та положення (крен, тангаж та ристання) літака на вимірювання фази ІРСА за допомогою чисельного моделювання. Кінцевою метою дослідження є визначення максимальної похибки вимірювання швидкості та орієнтації, яку можна допустити при бортових вимірюваннях ІРСА.

Для моделювання ІРСА даних був розроблений симулятор. Дані симулятора обробляються тим самим процесором, який використовується для даних, що збираються радаром. Симулятор являє собою часовий код, який моделює діаграму спрямованості антени, форму імпульсу, а також зміни швидкості та орієнтації платформи, на якій встановлено радар.

Результати досліджень показали, що домінуючою помилкою у чутливості до помилок швидкості та положення є помилка курсу.

## **ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ З ВІДДАЛЕНИМИ КОРЕСПОНДЕНТАМИ**

*В.Ю. Бовсуновський, к.т.н., доц.; С.О. Дупеліч, к.т.н., доц.; В.В. Дзюбенко  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Забезпечення якісного зв'язку з віддаленими кореспондентами в сучасній динамічній війні обумовлює необхідність ефективного застосування сил і засобів системи зв'язку в умовах часткової невизначеності.

Для цього застосовують інформаційні (автоматизовані) системи управління зв'язком, здатні забезпечувати підтримку прийняття рішень щодо визначення складу сил і засобів зв'язку на підставі збирання, аналізу й оцінювання інформації про можливості наявних сил і засобів зв'язку, а також обстановку в районі виконання завдань. Проте чинні експертні методи оцінювання обстановки мають суб'єктивний характер. Це часто призводить до прийняття помилкових рішень щодо визначення оптимального складу сил і засобів системи зв'язку в умовах недетермінованої обстановки.

Для вирішення зазначеного завдання запропоновано застосувати метод моделювання умов функціонування автоматизованої системи зв'язку із залученням загальних відомостей про можливості засобів зв'язку в районі виконання завдань за призначенням.

Запропонована модель умов функціонування автоматизованої системи зв'язку в умовах недетермінованої обстановки складається з п'яти модулів:

розрахунку складу автоматизованої системи; системи оцінки виконання завдань віддаленим кореспондентом; оцінки фізико-метеорологічних умов; оцінки радіоелектронної обстановки; розрахунку оцінки ефективності застосування автоматизованої системи зв'язку.

Реалізація запропонованої моделі на етапі прийняття рішення дозволить підвищити ефективність функціонування автоматизованої системи зв'язку в умовах недетермінованої обстановки.

## **ЗАСТОСУВАННЯ НАДШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ У РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ**

*Н.М. Карацук, к.т.н., доц.*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Для отримання більшої інформації із радіосигналу необхідно збільшувати ширину смуги пропускання (наприклад, для покращення роздільної здатності радіолокаційної станції за дальністю). Проте на практиці є межа збільшення смуги пропускання для вузькосмугових сигналів (межа покращення роздільної здатності радіолокаторів).

Вирішити цю проблему можна шляхом переходу до так званих надширокосмугових (НШС) сигналів. До речі, рівняння Максвелла не потребують застосування тільки синусоїдальних сигналів: достатньо змінного поля будь-якої форми.

Розглядається одна із можливих реалізацій отримання в дальній зоні несинусоїдального сигналу шляхом створення в антені імпульсу пілкоподібного струму.

Проводиться аналіз ефективного застосування частотно-незалежних антен (ЧНА) для випромінювання НШС сигналів. Зокрема вказується принцип створення із диполя Герца ЧНА та можливості застосування антенної решітки із диполей Герца.

Як приклад, проводиться пояснення формування діаграми спрямованості антенною решіткою, що складається із двох коаксіальних диполей Герца. Зроблено висновок про те, яким чином підбором кількості дипольних випромінювачів і їх взаємного розташування можна сформувати потрібну діаграму спрямованості системи випромінювачів.

Обґрунтовується принцип приймання, вибірковості (селекції) НШС сигналів.

Вказуються основні переваги застосування сигналів без несучої частоти у радіотехнічних системах цивільного і військового призначення.

Перераховані також труднощі, що виникають при застосуванні НШС сигналів.

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РАДІОУПРАВЛІННЯ EXPRESSLRS ТА TBS CROSSFIRE ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ**

*І.В. Пулеко, к.т.н., доц.; О.Л. Федяєв; І.М. Шестак*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

В сучасних умовах ведення війни зростає роль безпілотних роботизованих комплексів. Досвід ведення бойових дій свідчить про те, що найбільш вразливою частиною таких роботизованих комплексів є їх система

радіоуправління. Так, у багатьох випадках під впливом засобів РЕБ безпілотні літальні апарати та наземні роботизовані системи втрачають керуваність та не здатні виконувати бойові завдання. Однією з основних причин цього є відсутність спеціально розробленої захищеної радіолінії. У таких умовах розробникам доводиться застосовувати лише наявні у відкритому продажі радіосистеми управління і серед них найбільшою популярністю користуються системи виконані за технологіями ExpressLRS та TBS Crossfire, що застосовуються при управлінні до 30 км.

Порівняльний аналіз цих технологій показує, що обидві вони мають як переваги так і недоліки.

Перш за все слід відмітити, що ExpressLRS є відкритою системою радіоуправління, яка розробляється співтовариством як Opensource проект у той час як TBS Crossfire є пропріетарною системою, що накладає на неї ряд обмежень. Обидві технології використовують дозволені діапазони частот 868/915 МГц для збільшення дальності та забезпечення надійності управління.

У ExpressLRS використовується відкритий протокол передачі даних, що забезпечує його гнучкість та простоту технічної реалізації. TBS Crossfire використовує власний пропріетарний протокол передачі даних.

Таким чином, жодна з розглянутих технологій на сьогоднішній день не задовольняє вимоги стійкості радіоуправління під дією завад. Тому існує нагальна потреба в розробці спеціалізованої радіолінії управління.

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЦІЛІ НА ОСНОВІ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРА ORANGE PI**

*І.В. Пулеко, к.т.н., доц.; В.Л. Рукун; І.В. Свистунович  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

У багатьох практичних задачах виникає необхідність супроводження цілі за її зображенням отриманим від відеокамери. Це може бути, наприклад, автоматичне супроводження цілі з безпілотного літального апарата чи автоматичне наведення зброї при стрільбі.

Відомі на сьогодні теоретичні і технічні рішення цієї задачі використовують алгоритми штучного інтелекту та потребують потужних обчислювальних ресурсів, що негативно впливає на масо-габаритні показники апаратури та суттєво обмежує можливості їх застосування на полі бою. Тому авторами було взято за мету оптимізацію такої оптико-електронної системи наведення за критерієм мінімізації вартості та масо-габаритних показників при заданій дальності дії системи. У результаті досліджень було розроблено макет системи на основі одноплатного комп'ютера Orange Pi та відеокамери 5 Мп.

Одноплатний комп'ютер (SBC, single-board computer) Orange Pi – повністю самодостатній комп'ютер, зібраний на одній друкованій платі, на якій встановлені мікропроцесор, оперативна пам'ять, системи введення-виведення та інші модулі, необхідні для функціонування комп'ютера. На відміну від традиційних персональних комп'ютерів форм-фактора “desktop” (стандарти AT, ATX тощо), Orange Pi не вимагає встановлення будь-яких додаткових периферійних плат та значно дешевший за свого конкурента Raspberry Pi.

В подальшому планується вдосконалювати програмно-алгоритмічне забезпечення щодо збільшення дальності роботи системи та покращення якості супроводження на слабконтрастних та задимлених відеозображеннях.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЕНСАТОРІВ ЗАВАД ІЗ ОБРОБКОЮ СУМИ КОРИСНОГО ТА ЗАВАДНОГО ЧАСТОТНО МОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ АНАЛОГОВОГО ЗВ'ЯЗКУ**

*О.Р. Рихальський, к.т.н., доц.*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Традиційно для забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) радіоелектронних засобів (РЕЗ) вдаються до організаційних заходів, які мають на меті досягнення необхідного частотно-територіального рознесення між РЕЗ, здатних створювати завади один одному. Проте, ці заходи, будучи пасивними, не дозволяють досягати високої ефективності використання радіочастотного спектра. Тому доводиться застосовувати активні методи, залучаючи різного роду пристрої подавлення завад. Один із напрямків послаблення адитивних радіозавад передбачає застосування компенсаторів завад (КЗ). Вони особливо актуальні за надзвичайно великих рівнів завад. Для подавлення завад використовуються як одно – так і багатоканальні КЗ. Універсальні КЗ – це пристрої, що формують копію завади та віднімають цю копію від приймаемого сигналу, який містить корисний і завадний компоненти.

В доповіді розглядається структура оптимального КЗ для розділення ЧМ сигналів, який синтезований на основі теорії оптимального приймання неперервних сигналів та має два пристрої, які виконують віднімання (віднімачі), по одному на вході кожного каналу, і два синхронно-фазові детектори, що складаються із фазового детектора та генератора, керованого напругою. Атенуатори регулюються таким чином, щоб на їхньому виході амплітуди ЧМ сигналів дорівнювали амплітудам компенсовуваних сигналів. Дана модель КЗ реалізована з використанням програмного комплексу LabVIEW, який реалізує інтерактивний віртуальний фізичний експеримент по дослідженню властивостей і характеристик КЗ.

## **ПЕРСПЕКТИВНА МАЛОГАБАРИТНА РЛС РОЗВІДКИ ПОЛЯ БОЮ**

*С.Ю. Каменцев; І.М. Андреев; С.А. Мартиненко; В.В. Прокопенко, к.т.н.  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Ефективним інструментом інструментального забезпечення всепогодного, цілодобового моніторингу оточуючої обстановки в умовах відсутності оптичної прозорості приземного шару атмосфери є радіолокаційні засоби. Однак при лобних застосуваннях ключовими питаннями практичної ефективності РЛС є:

- дальність дії і точність вимірювання координат;
- маса і габарити апаратури;
- завадозахищеність;
- незалежність від швидкості руху цілі (включаючи нульову).

Практичними шляхами мінімізації маси і габаритів РЛС розвідки наземних цілей є:

- робота в міліметровому діапазоні (ММД) радіохвиль (в “вікнах прозорості” приземного шару атмосфери (36 або 95 ГГц));
- повністю твердотільне апаратне виконання;



– реалізація дальнісної (не більше 0,5 м) і доплерівської (не більше 300 Гц) роздільних здатностей;

– реалізація кутової роздільної здатності не більше одного кутового градуса.

Розрахунково-експериментальним шляхом підтвержені можливості виявлення наземної техніки (одиначні об'єкти) на дальність до 5 000 м, колони техніки на дальність до 10 000 м незалежно від часу доби, погоди (дощ інтенсивністю до 4 мм/год, туман з оптичною видимістю до 100 м, сніг з густиною до 0,35 мг/см<sup>3</sup>), що недосягаємо в оптичних і теплових каналах спостереження наземних цілей.

### **МЕТОД ПРОСВІТНОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЦІЛЕЙ, ЩО НИЗЬКО ЛЕТЯТЬ, В ГРАНИЦЯХ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

*А.М. Зубков, д.т.н., с.н.с.; С.Ю. Каменцев; Я.В. Красник;*

*В.А. Онищенко, к.т.н., с.н.с.*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Актуальність роботи обумовлена необхідністю пошуку науково-практичних шляхів забезпечення ефективного захисту від високоточної зброї повітряного базування об'єктів в межах міської інфраструктури.

Являє собою безсумнівно теоретичний і прикладний інтерес оцінка граничних можливостей методу “просвітної” радіолокації за дальністю виявлення маловисотних цілей з врахуванням енергетичних показників сигналів базових станцій сотового зв'язку.

Комплекс бар'єрного виявлення формує слабонаправлене поле радіолокаційного виявлення в сеніті “на просвіт”, а відеокамерою – паралельне оптико-електронне поле видимості з метою підвищення надійності виявлення цілі. При цьому в радіолокаційному каналі реалізується вищевказаний ефект максимізації ехо-сигналу в нижню напівсферу.

Гостро направлена антена опорного каналу орієнтована строго в напрямку базової станції сотового зв'язку. При цьому орієнтація слабоспрямованої антени повинно забезпечувати співпадання поляризації діаграми направленості з поляризацією діаграми спрямованості антени базової станції.

Інформація відеоспостереження з відеокамери разом з радіолокаційною інформацією, отриманою цільовим і просвітним каналами, поступає споживачу у вигляді відеозображення цілі.

### **ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ РОЗМІНУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

*В.М. Корольов, д.т.н., проф.; Я.Г. Заєць, к.т.н.;*

*О.В. Корольова, к.т.н., ст.д.; І.Б. Мількович*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

З початком російсько-української війни Україна стала найбільш замінованою країною у світі.

Існує потреба в створенні технології для прискорення ідентифікації мін, снарядів та кратерів від вибухів, де теж можуть міститися небезпечні уламки,

яка б базувалася на data-орієнтованому підході обробки даних за допомогою штучного інтелекту (ШІ) під'єданого до сенсорів.

Застосування ШІ дозволить ідентифікувати та класифікувати дані про об'єкти розміщені не лише на поверхні землі, а й на деякій глибині під нею, та автоматично наносити їх на мапу.

Таким чином розмінювання можна прискорити в десятки разів, і цей процес загалом стане безпечнішим для людей.

Процес розмінювання доцільно проводити за трьома етапами.

Перший – планування, який передбачає використання супутникових знімків та даних з кадастрів, для визначення ступеня замінування території.

Другий – візуальна оцінка на предмет наявності мін та вибухонебезпечних предметів. Територію обстежує дрон з камерою, а ШІ виявляє небезпечні об'єкти.

Третій етап – перевірка прихованого розташування вибухових предметів під землею, в траві та чагарниках, де використовують різноманітні сенсори.

Впровадження у технології розмінювання ШІ дозволить всім причетним до розмінювання структурам працювати в цій сфері більш ефективно, оперативніше аналізувати рішення та дії, поєднати їх із даними з додаткових джерел, корегувати їх, удосконалювати підходи до очищення українських земель, та загалом покращувати та прискорювати процеси розмінювання.

## **ПІДВИЩЕННЯ ДИНАМІКИ І БЕЗПЕКИ ІНЖЕНЕРНОЇ РОЗВІДКИ МІСЦЕВОСТІ НА ОСНОВІ НЕКОНТАКТНОГО ГЕОМОНІТОРИНГУ**

*А.М. Зубков, д.т.н., с.н.с.; А.Я. Онофрійчук; Ю.І. Сірий; М.В. Цицик  
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Ефективність гуманітарного розмінювання рішучим чином залежить від точності, динаміки і безпеки інженерної розвідки місцевості. Забезпечення сукупності вищеперахованих вимог можливе тільки при безконтактному моніторингу замінованої території. Одночасно інструмент інженерної розвідки повинен забезпечувати:

– мінімальні габаритові показники для доступу в любую точку замінованої території, включаючи будови і елементи їх архітектури, і допускати управління одним оператором;

– сканування взаємостовано за напрямком і взаємосинхронно за часом замінованої ділянки поверхні в міліметровому діапазоні (ММД) електромагнітних хвиль (ЕМХ) в режимах активної і пасивної (радіотеплової) локації для виключення впливу фізичних і геометричних властивостей формуютьючої поверхні міни на ефективність їх пошуку і місцевизначення;

– гнучку зміну структури і параметрів зондуючого сигналу в режимі активної радіолокації для адаптації під геометричний розмір міни;

– адаптивну зміну параметрів радіо теплового каналу для узгодження з цілефоновою обстановкою.

Сформульовані цілі досягаються:

– шляхом адаптивної перебудови параметрів міношукача під цілефонову обстановку;

– за рахунок адаптації часового контакту міношукача з міною (для досягнення максимуму енергетичного контрасту цілі).

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТОГО РЕЗОНАТОРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДІЕЛЕКТРИКІВ

*І.К. Кузьмичов, д.ф.-м.н. с.н.с.; О.А. Войтович, к.т.н., с.н.с.;*

*Б.І. Музичишин, к.ф.-м.н.; В.В. Завертаний*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова  
Національної академії наук України*

За останні десятиліття значно прискорився процес створення нових матеріалів, необхідних для використання в різних галузях. До них відносяться також і штучні діелектрики. Тому важливо мати апаратуру та методики для вимірювання їх електрофізичних параметрів.

Один із відомих способів вимірювання параметрів діелектриків – використання відкритих резонаторів (ВР).

В доповіді наведені результати чисельного моделювання параметрів ВР з використанням програми CST Studio Suite. Склад ВР: пласке квадратне дзеркало з розміром сторони 80 мм та відрізком надрозмірного прямокутного хвилевода (його використання призводить до суттєвого зрідження спектру коливань, що важливо для однозначної інтерпретації результатів вимірювань) і круглий сферичний відбивач діаметром 80 мм.

Основний тип хвилі у хвилеводі –  $TE_{10}$ . Порт збудження розташований на периферії сферичного дзеркала. Це необхідно для ефективного збудження у ВР типу коливань  $TEM_{20q}$ .

Обґрунтовано вибір відстані між дзеркалами для досягнення резонансу на вибраній частоті в межах  $V$  діапазону. За результатами розрахунків омічних добротностей вибрано конкретний тип коливань, на якому і проводяться дослідження. Це тип коливань  $TEM_{2026}$ .

Порівняння результатів розрахунків з даними вже проведених експериментів свідчить про те, що відносна похибка складає не більше 0,7%.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

*В.В. Салогор; О.В. Мокринський*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

В сучасних умовах розвиток засобів радіоелектронної боротьби значно пришвидшився. Електроніка стрімко розвивається, і багато провідних виробників, як іноземних, так і вітчизняних, переходять до пристроїв модульних схем. Основа системи, або платформи, може служити багато років, а передбачені мікропроцесорні модулі з кріпленнями та інтерфейси стандартизовані та можуть бути замінені на більш сучасні. Це дозволяє вдосконалювати техніку за рахунок заміни окремих блоків, а не всього комплексу.

Цей підхід до розробки електроніки має декілька переваг:

- сприяє ефективній заміні застарілих чи ускладнених блоків,
- забезпечуючи швидке оновлення системи після заміни,
- зменшує витрати на розробку нових комплексів, оскільки стандартизовані модулі можуть бути використані в різних додаткових пристроях.

Сучасне застосування засобів радіоелектронної боротьби дозволяє нейтралізувати безпілотні літальні апарати, збити з запрограмованого курсу ракету, яка оснащена GPS-модулем (включаючи реактивні снаряди з GPS-наведенням), встановити координати місць їх запуску з точністю до метра.

В залежності від потужності сигналу, який відається системою радіоелектронної боротьби, можуть створюватися цілі-імітатори, які з'являються на радарях противника. Мета даної функції – виявити та виснажити сили протиповітряної оборони.

На даний час науковці-інженери розробляють технології, які зможуть покращити аналіз електромагнітного сигналу засобів радіоелектронної боротьби. Система, з залученням штучного інтелекту, зможе аналізувати перехоплені радіохвилі отриманих даних та визначати можливі маневри ворожих ракет та дронів. Завдяки датчикам і сенсорам нового покоління, припускається можливість забезпечення високою швидкістю та ефективністю аналізу інформації, яка буде фіксуватись, та паралельно прораховуватись майбутній маршрут або напрям руху літаючого об'єкту.

## **APPLICATION OF COMPOSITE ELECTRET ELEMENTS WITH NANOPIEZOELECTRIC PHASE**

*A. Hasanov; A. Talibov*

*National Defense University (Baku, Azerbaijan)*

Promptly obtaining coordinates about ground objects is one of the important tasks of Geographic Information Systems for solving various combat tactical tasks. This information can be used in high-precision combat correlation-extreme navigation systems [1]. Information about topographical elements of the area is obtained in various ways, including remotely using unmanned aerial vehicles (UAVs) [2,3]. The efficiency of using a UAV depends to a large extent on the duration of the autonomous flight, which is directly related to the capacity and stability of the UAV's power supply. Therefore, the creation of high-capacity electric batteries is a very urgent task.

The paper presents the results of a study of the properties of an electret element based on fluorine-containing polymer matrices and a nanopiezoelectric phase of the lead zirconate-titanate family. Research shows that electrets made from compositions based on fluorine-containing thermoplastic polar polymers and ferropiezoelectrics are not stable.

To increase the electret potential difference of these composites, technologies have been developed for producing electret materials with high stability, electret potential difference and dielectric. The results obtained show that the electret potential difference in the case of preliminary plasma crystallization of electret elements for all piezophase structures is noticeably greater than that of electret elements not crystallized by electric discharge plasma.

The conducted studies show that preliminary crystallization of the electret element based on fluorine-containing polymer matrices and the piezoelectric phase of the lead zirconate-titanate-lead family increases the magnitude of the electret potential difference and its stability. This allows it to be considered a promising material for use as a highly efficient and high-capacity energy source for unmanned aerial vehicles and seismic piezoelectric sensors for military purposes [4-7].

References:

1. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
2. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs // Baku:“National Security and military knowledges.– 2021.– №. 3. – р. 14-24.  
<https://mod.gov.az/images/pdf/7440712d93276d13d09990c7a1e203ea.pdf>
3. Bayramov, A.A., Hashimov, E.G.: Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain // Defense Science Journal, 68(4), 343–346 (2018).  
<https://doi.org/10.14429/dsj.68.11623>
4. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.
5. Bayramov A., Hashimov E. Seismic location station for detection of unobserved moving military machineries //Journal of Management and Information Science. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 61-66.
6. Bayramov A. A., Hashimov E. G., Amanov R. R. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology //Geography and nature sources. – 2016. – С. 124-126.
7. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.

## **СЕКЦІЯ 16**

### **КОСМІЧНА ПІДТРИМКА ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ В ХОДІ ВІДБИТТЯ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ**

Керівники секції: підполковник Юдін С.О.;  
к.т.н. доц. підполковник Таран І.А.  
Секретар секції: пр. ЗС України Борцова М.В.

#### **SOFTWARE MODULE FOR DETERMINING THE RATIONAL LOCATION OF GROUND-BASED SPACE INFRASTRUCTURE OBJECTS**

*O. Shyt<sup>1</sup>; S. Yudin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Central Space Support Directorate of the General Staff  
of the Armed Forces of Ukraine*

A corresponding software module (hereinafter – the module) has been developed to implement the Methodology for the Rational Location of Ground-based Space Infrastructure Objects. The module was developed in the Python 3.9.5 programming environment using a set of packages of QGIS 3.34.2 (3.x) and implemented as a plug-in that can be launched from the QGIS geographic information system interface. A version of the module that will be integrated into ArcGIS is also being developed.

When launching the module, the user is prompted to enter the input data in a visual form, namely:

- set the target area (can be set by the user as a polygon on the map layer in the corresponding QGIS window or be loaded from an external valid source);
- specify restrictions (for example, not to place objects within large cities);
- set an approximation of the target characteristics and the method of initial placement of ground-based space infrastructure objects (automatic generation by the system or predefined placement from a valid source);
- select the target coordinate system;
- specify the results format.

The results of the module operation are displayed in the main QGIS window (as a layer of points), in the Python console for quick viewing, and, if necessary, are saved to a file in a format selected by the user. The time of the module operation during calculations (iterations) directly depends on the hardware configuration. When using a PC with 16 GB of RAM and an ARM processor (Apple M2), the operating time did not exceed 20 seconds for 200 optimization iterations.

The module can be used to calculate the rational coverage of a given area by the same type of objects with a given range.

## **СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ КОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН ЩОДО СТАТУСУ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ**

*Є.В. Карягін<sup>1</sup>; Р.М. Боднар<sup>2</sup>; О.А. Гаврутенко<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>Директорат цифрової трансформації у сфері оборони*  
*Міністерства оборони України;*  
*<sup>2</sup>Центральне управління космічної підтримки*  
*Генерального штабу Збройних Сил України*

Національна інституційна модель та правові норми, що регулюють космічну діяльність в Україні, в широких експертних колах визнається застарілою і такою, що не відповідає вимогам, продиктованим сучасними тенденціями в освоєнні космічного простору. За останні роки у світі сформована “нова космічна економіка”, основними гравцями якої є комерційні структури, річний обсяг якої в 2023 році перевищив 500 мільярдів доларів США. Космічні системи стали невід’ємною частиною інформаційної та комунікаційної глобальної інфраструктури. Космічні технології, продукти та послуги є глибоко інтегрованими й забезпечують значне підвищення ефективності застосування військової сили.

Критична залежність розвинутих країн світу від систем космічної інфраструктури робить їх новою цілью у разі військових конфліктів і при допорогових атак на потенційного противника.

У зв’язку з цим на Брюссельському саміті 2021 року НАТО визнано, що напади на космос, з космосу чи всередині нього становлять явну загрозу безпеці Альянсу та можуть призвести до застосування статті 5 Північноатлантичного договору. У грудні 2019 року НАТО офіційно оголосила космос окремим операційним доменом. Це спричинило перегляд доктрин та стандартів НАТО, а також запустило процес розробки та реалізації нових національних космічних, зокрема оборонних, стратегій по всьому світу.

Міністерство оборони України разом з Генеральним штабом Збройних Сил України в 2023 році розпочали роботу над розбудовою ефективної системи космічної підтримки операцій, розробкою Національної космічної стратегії та Космічної оборонної стратегії.

Національна космічна стратегія має об’єднати цивільну та оборонну сфери, окреслити принципи діяльності країни у рамках інтегрованого підходу для забезпечення та підтримки стратегічної автономії, наскрізного суверенного потенціалу, який забезпечить розроблення, будівництво, запуск та експлуатацію космічних систем. Окрім забезпечення військової переваги, космос має розглядатися як критична сфера, яка може сприяти зростанню економіки України, її повенній відбудові, надавати можливості для розширення технічного та дослідницького секторів України, а також створювати й підтримувати кваліфіковану робочу силу.

Космічна оборонна стратегія визначатиме, як будуть підтримуватись загальнонаціональні зусилля, щоб Україна стала одним із вагомих гравців у космосі, мала можливість захищати свої інтереси та забезпечувати свободу дій сил оборони у всіх п’яти операційних доменах. Визначатиметься інституційна модель, розподіл функцій для ефективна взаємодія на всіх рівнях військового управління, міжвідомчої та міжнародної співпраці у космічній сфері в інтересах національної безпеки та оборони. Вона також визначатиме головні пріоритети та напрями щодо реалізації космічних проектів і створення космічної техніки військового призначення та подвійного використання.

## **RATIONAL LOCATION OF GROUND SPACE INFRASTRUCTURE OBJECTS**

*I. Taran<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Larin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Kozlova<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification*

During the creation of the Space Support System of the Armed Forces of Ukraine, the task of rational location of ground space infrastructure objects (hereinafter – objects) on the territory of Ukraine or a given area arises. We consider a group of objects of the same type, while we believe that the objects have the same range of action. In this case, rational location means such location that provides full coverage of the given area with a minimum number of objects.

Approaches to paving the given area with objects of the same type are considered. For small areas of the earth's surface plane paving is used. In this case, the optimal paving is "regular" paving with hexagons; the positions of their centroids determine the positions of the objects. If the given areas are large, it is impossible to ignore the sphericity of the surface. If we ignore the difference between the geoid and the sphere, it is possible to use existing mathematical approaches for the uniform distribution of points on the sphere, for example, using the Fibonacci grid. If the given area covers a relatively small area of the geoid, it is possible to use geoinformation systems (GIS) paving tools. With the use of GIS QGIS, the territory of Ukraine was paved with polygons of the "hexagon" type in the USC-2000 coordinate system (CS) with a given constant step between the centers of the polygons (50 km). The coordinates of the centroids of the obtained polygons were converted into WGS-84 CS. The calculated distances between the centers of the polygons specified in WGS-84 on the geoid slightly differ from the given step, which indicates the rational (uniform) location of objects on the geoid within the given area when using QGIS tools and the USC-2000 CS. The problematic issues of using regular paving are that some part of the given area may not be covered near its borders by the objects' operating area, or the positions of objects (polygon centroids) may be outside the boundaries of the given area.

## **ANALYSIS OF CURRENT TRENDS IN IMPROVING SPACE SUPPORT TO MILITARY OPERATIONS**

*O. Havrutenko<sup>1</sup>; O. Rybachuk<sup>2</sup>; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Space Support Directorate of the General Staff  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

There is no doubt that now space systems have become an important factor in increasing the effectiveness and efficiency of forces. At the same time, space capabilities are increasingly integrated into modern military equipment, weapons and controls. In this case, a significant vulnerability appears – the deep integration of space capabilities into modern warfare creates the critical dependence on it. This led to a steady trend of a gradual shift of combat also into the space or into the so-called space domain, which is now considered as a completely equal physical sphere of



warfare, along with other traditional physical spheres: land, maritime and air domains. Therefore, planning and conducting modern military operations is impossible without taking into account their space component, and the formation of space forces to protect one's own interests in space is already a necessity.

High-altitude platform stations (HAPS) and space systems with a space segment consisting of a large number of small space vehicles (SV) of various purposes in so-called proliferated low Earth orbits (pLEO) with altitudes of no more than 2000 km are increasingly being considered as effective means of space support to military operations. HAPS are easily deployed, when needed, at altitudes from 20 to 50 km and are capable of providing military formations with surveillance or communications products and services similarly to SVs.

### **APPLICATION OF THE GENETIC ALGORITHM TO SEGMENTATION OF IMAGES FROM SPACE OPTIC-ELECTRONIC OBSERVATION SYSTEMS**

*T. Kalimulin; H. Khudov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The modern experience of the world's leading countries indicates an increased attention to surveillance using space systems. The main characteristics of space optical-electronic surveillance systems as a source of situational awareness based on the experience of the Russian-Ukrainian war are analyzed. The requirements of users of information from space surveillance systems regarding its completeness, reliability, accuracy and reliability are analyzed. It was established that the specified requirements require the use of appropriate methods of processing and segmentation of optical-electronic images.

The shortcomings of existing image segmentation methods from space optical-electronic surveillance systems are analyzed. The use of genetic algorithms is proposed to improve the quality of segmentation. The main hypothesis of the study was that the use of a genetic algorithm in image segmentation will allow to reduce the value of segmentation errors of the first and second kind.

The conceptual base of genetic algorithms was analyzed, such concepts as individuals, population, chromosome, crossing operations, mutations, target function, etc. were clarified. The main advantages of the genetic algorithm are noted, namely: parallelism of calculations, focus on the search for a global extremum, independence from a priori information about the initial parameters, convergence and stability of work, etc.

The work of the genetic algorithm for finding the extremums of the main test functions: the sphere (also known as the de Jong function), Rastrygin and Schwefel functions has been practically verified.

It has been established that the genetic algorithm is successfully applied to find the extrema of the main test functions. This, in turn, makes it possible to use a genetic algorithm for segmentation of images from space optical-electronic surveillance systems.

In further research, it is necessary to clarify the conceptual base of genetic algorithms, taking into account the features and conceptual base of the image segmentation process.

## **FEATURES OF OBJECTS OF THE INTEREST IN IMAGES FROM SPACE OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEMS BASED ON THE EXPERIENCE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*H. Khudov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;*

*O. Makoveychuk<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences;*

*I. Butko<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences;*

*I. Khizhnyak<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Academician Y. Bugay International Scientific and Technical University*

The main source of information to improve the quality of situational awareness is the use of space support groups in the context of the Russian-Ukrainian war. Data for space support teams is obtained from space surveillance systems, mainly optical-electronic.

The image from space optical-electronic surveillance systems was analyzed on the eve of and during the large-scale invasion of the armed forces of the Russian Federation into Ukraine. The main features and signs of objects of the interest in the image are revealed.

It has been established that images from space optical-electronic surveillance systems are complexly structured. Objects of the interest in such images have features, namely: objects in the images belong to various structural and spatial elements, are morphologically complex structures, compact and low-contrast compared to the background, and each type of object has its own significant characteristics that must be taken into account in the presence of a large number of heterogeneous objects.

The features of objects of interest for ensuring combat operations in different terrain (open areas, urban areas, hydrographic areas, mountainous areas, etc.) are considered.

The specified information is the input for decrypting images from space optical-electronic surveillance systems.

## **WAYS OF IMPROVING INFORMATION SUPPORT IN THE SPACE SUPPORT SYSTEM OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE THROUGH CLOUD TECHNOLOGIES**

*O. Vorobiov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Kozlova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The space support system (SpSS) of the Armed Forces of Ukraine provides for supplying necessary data obtained from space systems. Creation of a single information space for all types of data ensures organization of the interaction of all data sources on the basis of a single information system (IS).

The study of the current state of the ISs of the defense sector of Ukraine makes it possible to conclude that before the full-scale invasion of the Russian Federation, each subject of the defense forces has built its own separate IS. Such systems are technologically similar in the construction of platforms, but have different tasks and differ in technical implementation. The disadvantage of this is the lack of a single software-and-technical platform, which leads to the impossibility of meeting the requirements for unification, standardization, and scaling, and when a new complex information protection system is built, it leads to significant costs both at

commissioning and in monitoring of the life cycle stages of the ISs. One of the contradictions in the construction of the ISs is the use of space observation data in them, which in the form of images require significant amounts of memory. This, in turn, leads to a load on the database servers of the IS, making it difficult to access data quickly. This contradiction can be solved by introduction of the latest technologies of data storage and exchange.

The purpose of the study is to determine ways to improve information support as a component of the SpSS of the Armed Forces of Ukraine. The introduction of the latest information storage and distribution technologies, which are built on cloud computing, will allow reducing the number of resources involved in the exchange of disparate information, and ensure effective real-time management.

### **THE PROBLEM OF DETERMINING THE ORDER OF INFLUENCE ON THE ADVERSARY GROUND SPACE INFRASTRUCTURE OBJECTS DURING OFFENSIVE SPACE CONTROL**

*O. Vorobiov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Kozlova; O. Bepalko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of combat operations in the course of the full-scale aggression of the Russian Federation (RF) against Ukraine shows that on the battlefield the main factor of success is not the number of troops (forces), weapons and military equipment, but technological superiority over the enemy, the ability to wage a new type of war, with the use of high-precision weapons, the use of information from the air and space components of combat support and the use of unmanned aerial vehicles as means of reconnaissance and destruction.

In space activities, Ukraine significantly loses to the RF, which, according to the "Secure World" Foundation, has since 2010 begun the restoration of many space programs from the "Cold War" era and the deployment of new programs for space awareness and countermeasures against foreign space vehicles. To carry out space support operations (combat operations), the Defense Forces of Ukraine mainly use services provided by partner countries and foreign commercial space portals. One of the urgent tasks to reduce the imbalance of forces in space support operations (combat operations) between Ukraine and the RF may be to reduce the space capabilities of the aggressor country due to offensive space control measures.

Today, the fundamental components of NATO's space capabilities are: space situational awareness; increasing combat capabilities through the use of space and control of outer space. In turn, control of outer space involves offensive and defensive control of outer space. NATO Standard AJP 3.3 defines that offensive operations are aimed at the adversary's space capabilities using a variety of means and may include actions to mislead, disrupt, deny intentions, degrade or destroy elements of the adversary's military-space capabilities.

Recently, with the development of self-produced long-range weapons and the possible acquisition of these weapons from partner countries, the Defense Forces of Ukraine have the opportunity to attack (damage) ground infrastructure facilities that participate in space support operations (combat operations) of the Russian Armed Forces. In this regard, the task of determining the order of influence on the objects of the enemy's space infrastructure during the conduct of offensive space control measures can be considered urgent.

## **SOLVING PROBLEMATIC ISSUES AT RATIONAL CONSTRUCTION OF A NETWORK OF CONTROL AND CORRECTION STATIONS**

*S. Logachov, Candidate of Technical Sciences;  
I. Taran, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Ye. Zhylin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

From the experience of combat operations of the Armed Forces of Ukraine in the course of repelling the armed aggression of the Russian Federation, it has become obvious that in modern warfare qualitative and reliable positioning, navigation and timing (PNT) is one of the key factors of successful military operations.

One of the ways to enhance the operation characteristics of navigation system to ensure accuracy, reliability, availability is the use of differential correction systems. The essence of most differential correction methods consists in taking into account by the navigation equipment different kinds of corrections received from alternative sources. The sources of correction information are control and correction stations (CCS), the reference coordinates of which are known with high accuracy.

When building a rational structure of the network of control and correction stations by solving the problem of regular paving, a problematic issue arises due to the fact that a part of a given area near its boundaries may not be covered by the CCS coverage zones, or they may be outside the given area.

One of the ways to solve this problem can be a partitioning of the metric space defined by distances to a given discrete set of isolated points of this space, namely Lloyd's relaxation, Voronoi iterations.

## **ASSESSMENT OF THE CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIVITIES IN THE DEOCCUPIED AND FRONTLINE TERRITORIES ACCORDING TO THE DATA OF IMAGERY INTELLIGENCE**

*O. Solonets<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; O. Kulahin<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;  
<sup>2</sup>M.Ye. Zhukovskiy National Aerospace University  
"Kharkiv Aviation Institute"*

In the course of repelling and deterring armed aggression of the Russian Federation on the territory of Ukraine, the vital necessity of using modern high-tech solutions in all spheres of defense was once again confirmed. In particular, the space industry has demonstrated its high efficiency in providing high-quality communication and access to the Internet, accurate geolocation data and ultra-high resolution imagery intelligence data. The quality of information support of the Ukrainian defense forces directly depends on the quality of aerospace data, products and services provided by partner countries with technologically advanced aviation and space industries.

The report analyzes the directions of using imagery intelligence data in planning and during combat operations, as well as during stabilization operations of the troops. The urgency of solving the task of assessing the consequences of the military activities of the Russian occupying forces in the de-occupied and near-front territories based on observation data has been determined separately. The results of such an assessment are extremely necessary for planning engineering reconnaissance

activities, conducting search and rescue operations, and documenting the aggressor's crimes.

A method of rational combination of imagery intelligence data obtained with the help of space systems and unmanned aerial systems is proposed. The technical characteristics of advanced space systems and unmanned aircraft complexes are analyzed.

## **APPLICATION OF CUDA TECHNOLOGY FOR SATELLITE IMAGE PROCESSING**

*M. Bortsova<sup>1</sup>; S. Bezverkhyi<sup>1</sup>;*

*Ya. Kozhushko<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment  
Testing and Certification*

Nowadays it is impossible to conduct combat operations without using satellite data of imagery intelligence. The volumes of images received by decision-making centers grow constantly, while processing algorithms become more and more complicated. As a result time expenditures necessary for decision-making increase considerably.

To speed up the calculations the technologies of parallel computing on graphics processing units (GPUs) are often used. The most popular representative of the class is the GPU CUDA (Compute Unified Device Architecture) that was for the first time introduced by the NVIDIA Company as far back as 2007. The trouble arising at coding with CUDA is that the GPU cannot access the memory of the central processing unit (CPU) directly. Thus to perform computing on the GPU CUDA it is necessary to copy data from the CPU memory to the GPU memory, and then copy back the results from the GPU to the CPU. Memory copying is a rather time-consuming operation. As practice shows, at executing the simplest image processing methods data exchange between the CPU and the GPU can take even more time than the image processing proper. As a result, in some cases it appears that application of CUDA technology becomes unreasonable, as executing the same operations on the CPU appears faster.

The report regards general principles of satellite image processing with application of CUDA technology. Relations between the time required for data exchanges between the CPU and the GPU and the time necessary for applying some simplest image processing algorithms (namely, linear and non-linear filtering) are analyzed for the images of various sizes.

## **ПРОПОЗИЦІЯ ЩОДО РОЗГОРТАННЯ СИСТЕМИ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ КОСМІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НАТО**

*I.A. Беспалко<sup>1</sup>, к.т.н.; Д.М. Випорханюк<sup>1</sup>;*

*М.П. Романчук<sup>1</sup>, к.т.н., ст.д.; С.В. Ковбасюк<sup>2</sup>, д.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;*

*<sup>2</sup>Державний університет "Житомирська політехніка"*

Відбиття широкомасштабної російської агресії та відновлення територіальної цілісності України силами безпеки та оборони України, насамперед – Збройними Силами (ЗС) України, здійснюється з використанням

широкої номенклатури озброєння, військової та спеціальної техніки (ОВТ) країн НАТО та Європейського Союзу.

На теперішній час у провідних країнах світу створені або створюються космічні сили (війська), основним завданням яких визначена космічна підтримка (space support) операцій (бойових дій) об'єднаних угруповань військ (сил).

Відповідно до військового стандарту ВСТ 301.004:2023(01) "Операції, бойові дії. Повітряні та космічні операції" (STANAG 3700 Ed. 8 / AJP-3.3 Ed. B "Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations", IDT) космічна підтримка включає всі дії, які забезпечують спроможності через космос для підтримки операцій НАТО.

У доповіді розглянуті структура, зміст і основні завдання космічної підтримки операцій НАТО, обґрунтовуються пропозиції щодо розгортання системи космічної підтримки сил оборони України у складі функціональних підсистем: космічної ситуаційної обізнаності (space situational awareness, SSA); космічної розвідки (space-based intelligence, surveillance, and reconnaissance, ISR); космічного моніторингу довкілля (environmental monitoring); супутникового зв'язку (satellite communications, SATCOM); координатно-часового та навігаційного забезпечення (positioning, navigation, and timing, PNT); контролю космічного простору (space control).

## **ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ТА СКЛАДУ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ**

*І.А. Беспалко<sup>1</sup>, к.т.н.; Д.М. Випорханюк<sup>1</sup>;*

*Д.Л. Федорчук<sup>1</sup>, к.т.н., ст.д.; Д.В. Пекарець<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;*

*<sup>2</sup>Секція прикладних проблем Президії Національної академії наук України*

Космічна підтримка сучасних операцій (бойових дій) угруповань військ (сил) набуває все більшого значення з огляду на поширення застосування (використання) космічних технологій військового й подвійного призначення у системах озброєння та військової техніки для суттєвого підвищення їх бойових можливостей. Це вимагає створення та організації функціонування системи космічної підтримки сил оборони України як відповідної організаційно-технічної структури у складі спеціальних програмно-технічних засобів і персоналу з необхідною підготовкою.

З урахуванням досвіду організації космічної підтримки операцій (бойових дій) провідними державами світу у доповіді запропоновано загальну структуру та склад програмно-технічних засобів системи космічної підтримки сил оборони України, що повинна складатися з наступних компонент: космічної ситуаційної обізнаності; космічної розвідки; супутникового зв'язку; координатно-часового та навігаційного забезпечення; космічного моніторингу довкілля; контролю космічного простору; раннього попередження про ракетну небезпеку.

Функціонування спеціальних програмно-технічних засобів у складі системи космічної підтримки сил оборони України за єдиним програмно реалізованим алгоритмом здійснюється з використанням спільної інформаційно-комунікаційної системи, баз даних та архівів космічної інформації. Склад програмно-технічних засобів та їхні функції можуть варіюватися та нарощуватися відповідно до потреб сил оборони України та завдань, що на них покладаються.

## **МОЖЛИВОСТІ ЗАЛУЧЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ГРАНТІВ ДЛЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ОБОРОННИХ РОЗРОБОК**

*О.А. Гаврутенко; О.О. Малишев, к.ю.н.  
Центральне управління космічної підтримки  
Генерального штабу Збройних Сил України*

Роль науки, сучасних технологій та інновацій у контексті екзистенційної війни проти російського агресора неухильно зростає. Так само важливо для їх розвитку залучати всі можливі внутрішні та зовнішні ресурси.

Водночас досі, попри найбільшу з часів Другої світової війни війну в Європі та зростання геополітичної напруги, провідні грантові програми, фонди та агенції продовжують офіційно дистанціюватись від оборонної тематики.

Україна намагається змістити акценти наукових пріоритетів Європи в бік вирішення, в першу чергу, безпекових проблем. З 2024 року Збройні Сили України мають свого представника в Програмному комітеті найбільшої в Європі грантової програми “Горизонт Європа” за кластером “Цифровізація, промисловість, космос”.

В доповіді розкриті можливості та механізми співпраці наукових установ та дослідницьких центрів системи Міністерства оборони України з європейським дослідницьким простором по лінії “Горизонту Європа”, що також відкриває перспективи доступу українських науковців до грантових можливостей, які надають Генеральний директорат Єврокомісії DEFIS (Оборонна промисловість для космосу), Внутрішній фонд безпеки (Internal Security Fund) Європейський оборонний фонд (European Defence Fund) та інші європейські та світові організації.

## **МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ БАЗ ГЕОДАНИХ З МЕТОЮ КОМПЛЕКСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

*С.І. Болобан, к.т.н., с.н.с.; М. М. Чуджановський  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Ефективність виконання бойових завдань значною мірою визначається своєчасністю, повнотою та достовірністю даних про противника. До того, динаміка сучасного бою, що характеризується швидкоплинністю подій, високою мобільністю засобів потребує постійного та оперативного оновлення інформації, що поступає з різних джерел та має різну структуру та повноту. Крім цього, необхідно знати не тільки бойові можливості противника але й мати дані, що дозволяють отримати цілісну та реальну картину стану місцевості та її вплив на ведення бойових дій.

Комплексування даних про противника, отриманих з різних джерел, та даних про місцевість театру ведення бойових дій реалізується, при сучасному підході, через можливості автоматизованих геопросторових інструментів, ядром яких звичайно є геоін-формаційні системи (ГІС). ГІС дозволяють не лише прискорити обробку геопросторових даних, а й підвищити надійність ситуаційної поінформованості військ. Основою сучасних ГІС є спеціалізовані геореляційні або об'єктно-орієнтовані бази геоданих (БГД). Наповнення БГД інформацією вимагає не лише організації її збору, як з відкритих джерел так і від органів добування, а також пошуку шляхів формування раціональної

організації даних в БГД. Таким чином, побудова БГД з метою комплексування інформації є окремим завданням створення сучасних військових ГС.

Пропонована методика створення БГД з метою комплексування інформації використовує системний підхід, в рамках якого з початку проведено декомпозицію комплексу робіт з визначення цілей, завдань, структури, наповнення та складу БГД, способів та основних прийомів дій при її створенні, далі на основі отриманої декомпозиції сформовано методику, для оцінки ефективності якої проведене функціональне та натурне моделювання процесу створення БГД та самої БГД.

## **ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ЦІЛЕЙ**

*Д.Л. Федорчук, к.т.н., ст.д.; М.П. Романчук, к.т.н., ст.д.;  
Л.М. Наумчак; О.М. Наумчак  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Вторгнення рф в Україну спричинило глобальну безпекову кризу. Збройні Сили України потребують вдосконалення військових спроможностей і технологій. Досвід сучасних війн спонукає провідні країни зосереджувати зусилля на розвитку технологій спостереження, зокрема й космічного. Війна в Україні підтверджує важливість використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) при вирішенні цілої низки завдань: від забезпечення вогневого ураження, планування заходів передислокацій військ до планування оборонних, наступальних операцій. Оскільки оперативність прийняття рішень усіма ланками управління залежить від достовірності та своєчасності надання оброблених даних ДЗЗ, актуальним лишається завдання автоматизації цього процесу.

Космічна апарати видового оптико-електронного знімання забезпечують найкраще просторове і спектральне розрізнення, а отже і на інформаційну продуктивність даних ДЗЗ. Обмеженням їх використання в будь-який момент часу є вплив хмарності. Отже, реконструкція зашумленої хмарами інформації є актуальною задачею в обробленні даних ДЗЗ.

У доповіді розглянуто сучасні підходи до рішення проблеми підвищення оперативності та достовірності оброблення даних ДЗЗ за рахунок вирішення актуального завдання видалення хмарності з космічних знімків. Зокрема комплексне застосування нейронних мереж може підвищити оперативність та достовірність оброблення даних ДЗЗ при вирішенні завдань оброблення космічних знімків в інтересах забезпечення обороноздатності.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ДЕТЕКТОРА АНОМАЛІЙ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

*І.В. Пулеко, к.т.н., доц.; Ю.Л. Бондаренко, к.т.н.; В.Б. Ревенко, к.т.н., доц.  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Методи штучного інтелекту знаходять все більшого використання, як у повсякденному житті, так і у військовій сфері. Не є винятком і задачі управління космічними апаратами (КА), однією з яких є аналіз телеметричної інформації (ТМІ).



Телеметрична інформація КА має свої особливості, які впливають на можливості по застосуванню методів машинного навчання для її аналізу.

Серед них:

Порівняно невеликий обсяг даних. Незважаючи на те, що КА можуть генерувати досить великі обсяги телеметричних даних, як правило їх недостатньо для проведення якісного навчання.

Різні частоти дискретизації. Деякі параметри КА можуть вимірюватися з високою частотою дискретизації, в той час як інші з низькою, що висуває різні вимоги до аналізу в реальному часі та врахування динамічних змін.

Наявність помилок. ТМІ може мати помилки, що зумовлені різними внутрішніми та зовнішніми факторами.

Наявність аномалій та несправностей. Саме обробка та аналіз ТМІ надає інформацію про технічний стан борту.

Тому задача побудови детектора аномалій ТМІ на основі машинного навчання є нетривіальною. Класичні методи машинного навчання (класифікація, кластеризація, регресія, штучні нейронні мережі) тут мають обмежене використання і частіше застосовуються до окремих параметрів. Також, можливість і якість розв'язання задачі для всього КА цілком чи його окремих систем напряму залежить від правильності математичної постановки та наявності достатньої кількості прикладів для навчання.

## **МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ ВИСОКОЇ ПРОСТОРОВОЇ РОЗРІЗНЕННОСТІ**

*С.І. Болобан, к.т.н., с.н.с.; Т.В. Льчук*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Бойові дії істотно впливають на відбивні та випромінювальні характеристики навколишнього середовища. Одним із проявів такого впливу є поява високотемпературних об'єктів (ВТО) на поверхні Землі. Такі аномалії температури пов'язані із застосуванням ракетних засобів ураження, артилерійського вогню засобами крупного калібру, безпілотних ударних комплексів тощо. Виявлення ВТО може спростити вирішення задач визначення місць старту ракетних засобів, позицій артилерії, аналізу результатів ураження об'єктів противника власними засобами тощо.

Одним з підходів щодо виявлення ВТО на земній поверхні є застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу. Класичні методики виявлення ВТО базуються на порівнянні та аналізі випромінювальної здатності елементів місцевості у середньому та тепловому діапазонах оптичної ділянки електромагнітного спектру. Такий підхід характерний при застосуванні даних багатоканального знімання з космосу середньої та малої просторової розрізненості, в складі яких є канали, що реєструють випромінювання на ділянках з довжинами хвиль біля 3 та 12 мкм.

Особливістю сучасних даних ДЗЗ високої розрізненості є відсутність, в більшості випадків, в складі знімальної апаратури датчиків середнього, теплового або відразу обох ділянок оптичного спектру. В такому випадку потрібно шукати нові підходи щодо виявлення ВТО з використанням лише

наявних в складі датчиків ДЗЗ каналів знімання. Пропонована методика базується на комплексному застосуванні різних методів кластеризації зображень (а саме, методів класифікації та спектральних перетворень) з використанням прямих та непрямих ознак, що дозволяє виявляти відмінності в відбивних та випромінювальних характеристиках місцевості та ВТО.

## **МОНІТОРИНГ ІНОЗЕМНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО ПОЛІГОНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РЕЄСТРАЦІЇ ОКРЕМОЇ ТРИКОМПОНЕНТНОЇ СЕЙСМІЧНОЇ СТАНЦІЇ**

*Ю.О. Гордієнко, к.т.н.; А.О. Салій; В.В. Лобода  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Вихід рф з договору про обмеження ядерних випробувань доводить актуальність питання щодо моніторингу іноземних випробувальних полігонів. В Україні завдання контролю за дотриманням вимог міжнародних договорів України про обмеження та заборону випробувань ядерної зброї (ЯЗ), випробуваннями ЯЗ на іноземних випробувальних полігонах (ІВП) покладено на Головний центр спеціального контролю (ГЦСК) Державного космічного агентства (ДКА) України. Модернізація сейсмічних засобів спостереження, передачі та обробки вимірювальних даних, перехід на цифрову обробку інформації, яка проводиться у ГЦСК, дозволяють перейти на якісно новий рівень моніторингу сейсмічної обстановки. Основна тенденція виявлення сейсмічної події у автоматичному режимі полягає у використанні відносно простих процедур обробки вимірювальних даних при збільшені щільність мережі сейсмічних спостережень. Територіальна обмеженість мережі сейсмічних спостережень ГЦСК зумовлює необхідність розробки методологічних засад вирішення завдань сейсмічного моніторингу окремими пунктами спостереження на яких встановлені трикомпонентні сейсмічні станції (ТКСС). В доповіді наведено результати аналізу методів обробки вимірювальних даних трикомпонентного сейсмічного запису та запропоновано варіант реалізації безперервного моніторингу ІВП на основі застосування поляризаційно-часової моделі очікуемого сейсмічного сигналу за результатами спостережень окремої ТКСС.

## **МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ ШТУЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА РАДІОЛОКАЦІЙНИХ КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ХИБНИХ КОЛЬОРІВ**

*В.А. Миклуха<sup>1</sup>, д.філос.; І. О. Ганієва<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;  
<sup>2</sup>Центр геопросторових даних ЦУКП ГШ ЗСУ*

Аналіз ведення бойових дій на території України свідчить про необхідність отримання достовірної та своєчасної розвідувальної інформації про противника. Одним з основних джерел отримання такої інформації є космічні системи розвідки. В інтересах Збройних Сил України активно використовуються матеріали знімання оптико-електронних та радіолокаційних космічних систем.

Актуальність використання радіолокаційних матеріалів знімання полягає в їхній важливості для виконання задач в інтересах збройних сил.

Радіолокаційні знімки використовуються для виявлення об'єктів, які на оптико-електронних знімках виявити тяжко у зв'язку з низкою факторів (маскування, збігання фонів підстилаючої поверхні і об'єкта та інші). Проте у зв'язку з меншими темпами розвитку технологій роботи з матеріалами радіолокаційного знімання виникає питання щодо використання різних методик та алгоритмів покращення роботи з радіолокаційними знімками.

В роботі запропоновано методику обробки радіолокаційних знімків з використанням штучних кольорів. У багатьох випадках використання кольору передає додаткову інформацію про об'єкт спостереження, або дозволяє чітко його виявити на знімку. Тому запропонована методика дозволяє підвищити оперативність виявлення штучних об'єктів на радіолокаційних знімках з використанням хибних кольорів.

Оперативність отримання інформації про об'єкти противника дозволить якісно планувати проведення бойових операцій своїх підрозділів та операцій по ураженню засобів противника.

### **ПІДХІД ДО ВІДНОВЛЕННЯ СУПУТНИКОВИХ ФОТО ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ СИСТЕМИ MATLAB**

*А.П. Мельник*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

На сьогодні, як і з початком російської агресії десять років тому, вкрай гостро стоїть питання отримання оперативної та достовірної розвідувальної інформації щодо діяльності ворога в режимі часу, наближеного до реального. Важливу роль у виконанні цього завдання відіграє космічна розвідка.

Автором розглядається підхід до відновлення зображень, отриманих від космічних систем розвідки з використанням системи MATLAB, що включає в себе різні методи оброблення зображень та обчислень, що дозволяють покращити якість та деталізацію отриманих зображень. До основних методів відновлення слід віднести:

– використання алгоритмів, таких як фільтр Wiener або адаптивне фільтрування, що дозволить ефективного приглушувати шум на зображенні, який може бути присутнім через обмеження сенсорів або умови зйомки;

– використання методів деконволюції, таких як метод розрізу, що дозволить видаляти розмиття, спричинене рухом платформи, атмосферними умовами або іншими факторами;

– використання технік супер роздільної здатності (Super Resolution), наприклад, методу збільшення роздільної здатності на основі глибоких нейронних мереж, що дозволить покращувати роздільну здатність та деталізацію зображень;

– використання алгоритмів машинного навчання для автоматизованого виявлення та класифікації об'єктів на зображеннях, що допомагає в розвідці та аналізі інформації;

– використання інструментів MATLAB для візуалізації відновлених зображень, порівняння різних методів обробки, а також для аналізу якості та ефективності використаних підходів тощо.

## **РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ОРІЄНТАЦІЇ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ НА КОСМІЧНИХ АПАРАТАХ**

*А.В. Савчук, к.т.н., с.н.с.; А.О. Харчук  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Космічні апарати (КА) – технічні пристрої, які виконують різноманітні завдання в космосі. Їм, як і технічним пристроям, які працюють на поверхні Землі потрібно наявність джерела електроенергії. Основним джерелом з якого КА на орбіті навколо Землі отримує енергію є Сонце. Бортові системи КА живляться електричною енергією, яка перетворюється із сонячної за допомогою сонячних батарей. Сонячні батареї, система орієнтації сонячних батарей, хімічні (аккумуляторні) батареї та апаратна управління, регулювання та контролю складають систему електро (енерго) постачання КА.

Орієнтація сонячних батарей на КА є важливою складовою забезпечення ефективного отримання сонячної енергії та подальшого функціонування КА. У зв'язку із різноманітністю та складністю місії КА, необхідно розробляти і вдосконалювати алгоритми для більш ефективної орієнтації сонячних батарей.

Ефективна орієнтація сонячних батарей може бути реалізована методами та алгоритмами, які максимально враховують параметри місії, геометричні характеристики КА, параметри бортових систем КА, різноманітні зовнішні та внутрішні обмеження.

Підвищення продуктивності сонячних батарей та надійності апаратурної реалізації систем їх орієнтації, а також розробка та впровадження нових алгоритмів застосування систем орієнтації сонячних батарей на КА є важливим напрямком для забезпечення стабільності та ефективності роботи в цілому КА.

## **МЕТОДИКА ТАКСАЦІЇ ЛІСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ LIDAR ДАНИХ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ARCGIS**

*А.В. Савчук, к.т.н., с.н.с.; А.С. Мельник  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Використання технологій лазерного сканування LiDAR (Light Identification, Detection and Ranging) на сьогоднішній день дозволяє отримувати інформацію про об'єкти, забезпечуючи високе просторове розрізнення, при цьому з досить якісним представленням вертикальної структури насаджень.

Технологія LiDAR у сукупності із аероносієм – це система дистанційного зондування Землі з активним сенсором, що визначає відстані або діапазони до об'єкта за рахунок лазерного випромінювання (тобто обчислення швидкості руху електромагнітного випромінювання та часу, за який вони відбиваються від об'єкта на поверхні Землі). Ці системи можуть різнитися між собою за рядом ключових характеристик: довжиною хвилі, що випромінюється лазером, частотою повторення та тривалістю імпульсів, потужністю, розміром та розбіжністю променів, особливостями реєстрації даних для кожного відбитого імпульсу.

Ведення лісового господарства потребує точних та актуальних даних. Для цього у світовій практиці постійно зростає використання набору різних високотехнологічних сенсорних інструментів та удосконалення аналітичних підходів. Це дає змогу більш якісно ухвалювати конкретні економічні, екологічні та господарські рішення у секторі лісового господарства для забезпечення всього

ланцюга виробництва продукції, починаючи від створення лісових культур і закінчуючи обліком готової продукції.

Пропонується для оброблення LiDAR даних та отримання числових показників таксації лісових насаджень (визначення запасу та якості деревини, приросту, об'єму лісоматеріалів тощо) використовувати можливості та інструментарій геоінформаційної системи ArcGIS © ESRI.

## **АЛГОРИТМ ОЦІНКИ РОЗМІРІВ ПРОЕКЦІЇ ПІКСЕЛЯ НА ЗЕМНУ ПОВЕРХНЮ ПІД ЧАС КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ**

*В.А. Миклуха<sup>1</sup>, д.філос.; А.М. Лук'яниця<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;*

*<sup>2</sup>Військова частина А2667*

Досвід ведення бойових дій в останніх локальних конфліктах показує, що своєчасне отримання інформації про противника є одним із основних факторів, що впливають на хід ведення операцій в цілому. Одним із основних джерел отримання такої інформації є системи видової космічної розвідки.

Сучасні технічні можливості видової космічної розвідки дозволяють забезпечити керівництво країни, органи державного управління, командування видів збройних сил і оперативних напрямків, а також штаби з'єднань найбільш повними даними про стан військових і промислових об'єктів противника.

Для отримання достовірної інформації використовуються різні методи космічного знімання визначеної території. Одним з таких методів є знімання відповідної місцевості під різними кутами візування. З використанням такого методу знімання виникає задача щодо визначення спотворення проекції пікселів приймача випромінювання з урахуванням кривизни земної поверхні при відхиленні від надіра. Точне визначення деформованої форми проекції пікселя приймача випромінювання дасть змогу розрахувати й оцінити погіршення якості зображення.

В роботі запропоновано алгоритм розрахунку проекції пікселя на земну поверхню, використання якого дозволить спрогнозувати ймовірну якість отримуваних матеріалів космічного знімання. Дана інформація надасть можливість більш якісно дешифрувати матеріали космічного знімання і приймати більш виважені рішення.

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙМАННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ФОРМАТУ CUBESAT**

*А.В. Савчук, к.т.н., с.н.с.; С.С. Гуцол*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

В останні роки спостерігається стрімке зростання доступності та популярності космічних апаратів (КА) формату CubeSat, які, незважаючи на їхню обмежену тривалість польоту та експлуатації, стають необхідною ланкою у сучасних космічних дослідженнях. Основою для контролю та моніторингу стану будь-якого КА слугує телеметрична інформація (ТМІ), яка надсилається по радіолінії "борт-Земля". Тому існує необхідність розроблення ефективного наземного приймального комплексу ТМІ.

Для забезпечення ефективності приймання та оброблення ТМІ з КА формату CubeSat використовуються спеціалізовані антени, адаптовані до їхніх особливостей; широкосмугові RTL-SDR приймачі, які дозволяють приймати ТМІ в діапазоні частот визначених Міжнародним Консультативним Комітетом із космічних систем передавання даних (Consultative Committee for Space Data Systems); спеціалізоване програмне забезпечення, що враховує конкретні характеристики бортового забезпечуючого та бортового інформаційного комплексів цих КА.

Результати досліджень демонструють, а проведені практичні експерименти підтверджують ефективність застосування запропонованих підходів до приймання та оброблення ТМІ з КА формату CubeSat. Реалізовані алгоритми у спеціальному програмному забезпеченні забезпечують точність та швидкість оброблення даних. Запропоновані рішення доцільно використовувати на практиці для оцінки стану бортової апаратури КА формату CubeSat.

### **ПРОГНОЗУВАННЯ РАКЕТНО-АВІАЦІЙНИХ УДАРІВ ПРОТИВНИКА ПО ОБ'ЄКТАМ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ПІДСТАВІ АНАЛІЗУ РАЙОНІВ ІНТЕРЕСУ КОСМІЧНОЇ ВИДОВОЇ РОЗВІДКИ**

*О.В. Гладіщук; Д.В. Рекуненко; С.А. Мамрай; К.В. Терехов  
Центральне управління космічної підтримки  
Генерального штабу Збройних Сил України*

Досвід російсько-Української війни свідчить про широке використання противником високоточних засобів повітряного нападу (повітряного, наземного та морського базування). Планування противником ракетно-авіаційних ударів здійснюється з урахуванням матеріалів, отриманих шляхом проведення космічної видової розвідки території України (у тому числі матеріалів ДЗЗ іноземних компаній, отриманих на комерційній основі через підставні організації).

У доповіді подано варіант моделі космічної підтримки ракетно-авіаційних ударів противника по об'єктам на території України, яка побудована за результатами аналізу кореляцій зон інтересу космічної видової розвідки та об'єктів ураження.

### **ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ І ЗАСОБІВ В УКРАЇНІ**

*К.С. Ковальов  
Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових  
експертиз Служби безпеки України*

В ході відбиття агресії росії проти України наша держава в інтересах національної безпеки та вирішення військових завдань різного масштабу ефективно використовує інформацію отриману з розвідувальних космічних апаратів (укладено міжнародні угоди про співробітництво з 19 країнами світу) для виявлення та ідентифікації військових об'єктів, стеження за переміщенням військ і техніки російських окупантів, уточнення характеристик театру воєнних дій при плануванні операцій, цілевказівки засобам ураження та визначення наслідків ракетно-бомбових ударів, інформаційного забезпечення діяльності збройних сил.

Незважаючи на тісне співробітництво з іноземними партнерами Україна прагне мати на озброєнні власні космічні засоби військового та подвійного призначення.

З цією метою, Україна до 2026 року планує вивести на орбіту три супутники дистанційного зондування землі. Мова йде про запуск вже зібраного і перебуваючого на стадії перевірки всіх його систем супутника “Січ-2-1” (дозволяє помітити лише великі об’єкти від 8 метрів) розробки ДП “КБ “Південне” імені М.К. Янгеля”. Інших два – це супутники “Січ-2М” (має високу просторову розрізненість, дозволяє помітити об’єкти від 2 метрів) та “Січ-3-О” (має надвисоку просторову розрізненість, здатен роздвигтися на землі об’єкти розміром у 0,5 метра) цього ж підприємства.

Працюючи одночасно, всі три супутники дозволять отримувати з космосу повну картину того, що відбувається на землі.

Отже можна зазначити, що розвиток та застосування космічних систем і засобів дозволяє отримати оперативну технологічну перевагу над противником.

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ НАВІГАЦІЇ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

*В.П. Марко; І.І. Білоус*

*Національний університет оборони України*

Досвід повномасштабної війни російської федерації проти України свідчить про зростання ролі засобів навігації та геоінформаційних систем.

На сьогодні існує ряд проблемних питань, які безпосередньо впливають на перебіг бойових дій та швидке прийняття рішень:

1. При отриманні великої кількості геопросторових даних з різних джерел для планування або реагування на зміну обстановки, виникає необхідність швидкої обробки даних.

2. Під час використання навігаційної апаратури, встановленої на бойовій броньованій техніці та логістичному транспорті, яка передана Україні в рамках міжнародної технічної допомоги (МТД), виник ряд проблемних питань, пов’язаних з налаштуванням програмного забезпечення та експлуатацією навігаційної апаратури.

Для вирішення даних проблемних питань пропонується:

– використання штучного інтелекту для обробки великих масивів геопросторових даних для отримання актуальної інформації про розташування військ (об’єктів) та зміни в обстановці, яка склалась у реальному часі;

– проведення додаткових курсів з вивчення навігаційних засобів країн-партнерів, підготовки екіпажів та відповідних фахівців з питань встановлення, налаштування та використання вищезазначеної апаратури.

Враховуючи реалії повномасштабної війни, сучасні засоби навігації та геоінформаційні системи виступають як невід’ємна частина та важлива складова сучасних бойових дій. Ці технології сприяють ефективному плануванню, координації та проведенню воєнних операцій, що є критично важливим у сучасних умовах.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ, БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ ПЛАТФОРМ ОБРОБКИ ДАНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ**

*С.Л. Манківський<sup>1</sup>; С.М. Гудзь<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Центральне управління космічної підтримки*

*Генерального штабу Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Центр геопросторових даних Збройних Сил України*

З метою підвищення оперативності планування операцій та прийняття рішень командирами (командувачами) впроваджуються новітні системи обробки інформації на основі даних від космічних засобів. Дані системи дозволяють провести оцінку противника в тактичній, оперативній та стратегічній глибині.

В доповіді проаналізовано можливості однієї з таких новітніх систем автоматизованої обробки даних “Промінь”. Дана система є універсальною, багатофункціональною, гнучкою та адаптивною платформою з значними можливостями, які дозволяють швидко обробляти значні масиви даних. По суті платформа є базовим “конструктором”, який можна наповнювати необхідними програмними модулями (інструментами) для обробки та аналізу даних. Можливості платформи постійно удосконалюються та розширюються забезпечуючи актуальність та спроможність обробки даних в умовах швидкозмінної обстановки. Окрім обробки даних платформа дозволяє в достатньо короткий час забезпечувати ситуаційну обізнаність командира (командувача) щодо основних бойових систем противника (ІПО та РЕБ, управління, логістики тощо), умов місцевості у зручному вигляді (електронні карти обстановки, схеми), формувати звіти, з можливістю їх автоматизованого наповнення, а також виявляти важливі (критичні) об’єкти противника для їх подальшого ураження.

## **МОНІТОРИНГ МОРСЬКОГО ХВИЛЮВАННЯ ТА ТРОПОСФЕРНОЇ РЕФРАКЦІЇ ПО ВИПРОМІНЮВАННЮ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ**

*В.Б. Синицький, к.т.н., с.н.с.*

*Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова*

*Національної академії наук України*

Випромінювання сучасних навігаційних супутників крім основного завдання – визначення місцезнаходження – може застосовуватися також для дослідження властивостей довкілля. Враховуючи, що такі важливі для практики фізичні ефекти як рефракція та розсіювання радіохвиль схвильованою морською поверхнею зосереджені в нижньому приводному шарі атмосфери, для їх вивчення можуть використовуватися сигнали супутників поблизу горизонту.

Кутомісцева характеристика сигналу, одержувана в експерименті в процесі заходу супутника за горизонт, може бути використана для вирішення обох завдань. Інтерференційна структура сигналу та ділянка, що відповідає заходу супутника в зону тіні, використовується для визначення профілю коефіцієнта заломлення та оцінки ступеня рефракції у приводному шарі – від стандартної до надрефракції. У той же час шумоподібна дифузна компонента, яка



отримується після фільтрації основної інтерференційної структури, використовується для визначення ступеня морського хвилювання. Таким чином, у процесі одного проходу супутника від великих кутів до заходу в зону тіні можуть бути визначені обидві характеристики.

Описану методику перевірено в експериментах над морем із супутниками навігаційних систем Transit та GPS. По суті вона є експрес-аналізом у реальному часі обох ефектів – рефракції та ступеня морського хвилювання, причому, оновлення даних проводиться з періодом, що відповідає інтервалу між обсерваціями супутників.

## **СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*О.В. Омельчук*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Аналіз інформації, отриманої в ході відбиття повномасштабної збройної агресії Російської Федерації проти України свідчить про те, що для отримання переваги в сучасних умовах ведення бойових дій необхідно безперервне забезпечення військ актуальною, достовірною та системною інформацією про дії своїх сил, противника, місцевість і погоду в зоні проведення операції. Одним із шляхів для досягнення цього є впровадження космічних та геоінформаційних технологій для підтримки ведення операцій Збройних Сил (далі – ЗС) України.

Метою створення системи космічної підтримки (далі – СКП) ЗС України є забезпечення прийняття рішень на застосування ЗС України за рахунок використання спроможностей космічних та геоінформаційних технологій.

Головним органом управління в СКП є Центральне управління космічної підтримки (далі – ЦУКП) ЗС України. ЦУКП призначене для здійснення провадження космічної діяльності у сфері національної безпеки та оборони України, планування, організації, здійснення (контролю) космічної підтримки в інтересах стратегічного планування застосування ЗС України та виконання завдань, покладених на них та інші складові сил оборони України.

Для вдосконалення СКП ЗС України необхідно: розширення супутникового угруповання, за допомогою якого отримуються дані космічного знімання, перш за все, за рахунок космічних апаратів радіолокаційного спостереження; інтеграція інформаційної СКП ЗС України з існуючими автоматизованими системами управління військами, розробка та впровадження сучасного програмного забезпечення з обробки та аналізу геопросторових даних, автоматизації прийому, обробки запитів космічної підтримки та надання споживачам необхідної інформації.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОРИННИХ ЧИННИКІВ ВПЛИВУ НА ЧУТЛИВІСТЬ АПАРАТУРИ СЕЙСМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ**

*А.В. Кошель<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Т.А. Позовна<sup>2</sup>; С.А. Безверхий<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Пункт спостереження “Харків”, Головний Центр Спеціального Контролю;*

*<sup>2</sup>Пункт спостереження “Золотарівка”, Головний Центр Спеціального Контролю;*

*<sup>3</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

За останні кілька років в результаті гібридної війни та проведення широкомасштабної агресії РФ проти України, змінився склад мережі пунктів

спостереження Головного Центру Спеціального Контролю (ГЦСК) за сейсмічними подіями як у ближній, так і у дальній зонах.

Припинили свою діяльність на східному напрямку такі ключові пункти спостереження (ПС), як “Новопсков” та “Харків”. Технічні засоби цих ПС після ремонту, відновлення та доукомплектування були передислоковані в ряд центральних областей України. З’явилися нові ПС, зокрема, і ПС “Золотарівка”, які успішно виконують поставлені завдання. Слід відзначити, що з цього року успішно працює і включений до контуру спостережень ПС “Вернадський” в Антарктиді.

Продовжуються дослідження чинників впливу на амплітуду сейсмічних сигналів та чутливість апаратури, періодичною зміною рівня шумів за складних умов експлуатації технічних засобів, в першу чергу, – від рівня ґрунтових вод і рівня води в Кременчуцькому водосховищі. ПС “Золотарівка” знаходиться на самому березі однієї із заток цього найбільшого у нашій країні штучного моря. Восени та взимку вода падає на 4-5 метрів і берегова лінія відступає майже на 1 км. А по весні вода прибуває, ґрунт насичується вологою, граніти і кремні дніпровських порогів повністю покриваються водою. І ми спостерігаємо зміни в результатах фіксації сейсмічних подій. Змінюється тривалість періодів вступу і завершення події на фоні амплітуд сейсмічних сигналів.

Дані спостережень дозволили накопичити матеріали для розробки “Методики аналізу інформації спостережень з урахуванням специфічних для ПС “Золотарівка” чинників.

## СЕКЦІЯ 17

### ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Керівники секції: підполковник Москалець А.С.;  
к.т.н. доц. полковник Лагутін Г.І.  
Секретар секції: д.філос. майор Мусаїрова Ю.Д.

#### WAYS OF IMPROVING THE TRAINING OF MILITARY SPECIALISTS SPECIALIZING IN "MILITARY PURPOSE ELECTROTECHNOLOGY SYSTEMS" IN THE MARTIAL LAW CONDITIONS

*A. Moskalets<sup>1</sup>; G. Lahutin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup>Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During hostilities in the Russian-Ukrainian war, tactical-level energy officers perform tasks related to the organization of reliable, high-quality and safe power supply of anti-aircraft missile and radio technical units, military airfields, complexes of automation means of tactical and operational control points, other military facilities objects and complexes of weapons and military equipment, including those provided to the Armed Forces of Ukraine by partner countries.

In order to improve the training of military specialists specializing in "Military purpose electrotechnology systems" in the martial law conditions, it is proposed to include in the working programs of educational disciplines the issue of studying the electrical engineering means of anti-aircraft missile systems NASAMS, IRIS-T, MIM-104 Patriot, transferred to Ukraine as international technical assistance; to increase the time for conducting classes with cadets on finding malfunctions in the power supply systems of weapons and military equipment complexes and organizing their restoration.

The main efforts should be focused on the acquisition by the students of higher education of individual abilities with:

- integration of knowledge and ability to solve complex problems in multidisciplinary contexts of organization of intended use, maintenance and repair of a wide range of complex samples of electrical equipment, especially in the conditions of combat operations;

- organization of high-quality, reliable and safe power supply of troops (forces) in new or unfamiliar environments in the presence of incomplete or limited information, including in the conditions of hostilities;

- organization of maintenance, repair and restoration of equipment in new or unfamiliar environments in the presence of incomplete or limited information;

- conducting research and carrying out innovative activities with the aim of developing new knowledge and procedures in organizing the operation of electrotechnology means of weapons and military equipment of foreign production;

- high individual responsibility for the organization of the electrical supply of weapon complexes and military equipment, for the organization of training and admission to independent operation of electrical specialists, as well as for the organization of safe operation, maintenance and military repair of electrical equipment of the power supply systems of military units, in including in the conditions of hostilities.

**FEATURES OF DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION  
OF MOBILE POWER PLANTS DIESEL ENGINES  
UNDER COMBAT CONDITIONS**

*O. Yakovets<sup>1</sup>; G. Lahutin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Kudryavtsev<sup>2</sup>; A. Romanenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Command of the Support Forces of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Mobile command posts in the conditions of hostilities conduct combat work from autonomous sources of electrical energy, which are usually diesel power plants. A diesel engine is a component of a mobile power plant that powers a synchronous generator. Failure of the engine will lead to disruption of the power supply and disruption of the combat task of managing the actions of troops (forces). Therefore, the task of developing improved means for determining the technical condition of diesel engines of mobile power plants of power supply systems of mobile command posts in the conditions of military operations is quite urgent.

In the work, the processes of changing the physical parameters of the structural elements of diesel engines of mobile power plants were analyzed, the modes of operation of diesel engines of mobile power plants as part of the power supply systems of mobile command posts in the conditions of combat were analyzed, the existing methods and means of determining the technical condition of diesel engines were investigated, and based on this, proposed improved means of technical diagnostics of diesel engines.

**WAYS TO REDUCE THE CONSUMPTION OF FUEL AND LUBRICANT  
MATERIALS TO ENSURE THE SURVIVAL OF UNITS IN FIELD  
CONDITIONS**

*V. Tabunenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*Yu. Musairova, Ph.D.; O. Salnyk; V. Orel*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The analysis of the use of autonomous power sources for the life support of units of military units that are deployed in the combat zone indicates a number of problems related to power supply, including the problem of providing power plants and power units with fuel and lubricants, therefore, developments aimed at increasing energy safety during the execution of combat tasks, reduction of consumption of all types of energy and fuel and lubricants due to the use of renewable and alternative energy sources are quite relevant.

The work considers the processes of generation, transformation and distribution of electrical energy in the process of functioning of mobile sources of electrical energy to ensure the vital activity of units in field conditions, taking into account the experience of conducting combat operations, studies of alternative sources of electricity and energy-saving measures to ensure the vital activity of units, taking into account the experience of partner countries, were conducted and on the basis of the conducted research, proposals were developed regarding the use of alternative sources of electricity and energy-saving measures to reduce the consumption of fuel and lubricants to ensure the survival of units in the field.

**RESEARCH OF DEVICES FOR AUTOMATIC PRECISE  
SYNCHRONIZATION OF RADAR STATIONS DIESEL  
POWER PLANTS GENERATORS**

*V. Dondiuk<sup>1</sup>; V. Uvarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Kuravska<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; A. Andrieieva<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To increase the reliability of power supply when performing combat missions, the radar stations power plants must provide electricity from parallel operating power units. Before turning on synchronous generators for parallel operation, their synchronization must be performed. Failure to meet the synchronization conditions leads to large current surges and voltage dips, disruption of power supply and disruption of the combat task of conducting continuous airspace reconnaissance. Therefore, the research of devices for automatic accurate synchronization of generators of diesel power plants of RTV radar stations to ensure the conduct of hostilities is a rather urgent task.

The work analyzed the processes of switching on the parallel operation of synchronous generators of mobile power plants as part of the power supply systems of radar stations in the conditions of hostilities, and based on the research of existing devices for automatic accurate synchronization of generators of diesel power plants, proposals were made for the improvement of devices for automatic switching on of parallel operation of synchronous generators in power supply systems of radar stations.

**IMPROVEMENT OF THE DIAGNOSTIC SYSTEM OF ASYNCHRONOUS  
MOTORS OF ELECTRICAL MACHINE FREQUENCY  
CONVERTERS IN COMBAT CONDITIONS**

*A. Moskalets<sup>1</sup>; G. Lahutin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Kudryavtsev<sup>2</sup>; O. Merochkin<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Asynchronous motors of electric machine frequency converters are the main source of electrical energy for mobile command posts of anti-aircraft missile forces during combat operations. Abnormal or emergency modes such as overload, phase-to-phase or inter-turn shorting of the stator windings, shorting of the windings to the housing, open windings may occur during engine operation. Failure of an asynchronous motor can lead to disruption of the power supply of the mobile command post and disruption of the combat mission. Therefore, improving the system of diagnosing asynchronous motors of electric machine frequency converters in the power supply systems of mobile command posts in the conditions of conducting military operations is a rather urgent task.

In the paper, the processes of changing the physical parameters of the structural elements of asynchronous motors of electric machine frequency converters are analyzed, the modes of operation of asynchronous motors are analyzed, and based on the research of existing methods and means of determining the technical

condition of asynchronous motors of electric machine frequency converters, proposals are made for an improved system of technical diagnostics of asynchronous motors of electric machine converters.

### **IMPROVEMENT OF MEANS FOR TURN ON PARALLEL OPERATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS IN THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS**

*V. Dondiuk<sup>1</sup>; S. Khabosha<sup>2</sup>; N. Kuravska<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; D. Stoychev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To increase the reliability of power supply when performing combat tasks, the power plants of anti-aircraft missile systems must provide electricity from parallel operating power units. Before turning on synchronous generators for parallel operation, their synchronization is performed. Failure to meet the synchronization conditions leads to large current surges and voltage dips, disruption of power supply and disruption of the combat task of detecting, escorting and destroying the enemy's air attack means. Therefore, the study of ways and means of switching on parallel operation of synchronous generators in the power supply systems of anti-aircraft missile systems to ensure the conduct of combat operations is a fairly urgent task.

In the work, the analysis of the processes of switching on synchronous generators for parallel operation during their operation as part of the power supply systems of anti-aircraft missile systems in the conditions of combat operations was carried out, and based on the study of existing devices for automatic precise synchronization of generators of diesel power plants, the calculation of the improved device for automatic switching on for parallel operation of synchronous generators was carried out in power supply systems of anti-aircraft missile systems.

### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE REDUCTION OF MOBILE POWER PLANTS DEMASKING FACTORS DURING COMBAT ACTIONS**

*V. Dondiuk<sup>1</sup>; S. Khabosha<sup>2</sup>;  
G. Hyshko<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Pelekhay<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During hostilities, it is of great importance to carry out measures to mask electrical equipment. The enemy's reconnaissance means can detect mobile sources of electricity in the optical, acoustic and infrared ranges. At the same time, insufficient attention is paid to the reduction of thermal and acoustic radiation of mobile power plants and power units. Therefore, the research of ways and means of reducing the unmasking factors of mobile sources of electric energy of general military and special purpose during the conduct of hostilities is a rather relevant direction.

In the work, based on the study of the processes of the occurrence of acoustic, electromagnetic and infrared radiation during the operation of internal combustion

engines, an analysis of the unmasking signs of electrical equipment during the conduct of hostilities was carried out, ways of increasing the effectiveness of masking measures and imitating elements of power supply systems were investigated, and proposals were made for improving methods and means of reducing the unmasking factors of mobile power plants and power units, such as thermal screens, additional silencers, including from improvised materials; in addition, options for the equipment of incorrect positions of electrical equipment are proposed.

### **PROSPECTS FOR APPLICATION OF DIGITAL DEVICES FOR POWER TRANSMISSION LINES RELAY PROTECTION**

*S. Korobko<sup>1</sup>; G. Lahutin<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Uvarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Andriev<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The power supply systems of military airfields have extensive high and low voltage electrical networks. In the process of operation of power supply systems of military airfields, such types of abnormal and emergency modes as overload, short circuits, and earth faults may occur. To determine the fact of an abnormal or emergency mode and its localization, various methods and means of relay protection are used, which must meet the requirements of sensitivity, selectivity, speed and reliability. Due to the failure of relay protection devices, there may be a disruption of the power supply of military airfields, which will lead to the disruption of combat missions to ensure aviation flights. Therefore, the research of methods and means of relay protection of power transmission lines to ensure reliable power supply of military airfields in the conditions of hostilities is a rather urgent task.

In the work, the analysis of the processes of the occurrence of abnormal and emergency modes during the transmission of electrical energy in the power supply systems of military airfields in the conditions of hostilities was carried out, and based on the study of existing methods and means of relay protection of power transmission lines, proposals were made for the introduction of microprocessor terminals for the relay protection of power transmission lines in the systems power supply of military airfields.

### **WAYS OF ENSURING NORMATIVE INDICATORS OF THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY IN THE MILITARY AIRFIELDS ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS**

*A. Plaksiuk<sup>1</sup>; V. Uvarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Kuravska<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; V. Letuchy<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Center for special engineering works of the Command of the Support Forces  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The operating mode of the electrical system is characterized by the values of its state indicators, called mode parameters. All processes in electrical systems can be characterized by three parameters: voltage, current and active power. But for the convenience of mode calculations, other parameters are also used, in particular,

reactive and total power. Guaranteed, high-quality, economical and safe supply of electrical energy to military airfields of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is a contribution to maintaining the constant combat readiness and combat capability of all types of aviation of the Air Force during hostilities.

One of the ways to ensure the normative indicators of the quality of electrical energy in the power supply systems of the units of the radio engineering forces is to compensate for the reactive power of electrical installations, which can be carried out with the help of static capacitors, which are usually turned on in parallel.

In the work, calculation ratios are given for determining the capacity of the capacitor unit to increase the voltage at the consumer, to increase the amount of active power transmitted by the network, as well as the necessary technical and economic calculations for choosing a certain option for compensation of reactive loads in the power supply system.

### **IMPROVEMENT OF VOLTAGE REGULATION MEANS OF DIESEL POWER PLANTS ALTERNATING CURRENT GENERATORS TO ENSURE RELIABLE ELECTRICAL SUPPLY OF RADIOTECHNICAL UNITS**

*A. Plaksiuk<sup>1</sup>; V. Uvarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Kuravska<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; Yu. Shmatkov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Center for special engineering works of the Command of the Support Forces  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Alternating current generators in the power supply systems of radiotechnical units are the main source of electrical energy for radar stations during combat operations. When the operating modes of radar stations are changed, voltage fluctuations occur at the output of alternating current generators. To stabilize the output voltage in alternating current generators, various methods are used, which differ in accuracy and speed. Unstable output voltage can lead to malfunctions and failures in the operation of radar stations and disruption of the combat task of conducting continuous airspace reconnaissance. Therefore, improving the means of voltage regulation of alternating current generators to ensure reliable power supply of radio technical units is a rather urgent task.

The paper analyzes the processes of electromagnetic excitation of alternating current generators during their operation as part of the power supply systems of radar stations in the conditions of hostilities, and based on the study of existing schemes for automatic regulation of excitation of alternating current generators, proposals are made for the introduction of modern means of automatic regulation of excitation of alternating current generators of mobile power stations radar stations.

### **GENERATOR LOAD DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEM**

*V. Uvarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences; S. Khabosha; K. Mihal  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Autonomous generators and synchronous frequency converters of various types and modifications are used in modern combat conditions when using military equipment. For the efficient operation of two or more diesel generators, it is necessary to have informative sensors that would measure active and reactive



currents, active and reactive power with specified accuracy. Analog or digital current and power sensors can be used to measure these quantities.

When using analog sensors, all non-informative signal distortions that occur in the area between the analog sensor and the control system introduce errors into the transmitted information. In order to reduce these errors, modern shielded cables are used together with analog signal processing methods to reduce these errors. When using digital sensors, the stability and immunity of the digital signal is significantly higher than the analog one, which allows you to move the microcontroller to a distance from the direct installation location of the diesel generator without losing control accuracy.

It can be concluded that digital sensors are the best solution for those tasks that require remote control from the sensor installation site.

If you compare the cost of an analog and digital sensor of the same manufacturer, then the cost of the latter will be higher, but this is compensated by greater reliability, convenience of diagnostics, adjustment and maintenance.

### **RESEARCH OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS AUTOMATION SYSTEMS OF MILITARY POWER PLANTS IN ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES**

*R. Shutov<sup>1</sup>; V. Uvarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Kuravska<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences; A. Chernokulskiy<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command  
of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Medium-range anti-aircraft missile complexes have automated power plants as part of the power supply system, which must ensure functioning without the participation of personnel. However, as a result of long-term operation of the automation system of technological operations of mobile power plants, there are numerous failures and failures in their work, which, taking into account the limited number of combat personnel, can lead to disruption of the power supply and disruption of the combat mission. Therefore, the research of automation systems of technological operations of military power plants of higher degrees of automation in the power supply systems of anti-aircraft missile complexes to ensure the conduct of hostilities with the aim of transferring them to a new elemental base is a rather urgent task.

The paper analyzes the modes of operation of mobile power plants as part of the power supply systems of anti-aircraft missile systems in the conditions of hostilities, and based on the study of existing systems of automatic remote control of power circuits of military power plants in the power supply systems of medium-range anti-aircraft missile systems, proposals are developed for improving the systems of automatic remote control of power circuits circles of military power plants.

### **STAGES OF SYNTHESIS OF DISCRETE DEVICES**

*V. Uvarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Chernokulskiy; O. Vorobiov; O. Todorov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The task of synthesizing any discrete device (DD) is to obtain the structure of this device, which implements the algorithm of its functioning given in verbal form, with a minimum number of elements.

The stages of DD synthesis are as follows. Step 1. Formulation of the operating conditions of the discrete device in verbal form. At this stage, you should foresee all the consequences of correct and incorrect management operations, clearly imagine the possibilities of technical means of automation. Compilation of the functioning algorithm ends with its precise verbal description. Step 2. Presentation of operating conditions of a discrete device in a standard form. According to the formulated operating conditions of the DD, a table of states is drawn up, which is a standard form of recording the operating conditions (for a single-stroke DD). For the formalization of the functioning algorithm, it is convenient to use the language of logical schemes of algorithms (LSA). Step 3. Compilation of initial structural formulas. Interpreting a discrete device as a Moore automaton, its output functions are found. The output functions will be disjunctions, which determine the method of forming the columns of the LSA. Step 4. Next, the eigenfunctions for each output must be minimized or optimized if a certain set of basic logic elements is to be used. The task of minimizing the eigenfunctions of the output is carried out on the basis of the application of known methods, which lead to an analytical record of the function of the minimum length. Step 5. Drawing up a functional diagram. According to the condensed table, the construction of the logical network of the DP is carried out. The synthesis ends with the selection of the type of industrial elements used and the drawing up of the logical network diagram of the discrete device.

### **THE INFLUENCE OF ELECTRICAL NETWORKS AUTOMATION DEVICES ON THE RELIABILITY OF STATIONARY MILITARY AIRFIELDS ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS**

*S. Korobko<sup>1</sup>; V. Uvarov<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
S. Khabosha<sup>2</sup>, K.A. Mihal<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Directorate of Engineering Troops of the Support Forces Command  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The power supply systems of military airfields have extensive high-voltage and low-voltage electrical networks. To ensure the required level of reliability of power supply in conditions of enemy fire, system automation devices of electrical networks, such as automatic reactivation and automatic activation of the reserve, are used. Therefore, the study of the influence of system automation devices of electrical networks on the reliability of the power supply of stationary military airfields of the Air Force in the conditions of conducting hostilities is a rather urgent task.

In the work, the processes of transmission and distribution of electrical energy in the power supply systems of military airfields in the conditions of hostilities are considered, research is carried out on existing devices of system automation of electrical networks that are used in power supply systems of a similar purpose, and on the basis of the work performed, the calculation of increasing the reliability of the power supply of stationary military airfields is given of the Air Force due to the introduction of system automation devices. This is a significant contribution to maintaining a high level of combat readiness of stationary military airfields of the Air Force in the conditions of hostilities.

## **ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE GENERATOR FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE**

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences; E. Zarichniak; O. Todorov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A wide range of means is used to counter enemy unmanned aerial vehicles (UAV). Necessity requires that similar means be in each unit, and in certain cases individual. This is possible when they are cheap and easy to use.

The department has developed several means of countering enemy UAV. One way is as follows. A resonant high-voltage transformer is used as a powerful emitter of electromagnetic interference that suppresses UAV control signals. It is known that in order to achieve one of the three types of resonance, connected circuits, a weak magnetic connection between the circuits is necessary, that is, the use of iron in it is not advisable, so it will not have significant weight. In general, the structure consists of ground equipment – which includes a low-power high-voltage battery, a high-voltage cord of 20-100 m, at the end of which a bearing rubberized sphere is fixed. At the moment of activation, the sphere is filled with light inert gas from the canister and rises in the air. A sharp pulse generator is arranged on the sphere, the output of which is connected to a resonant transformer. At the output of the transformer, an alternating high-frequency voltage of 10-100 kV is generated, which is fed to the arrester. A stable spark discharge is formed, which generates electromagnetic radiation in a wide spectrum of frequencies and thus "clogs" the control channels of the UAV. At certain distances between objects, "burning" of its electronics is possible.

## **FORCED CHARGE OF LEAD ACCUMULATORS WITH ASYMMETRIC CURRENT**

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
E. Zarichniak; Yu. Musairova, Ph.D.; B. Salimonovych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, the anti-aircraft missile complexes are constantly in the field, in the absence of a stationary power supply system. The entire load is placed on mobile diesel electric stations. Their performance depends significantly on the state of the batteries, and in some cases, problems arise with this issue. Charging batteries in normal conditions requires up to 10 hours, in conditions of constant change of positions, this issue needs to be resolved.

For such cases, the department is developing a means of forced charging of lead batteries with an asymmetric current. It is known that when the battery is discharged at the initial stage, it is possible to give a current greater than the standard 0.1C. The only thing is that it must then be gradually reduced. This method is known as constant voltage charging. Its disadvantage is that it takes longer to charge to 100% than the previous method.

The asymmetric current generator proposed at the department allows charging with a current of up to 4C with a subsequent short discharge pulse of up to 10C at a certain frequency, but with a short duration. This makes it possible to cancel the polarization in the battery, to eliminate the uneven concentration of ions throughout the volume, and to effectively fight against the delamination of the electrolyte. That

is, each subsequent charging pulse occurs anew, as if with a "detached battery". By varying the frequency and shape of the pulses, we find the optimal forced charge conditions for different types of batteries.

### **IMPROVEMENT OF TOOLS FOR DETERMINING PLACES OF DAMAGE TO POWER CABLE LINES OF MILITARY AIRFIELDS ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS**

*V. Tabunenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
E. Zarichniak; O. Todorov; V. Pustovit  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Uninterrupted power supply to consumers of military airfields ensures their constant readiness for use and long-term functioning as intended, which guarantees the fulfillment of combat missions to ensure aviation flights. Finding the location of power cable damage at a military airfield will remain a problematic issue that requires a lot of labor and highly qualified personnel. This is due to the specifics of airport networks. The considerable length of the cable lines of their redundancy, branching, in some cases dense buildings and limited access to the cable. The nature of malfunctions is quite diverse: cable break, various types of short circuits, floating breakdown and others. All this together greatly complicates the process of troubleshooting the cable. Therefore, improving the means of determining the places of damage to the power cable lines of the power supply systems of military airfields in the conditions of hostilities is a rather urgent task.

In the work, an analysis of the processes of changes in the physical parameters of the structural elements of power cable transmission lines during their operation in various modes of operation as part of the power supply systems of military airfields in the conditions of hostilities was carried out, existing methods and means of determining the places of damage to power cable lines were investigated, and proposals were made based on this regarding the improvement of the system for determining the locations of damage to the power cable lines of the power supply systems of military airfields.

### **FEATURES OF THE STABILIZATION OF THE SYNCHRONOUS GENERATORS OUTPUT VOLTAGE IN RADAR STATIONS ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS**

*N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences;  
V. Uvarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
A. Kudryavtsev; V. Ohievych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Synchronous generators in the power supply systems of radio technical units are the main source of electrical energy for radar stations during combat work. When changing the operating modes of radar stations, voltage fluctuations occur at the output of synchronous generators. To stabilize the output voltage in synchronous generators, various methods are used, which differ in accuracy and speed. Unstable output voltage can lead to malfunctions and failures in the operation of radar stations and disruption of the combat task of conducting continuous airspace reconnaissance. Therefore, the research of ways to stabilize the output voltage of synchronous

generators in the power supply systems of radar stations to ensure the conduct of military operations is a rather urgent task.

In the work, the processes of the influence of disturbing factors on the stability of the output voltage of synchronous generators during their operation as part of the power supply systems of radar stations in the conditions of hostilities are analyzed, the existing methods of stabilizing the output voltage of synchronous generators are investigated, and on the basis of the conducted research, ways of introducing modern means of maintaining the necessary quality indicators are proposed of electrical energy in power supply systems of radar stations.

### **IMPROVEMENT OF THE ROTATION SYSTEM OF THE RADAR ASYNCHRONOUS GEARLESS ELECTRIC DRIVE**

*N. Kuravska, Candidate of Technical Sciences;  
Yu. Musairova, Ph.D.; A. Kudryavtsev; V. Ohievych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The high-quality and reliable operation of weapons and military equipment is the main task in maintaining the constant combat readiness of radar stations (Radar) as part of complexes and the overall combat capability of troops (forces) in modern conditions of warfare. An integral part of the radar is the antenna rotation system, which is designed to ensure a certain airspace survey mode. The main requirements for the control and control system of the gearless electric drive of the radar antenna rotation system are the efficiency of signal processing and the accuracy of the set antenna rotation speed.

The paper shows that high performance in controlling the torque and frequency of rotation of asynchronous motors of the electric drive of the radar antenna rotation system can be achieved using a frequency converter. In the work, a frequency converter is proposed, which has a slip compensation mode without the use of a rotation speed sensor, which provides stabilization of the motor rotation speed regardless of the load. The presence of a frequency-controlled electric drive in the radar antenna rotation system makes it possible to control the antenna rotation modes without time delays and voltage drops. Such a converter has a number of advantages over other methods of regulating the speed of rotation of a gearless asynchronous motor: smooth start, the possibility of connecting sensors for monitoring temperature, angle, pressure, etc.

### **MATHEMATICAL MODEL OF TRANSIENT PROCESSES OF ASYNCHRONOUS START ENGINE FROM A LIMITED POWER SOURCE**

*A. Panchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
E. Zarichniak; O. Vorobiov; A. Chaban  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the documentation for modern diesel generator sets of general industrial production of foreign countries, a number of important parameters are not given, in particular – peak power loads for the diesel engine and peak current loads for the generator. This leads to the impossibility of predicting the ability of the source to provide starting currents of an asynchronous motor of comparable power. This is especially characteristic of C 300 complexes during the operation of the PSC. Since,

due to necessity, diesel engines work for a long time with minimum load, pistons and nozzles coke and the nominal power drops.

The created mathematical model allows you to explore the possibilities of various options for starting an asynchronous motor and choose the optimal one for specific conditions. The following modes are simulated. Direct start of an asynchronous motor with a nominal load on the shaft. If this option is not confirmed, the launch is carried out under similar conditions through additional supports. Their values are selected by trial and error on the model. The next step is the spin-up of the asynchronous motor without a load followed by a direct loading of the load, if this fails, then with the use of additional resistances.

The model allows you to fix the value of active and reactive power used at start-up, the duration of transient processes, as well as to estimate their mutual correlation. It is also possible to evaluate the influence on the processes of the internal resistance of the power source in terms of active and reactive components.

### **SUGGESTIONS FOR THE POSSIBILITY OF DETERMINING THE ACTUAL TECHNICAL CONDITION OF POWER TRANSFORMERS**

*Yu. Musairova, Ph.D.; A. Kudryavtsev; E. Zarichniak; E. Kharatian  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ensuring the uninterrupted operation of the power supply systems of both the country as a whole and the units of the Armed Forces of Ukraine that are performing tasks to repel the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine is a topical issue. Failure of such elements of the power system as power transformers may lead to the shutdown of a significant part of power plants, which will disrupt the power supply to a significant part of consumers. Restoring their power supply will require a lot of time and significant financial resources. One of the ways to increase the service life of power transformers that have fully utilized their warranty period is to create opportunities for continuous monitoring of changes in the main parameters of the transformer during operation and to take timely measures to protect it in case of unfavorable measurement results. Obviously, for functioning transformers, the use of a monitoring system is based on the fact that in the conditions of armed aggression it is extremely necessary to increase the service life of power transformers in operation. To determine the actual technical condition of power transformers, it is proposed to "digitize" existing transformers and, based on the parameters obtained, to allocate groups of transformers to the category of dangerous transformers, and to consider the rest suitable for operation, namely, it is proposed to determine the actual technical condition of power transformers by comparing the results of the transformer's control indicators from the passport data and the results of control measurements. According to the results obtained from the passport data and measurements obtained by experimental means, two virtual models were built, which allow, by means of modeling the operation of a power transformer, to analyze the differences in the parameters of real and virtual models, thereby drawing a conclusion about the actual technical condition of a power transformer that has used its warranty period. A sequence for obtaining control measurements on a power transformer is proposed.

**IMPROVEMENT OF RELAY PROTECTION MEANS OF AUTONOMOUS  
POWER PLANTS SYNCHRONOUS GENERATORS  
OF AIR FORCE WEAPON COMPLEXES**

*V. Tabunenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Salnyk; O. Vorobiov; O. Todorov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

During the conduct of hostilities by units of the Air Force (AF) of the Armed Forces of Ukraine (AFU), there is a need for rapid movement and further deployment of weapon systems. When deploying weapons complexes, it is essential to provide their consumers with high-quality electricity from mobile autonomous power plants (APP), which is impossible without reliable relay protection (RP) of synchronous generators (SG) used to generate electricity.

RZ SG devices of mobile power plants of armament complexes of the Armed Forces of the Armed Forces are made on the basis of relay-transistor circuits. Due to the long time of their operation and natural aging, individual components of the automation system have deteriorated reliability indicators.

With the aim of improving the means of RP SG APP of the armament complexes of the AF of the AFU, the possibility of using microprocessor devices of the RP was considered, which will increase the efficiency of the power supply.

The conducted analysis of microprocessor devices showed that according to the "price-quality" criterion, it is advisable to choose microprocessor protection devices of Schneider Electric (France) of the MICOM P342 series for the RP SG APP of the air defense systems.

At the end of the report, conclusions were drawn on the further improvement of the means of relay protection of SG and the use of microprocessor devices that implement all the functions of their power protection of 100-500 kW, and are compatible with existing current and voltage sensors and can be used for improved protection of SG APP of air defense systems Armed Forces.

**PROPOSALS FOR THE APPLICATION OF MOLECULAR ENERGY  
STORES IN DIESEL ENGINE STARTING SYSTEMS**

*A. Kudryavtsev; O. Salnyk; O. Vorobiov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main requirements for the Armed Forces of Ukraine (AFU) was and remains the maintenance of constant combat readiness. Guaranteed, high-quality, economical and safe supply of electrical energy to weapons and military equipment is a contribution to maintaining constant combat readiness and combat capability of troops (forces). The requirements for the reliability of power supply systems of military facilities in the field are growing significantly.

The required reliability of power supply is provided by autonomous power sources, in particular diesel power plants (DES). The necessary reliability of power supply is provided, among other things, by the DES drive motor start-up system.

The analysis of the performance of the tasks of the Armed Forces in the field showed certain problems associated with the operation of the DES, especially in conditions of low temperatures. In particular, there were problems with the reliable

start of diesel engines during their frequent starts due to a decrease in the degree of charge of the starter batteries and the lack of sufficient time for their recharging. This, in turn, does not make it possible to provide electrical energy to weapon and military equipment complexes (OMT) in a timely manner. Violation of the power supply of the OVT can lead to the disruption of combat missions, the death of personnel and the destruction of military facilities.

The report presents the results of mathematical calculations that justify the cost-effectiveness and expediency of using molecular energy storage devices, both for the reliable start-up of WPPs, which are included in the OVT complexes, and for the storage of electricity for the period of the disappearance of the supply voltage from the network before the start-up of WPPs.

## **THE PASSIVE DETECTION METHOD OF MOVING EQUIPMENT**

*A. Hasanov; A. Talibov; E. Hashimov*

*National Defense University, Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan)*

When military operations are conducted or troops are concentrated in combat posts located in mountainous areas or forest massifs, it becomes difficult to directly observe the movement of the enemy's heavy armored vehicles. As a result, the probability of the enemy's sudden artillery attack on the positions of our troops increases [1,2]. Therefore, it is very important to quickly detect the movement trajectory of the enemy's invisible and distant heavy equipment in the conditions of the mountain landscape [3-5].

The article looks at passive detection devices. This option is determined by the fact that in combat conditions, the electromagnetic field generated by the active detection device can be detected by the enemy's radar device and subjected to artillery attack. In the article, a method of detecting the movement of the enemy's invisible heavy equipment hidden behind a forest massif, a high hill or a mountain range at a distance of 3-5 km using the three-coordinate detection 3D device of the seismic location is proposed. This type of 3D devices allows you to accurately determine the position of target objects in space. By applying the new plasma technology developed by us as a seismic accelerometer, the use of highly sensitive sensors made of PVDF+BaTiO<sub>3</sub>+PZT polymer hybrid piezoelectric composites based on nanoscale BaTiO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and microscale piezoelectric materials was proposed. Polyvinylidenefluoride (PVDF) was used as a matrix additive.

References:

1. Piriyev G. K., Hashimov E. G., Bayramov A. A. Modelling of the battle operations // *Monografiva. Herbi Nashriat*?. Baku. – 2017.
2. Bayramov, A.A., Hashimov, E.G.: Assessment of Invisible areas and military objects in Mountainous Terrain // *Defense Science Journal*, 68(4), 343–346 (2018). <https://doi.org/10.14429/dsj.68.11623>.
3. Bayramov A. A., Hashimov E. G., Amanov R. R. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // *Geography and nature sources*. – 2016. – C. 124-126.
4. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // *Journal of Management and Information Science*, 2016, Vol.4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisc.8236513-cw>.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // *National Security and Military Sciences*. – 2015. – vol. 1. – №. 1. – C. 128-132.



**PROBLEM QUESTIONS REGARDING ARMY (FORCE) ELECTRICAL SUPPLY MANAGEMENT UNDER THE EXISTING STRUCTURE OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*A. Kudryavtsev<sup>1</sup>; V. Borodavka<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Dondiuk<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Command of the Support Forces of the Armed Forces of Ukraine*

With the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation on the territory of Ukraine, the priorities in the implementation of the military policy of the state were aimed at repelling armed aggression with the simultaneous implementation of defense reform measures aimed at strengthening the capabilities of the defense forces, increasing their readiness to perform assigned tasks and participating in joint operations with NATO units (operations).

At the same time, during the implementation of the defense reform, a number of problems of the functioning of the defense forces in the conditions of existing and potential threats were identified, in particular, the structure of the military power management bodies of the Armed Forces of Ukraine (AFU) in relation to the efficiency and functionality of the system of electrotechnology support of the troops (forces).

At present, the main governing document regulating the activities of the electrical engineering service of the Armed Forces is the Regulation on the Electrical Engineering Service and Military Energy Supervision in the Armed Forces, which was approved by the order of the Minister of Defense of Ukraine dated 07.10.2001 No. 239 (as amended).

It should be noted that the vertical management of the electrical engineering service and military energy supervision defined in the Regulation does not correspond to the current structure of the Armed Forces.

The report provides an analysis of the existing structure of the electrical engineering service and military energy supervision and offers suggestions for improving the management of military power supply and the implementation of energy supervision over the operation of military electrical installations in accordance with NATO standards.

**ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОНОМНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*А.В. Гнатов, д.т.н., проф.; П.А. Сохін; Д.Ф. Балім*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Дослідження автономних джерел живлення для електричних транспортних засобів (ЕТЗ) та його зарядної інфраструктури є досить важливою проблемою у сучасному світі. З урахуванням зростання популярності електромобільного транспорту і зростаючої уваги суспільства до викидів у навколишнє середовище, необхідність розробки ефективних та надійних рішень у галузі транспорту та енергетики стає ще актуальнішою. Особливо це актуально для військових потреб, де надійність і безшумна робота виходить на перший план по вимогам. Автономні джерела живлення для ЕТЗ відіграють ключову роль для її інфраструктури, оскільки вони забезпечують незалежність від

електричних мереж і, в той же час, забезпечують доступ до систем заряджання навіть при відсутності централізованої електричної мережі.

Розробка автономних джерел живлення для ЕТЗ включає кілька завдань, таких як використання різних джерел енергії, таких як сонячна енергія, вітроенергія, геотермальна енергія, а також розробка технологій зберігання та накопичення енергії. Важливим є також розробка ефективних та економічно доцільних систем зберігання та конвертації енергії, які дозволять ефективно використовувати генеровану енергію для заряджання ЕТЗ.

Дослідження у сфері автономних джерел живлення для ЕТЗ також охоплює аналіз впливу на навколишнє середовище, визначення оптимальних місць розташування, а також вивчення потенційних технічних та економічних переваг різних технологій. Для військових потреб ще забезпечення безшумної роботи ЕТЗ військового призначення, що має одне з вирішальних значень для виконання поставлених завдань.

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Р.В. Багач; А.О. Кабанник*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Для якісного та ефективного застосування робототехнічних комплексів (РТК) в умовах бойової обстановки вони повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати ефективне використання системи озброєння, доповнюючи традиційні види зброї у всіх формах та способах бойових та спеціальних дій при вирішенні різних завдань;

- бути багатофункціональними, сумісними та інтегрованими та перспективними в ЗСУ;

- зберігати працездатність в умовах впливу всіляких зовнішніх факторів, включаючи погодні умови та механічні пошкодження;

- бути готовими до спільного використання у складі підрозділів з існуючими та перспективними зразками озброєння та техніки.

Відповідність цим вимогам дозволить максимально використовувати потенціал РТК у бойових умовах та зміцнити обороноздатність нашої країни.

Отже, на основі аналізу українського та зарубіжного досвіду розробки та застосування робототехнічних комплексів (РТК), можна виділити основні тенденції їх створення та розвитку:

- поступове нарощування інтелектуальних можливостей дистанційного керування з поступовим винятком функції управління та контролю з боку оператора;

- поліпшення ударного потенціалу та тактико-технічних характеристик РТК;

- збільшення часу автономної роботи комплексу;

- підвищення схвильності каналів управління та зв'язку;

- вдосконалення систем технічного зору, вирішення проблем автоматичного розпізнавання цілей, аналізу ситуацій, розпізнавання за принципом "свій-чужий".

Ці тенденції визначають напрямки подальшого розвитку РТК і сприятимуть їх ефективному використанню в умовах сучасної бойової обстановки.

## **ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ**

*А.В. Гнатов, д.т.н., проф.; Д.В. Цимбал  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Електромагнітні технології зробили революцію у військовій техніці в різних областях, розширивши можливості зв'язку, спостереження, навігації та озброєння. Ці технології використовують принципи електромагнетизму, щоб забезпечити передові рішення для сценаріїв сучасної війни.

Одним із важливих застосувань є система зв'язку, де електромагнітні хвилі забезпечують безпечну та надійну передачу даних на великі відстані. Військові радіостанції та супутникові системи зв'язку використовують електромагнітні технології для забезпечення зашифрованого та стійкого до перешкод зв'язку, життєво важливого для операцій командування та управління в полі.

У нагляді та розвідці електромагнітні датчики відіграють ключову роль у виявленні та відстеженні рухів і дій ворога. Радарні системи використовують електромагнітні хвилі для виявлення та ідентифікації об'єктів, у тому числі літаків, кораблів і наземних транспортних засобів, забезпечуючи важливу обізнаність військового персоналу.

Крім того, електромагнітні технології є невід'ємною частиною сучасної зброї, включаючи електромагнітні рейкові гармати та зброю спрямованої енергії. Ці вдосконалені системи використовують електромагнітні поля, щоб рухати снаряди на високих швидкостях або генерувати сфокусовані промені енергії для точного націлювання, пропонуючи значні переваги щодо дальності, швидкості та смертоносності.

Загалом, електромагнітні технології є незамінними активами сучасної військової техніки, забезпечуючи необхідні можливості для зв'язку, спостереження, навігації та вогневої потужності, тим самим підвищуючи ефективність військових операцій на суші, морі та у повітрі.

## **ЕЛЕКТРИЧНА СИЛОВА УСТАНОВКА ДЛЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

*А.В. Гнатов, д.т.н., проф.; І.А. Верховодов; О.А. Ульянець  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Електричні силові установки для електротранспорту на основі асинхронних двигунів привертають увагу завдяки своїй ефективності та екологічним перевагам. Асинхронні двигуни, також відомі як асинхронні двигуни, широко використовуються в електромобілях через їх простоту, надійність і економічну ефективність.

Ці електростанції складаються з асинхронного двигуна в поєднанні з перетворювачем силової електроніки та акумуляторної батареї. Асинхронний двигун перетворює електричну енергію в механічну для приводу автомобіля. Перетворювач силової електроніки контролює швидкість і крутний момент двигуна, забезпечуючи оптимальну продуктивність і ефективність. Акумуляторна батарея зберігає енергію та забезпечує живлення двигуна, коли це необхідно, особливо під час прискорення або їзди в гору.

Однією з переваг використання асинхронних двигунів на електростанціях є їх високий ККД, зазвичай понад 90%. Вони також вимагають мінімального

обслуговування порівняно з іншими типами двигунів, що знижує експлуатаційні витрати протягом усього терміну експлуатації автомобіля. Крім того, електричні силові установки, що використовуються в електротранспорті на основі асинхронних двигунів сприяють зниженню викидів парникових газів і залежності від викопного палива, що робить їх екологічно чистими варіантами електротранспорту.

Звичайно, такі електричні силові установки, що побудовані на основі асинхронних двигунів, є доволі актуальним рішенням і для військового автотранспорту у тих сферах застосування, де вимагається їх безшумна робота та експлуатація.

## **РЕГУЛЯТОР НАПРУГИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

*А.В. Гнатов, д.т.н., проф.; Д.О. Коровін*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Регулятор напруги силового трансформатора відіграє вирішальну роль у підтримці стабільної та надійної системи електропостачання. У системах електроенергії трансформатори є життєво важливими компонентами, які підвищують або знижують рівні напруги для ефективної передачі та розподілу. Регулятор напруги, розташований у безпосередній близькості до силового трансформатора, гарантує, що вихідна напруга залишається в допустимих межах, незважаючи на коливання вхідної напруги або умови навантаження. Його основною функцією є регулювання та стабілізація напруги, захист підключеного електричного обладнання від можливого пошкодження через коливання напруги. Сучасні системи електропостачання часто використовують автоматичні стабілізатори напруги (АСН), які використовують передові алгоритми керування та механізми зворотного зв'язку. Ці АСН постійно контролюють вихідну напругу та відповідно регулюють первинну обмотку трансформатора, щоб підтримувати бажаний рівень напруги. Це динамічне регулювання має вирішальне значення для збереження цілісності всієї електромережі та запобігання виходу з ладу пристроїв, чутливих до коливання напруги.

Крім того, регулятори напруги підвищують загальну ефективність енергосистеми, мінімізуючи втрати енергії, пов'язані з умовами постійного коливання напруги. Здатність підтримувати постійний рівень напруги сприяє надійності та довговічності електрообладнання, забезпечуючи безперебійне електропостачання споживачів. Підсумовуючи, регулятор напруги силового трансформатора є стрижнем в системі електропостачання, що забезпечує стабільність, захист та ефективність у виробництві та розподілу електроенергії.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ПОТРЕБ**

*А.В. Гнатов, д.т.н., проф.; М.С. Селіщев*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Застосування електромобілів (EV) у військових цілях дає ряд переваг, у тому числі розширені можливості невидимості, зменшення матеріально-технічного навантаження та екологічну стійкість.

Одним із ключових аспектів цього дослідження є розробка електричних силових установок, адаптованих до військових транспортних засобів. Електричні трансмісії забезпечують безшумну роботу, мінімізуючи акустичні сигнатури та покращуючи непомітність під час розвідки та таємних операцій. Крім того, електродвигуни забезпечують миттєвий крутний момент і точне керування, покращуючи маневреність на різних місцевостях.

Інтеграція EV у військові парки зменшує залежність від викопного палива, пом'якшуючи логістичні проблеми, пов'язані з лініями постачання палива, і знижуючи ризик ушкоджень від ворога під час заправки. Це підвищує оперативну гнучкість і розширює діапазон і витривалість військових місій.

Крім того, EV відповідають ініціативам сталого розвитку, зменшуючи викиди вуглецю та вплив на навколишнє середовище порівняно зі звичайними автомобілями з ДВЗ. Це сприяє екологічно чистим практикам під час військових операцій, узгоджуючи глобальні зусилля з боротьби зі зміною клімату та скорочення викидів парникових газів.

Підсумовуючи, дослідження використання EV засобів у військових цілях представляє трансформаційний підхід до модернізації військової автотранспортної техніки. Використовуючи переваги електричних силових установок, військові можуть досягти покращеної скритності, оперативної ефективності та екологічної стійкості, зрештою підвищуючи свої можливості на полі бою.

## **АВТОНОМНІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

*Р.В. Багач; А.В. Аювджі*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

З погляду аналізу у різних галузях науки та техніки встановлено, що для створення автономних систем електропостачання малопотужних споживачів 2-5 Вт найбільш перспективним варіантом є використання генераторів зворотно-поступального руху. Ці генератори перетворюють механічну енергію руху людини на електричну енергію.

Перспективні можливості використання електромеханічних перетворювачів зворотно-поступального руху як джерел електричної енергії визначені у наукових дослідженнях.

Аналізуючи та досліджуючи різні конструкційні варіанти генераторів зворотно-поступального руху, мета полягає у визначенні найбільш ефективних та надійних для використання в автономних системах електропостачання, а також їх застосування як основного джерела електроенергії у військових цілях.

Вибір лінійного генератора як електромеханічного перетворювача джерела живлення з приводом зворотно-поступального руху обумовлений, передусім, простотою кінематичних зв'язків з рушієм та відсутністю втрат при кінематичному перетворенні потоків енергії.

Після аналізу автономних джерел електричної енергії можна зробити наступні висновки.

Існує необхідність удосконалення польового електропостачання військ шляхом впровадження генераторів електроенергії з високим рівнем показників

автономності. Це дозволить підвищити ефективність та надійність систем електропостачання у військових умовах. Подальші наукові дослідження та розробки в цій галузі можуть забезпечити потрібну базу для ефективного впровадження таких систем.

Один з перспективних шляхів розвитку автономних електроенергетичних систем – це розробка генератора з лінійним електромеханічним перетворювачем зворотно-поступального руху. Це може стати ефективним рішенням для забезпечення надійного та стійкого електропостачання в умовах військових операцій.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЗБРОЙНИМИ СИЛАМИ УКРАЇНИ**

*В.Д. Латвинський; Д.П. Матушкін*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Найбільш поширеним і доступним видом альтернативної енергії є сонячна. Сонце – це найпотужніший на сьогодні день джерело енергії. Застосування цього виду енергії є поширеним явищем, сонячні елементи та акумулятори отримали велику популярність. Принцип роботи всіх сонячних елементів ґрунтується на фотоелектричному ефекті – перетворенні енергії світла в електрику.

Розвиток сонячної енергетики також призвів до створення тонких і гнучких енергоефективних панелей, які використовуються в виробництві обладнання та засобів військової техніки.

У Збройних силах деяких країн сонячні панелі вже отримали широке поширення, наприклад, у США під час розгортання тимчасових військових таборів використовують намети з гнучких сонячних панелей.

Для забезпечення енергії радіоелектронних пристроїв у збройних силах використання сонячних панелей. Це дозволить використовувати їх для зарядки акумуляторів різної портативної техніки, такої як радіостанції, цифрові фотокамери, ноутбуки, плеєри, мобільні телефони та інші пристрої. Це особливо важливо для силових структур, які часто працюють в умовах відсутності централізованої електромережі. Сонячні панелі мають численні переваги, такі як відсутність рухомих частин, висока надійність і стабільність, а також практично необмежений термін служби. Модульна конструкція дозволяє створювати установки різної потужності, що робить їх досить перспективними.

## **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УКРАЇНІ**

*Р.В. Багач; М.І. Винниченко*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Український ринок безпілотної техніки знаходиться на початковому етапі розвитку. Однак з'являється все більше виробників безпілотної літальної апаратури з різноманітним модельним рядом. Розвиток цієї галузі в Україні незабаром призведе до підвищення економічної безпеки та обороноздатності

країни. Спектр військових безпілотних літальних апаратів, що приймаються на озброєння ЗСУ, постійно розширюється, разом з кількістю самих апаратів. При цьому активно продовжуються розробки розвідувально-ударних безпілотних літальних апаратів. Асортимент безпілотних літальних апаратів розширюється як у військовій, так і в цивільній сфері.

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як універсальних висотних платформ для розміщення різноманітного обладнання без участі людини, з одного боку, спрощує процедуру нормативно-правового регулювання. Однак, існують питання, що потребують уваги у формуванні нормативно-правової бази для цивільних БПЛА:

- визначення рівня безпеки;
- інтеграція БПЛА в контрольований повітряний простір;
- техніко-економічне обґрунтування ефективності;
- впровадження перспективних технологій;
- питання надійності зв'язку та управління БПЛА;
- питання технічного обслуговування та наземного забезпечення;
- питання підготовки кваліфікованого персоналу операторів ;
- питання льотної придатності та сертифікації.

Розвиток виробництва українських безпілотних літальних апаратів з технічними характеристиками на рівні з закордонними аналогами дозволить розкрити науково-технічний потенціал авіаційної галузі України. Це сприятиме не лише зміцненню позицій вітчизняних виробників у військовій та цивільній сферах, а й забезпечить країну лідерством у використанні сучасних високотехнологічних рішень.

## **ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ АКУМУЛЯТОРІВ В СИСТЕМАХ ВІЙСЬКОВОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ**

*В.Д. Латвинський; Д.М. Скрипка*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Для забезпечення стійкого та надійного живлення технічного обладнання військових комплексів використовують системи електропостачання, що включають первинні джерела електроенергії. Ці автономні системи дозволяють забезпечувати електропостачання обладнання незалежно від зовнішньої мережі. Це означає, що існує велика ймовірність електропостачання військових об'єктів за рахунок первинних джерел електроенергії, але їх запаси палива обмежені.

Для систем автономного електропостачання одним з потенційно ефективних методів оптимізації навантаження є використання пневматичних або повітряних акумуляторів. Такий висновок був зроблений з ряду причин, серед яких основними є велика специфічна енергетична ємність при значному ресурсі роботи та відсутність втрат під час зберігання енергії.

Можливість використання електроенергії, яка виробляється вночі, для забезпечення пікового навантаження, реалізується шляхом використання повітряно-акумулюючих газотурбінних установок. Процес стиснення повітря відбувається в години низького навантаження. Компресор повітряно-акумулюючих газотурбінних електростанцій приводиться в рух електричним двигуном, який використовує електроенергію з низькими витратами. Повітря потім закачується в підземний акумулятор (підземне сховище), де його енергія зберігається для подальшого використання. Саме тому пневматичні акумуляторні технології є одними з найефективніших і найбезпечніших на теперішній час.

### **3D ДРУК В ЕНЕРГЕТИЦІ**

*П.В. Гризодуб; О.С. Гризодуб*

*Відокремлений структурний підрозділ “Слов’янський фаховий коледж  
Національного авіаційного університету”*

3D-моделювання, 3D-друк та енергетика йдуть пліч-о-пліч завдяки широкому, ефективному та економічному застосуванню цієї технології.

Фахівці, які вивчають адитивні технології, експериментують з метою створення високоякісних сонячних панелей на 3D-принтерах. Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, ці панелі можуть бути спроектовані так, щоб відповідати будь-якій формі або розміру, що робить їх неймовірно адаптованими до різних середовищ. Ця адаптивність надає їм значної переваги перед традиційними сонячними панелями. Адитивне виробництво сонячних батарей допомагає скоротити витрати на 50%. Для виготовлення таких установок не потрібні дорогі матеріали (наприклад, скло, полікристалічний кремній і індій). Середня ціна такої батареї в два рази нижче у порівнянні з аналогами. Панелі, надруковані на 3D-принтері, набагато тонші за звичайні, і це значно знижує накладні витрати на транспортування панелей.

Перевага, пов’язана з 3D-друком, полягає в тому, що вона дозволяє фірмам підтримувати свої застарілі системи. Зазвичай фірмам доводилося змінювати все обладнання замість заміни компонента, що вийшов з ладу, на той випадок, якщо виробник зупинить складання застарілих моделей. Але 3D-принтер може навіть виготовляти деталі, виробництво яких було припинено, що дозволяє продовжувати роботу старого та дорогого обладнання. 3D-друк дає переваги, які скорочують відходи та підвищують стійкість в енергетичному секторі. Це дозволяє здійснювати точний контроль матеріалів, скорочуючи відходи матеріалу та знижуючи витрати сировини. Крім того, у цьому методі можна використовувати перероблені або біорозкладні матеріали, скорочуючи кількість відходів і підвищуючи стійкість, зниження транспортних витрат та пов’язаних з ними викидів вуглецю.

### **DIESEL GENERATOR AS AN OBJECT OF TECHNICAL DIAGNOSIS**

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*M. Kirash; Ya. Miasoiedov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

At the stage of operation, in the process of using the object for its intended purpose, it is often necessary to check the correctness of its functioning, to identify malfunctions of the object that disrupt its normal operation. Therefore, technical diagnostics as a process of obtaining information about the technical condition of the object has become an integral part of its life cycle.

Any mechanical or electrical diesel generator system is characterized by several functions of the intended purpose. During operation, it can take a certain state, which is characterized by certain properties and certain initial parameters, which can take different values under the influence of various factors.

The assessment of the technical condition of nodes, aggregates and the entire engine as a whole is carried out according to diagnostic parameters, and the determination of the need for maintenance and repair operations is carried out according to the separate value of these parameters. From a practical point of view,



it is very important to be able to correctly determine the values of the maximum permissible deviations of parameters from the nominal values, which correspond to the good technical condition of diesel units and assemblies. If permissible deviations are taken with a large margin, then additional costs for repair and maintenance of the equipment due to frequent adjustments, repairs and not always justified replacement of parts and units are inevitable. If they try to reduce costs, the reliability of the equipment is reduced.

The degree of probability of assessing the technical condition of a diesel generator depends on how fully the controlled parameters reflect its technical condition.

## **METHODS OF DIAGNOSING ELEMENTS OF CONVERTING TECHNIQUE**

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Ye. Nahybin; Ye. Kryvka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Determining the technical condition of the object means getting answers to the following questions: is the object operable or in good condition, what defects exist in it? In principle, the task of determining the technical condition of the object is solved in two ways: working and test diagnostics. During operational diagnostics, it is necessary to observe the behavior of the working object and compare its behavior with some standard. For test diagnosis, it is required to make a description of the object with various types of malfunctions and to determine by what actions they can be detected. Another problem is the development of automated diagnostic tools. If such means are created, the search for malfunctions will occur much faster and the object's readiness for operation will increase.

Test diagnosis also requires the solution of some fundamental questions. One of them is a large number of different technical states of complex objects, due to which it is physically impossible to compile a complete list of object states.

Diagnostic methods and tools play an important role in reducing maintenance and recovery time. Recently, there has been a great interest in forecasting the condition of objects. The formulation of the problem is based on the fact that the so-called random failures are actually only the result of gradual, although not always observable, processes. As diagnostic methods and tools develop, the possibility of predicting the failure of one or another element of the converting equipment and taking measures to prevent it will increase.

The depth of diagnosis of the set of elements and the connections between them can be different, but one of the requirements is the detection of failed elements with a given frequency of failures.

## **ANALYSIS OF TRACTION ELECTRICAL SUPPLY CALCULATION METHODS**

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Tokariev  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When calculating the traction power supply system, there are three types of problems. The first case includes cases when it is necessary to determine all calculated values in accordance with a specific schedule of train movement, that is, when there is a schedule of their movement. This case includes calculations of the

power supply system of suburban sections of highways and subways. Suburban trains and subway trains are more rigidly fixed in the traffic schedule, while the schedule of long-distance trains is less stable. The presence of "windows", the use of trains of increased mass, double and stacked trains, the thickening of trains, lead to uneven consumption of electricity, the appearance of moments of increased electricity consumption. The uneven distribution of trains by mass additionally increases the fluctuations of loads on the power supply system. The change in meteorological factors that affect the resistance of the train also leads to this.

The second type of problems arises if the calculations are performed under conditions in which one specific schedule of train movement cannot be specified. This includes all cases of calculations and design of trunk roads with freight traffic. Under such conditions, there is either a way to replace all probable future traffic schedules with the same conditions, or to account for all probable traffic schedules in the final calculation results.

The third type of problems is solved using probability methods that take into account the unevenness of train movement.

In accordance with the above, all calculation methods can be divided into 3 groups: calculation according to a given movement schedule; calculation based on given movement dimensions and calculation based on probability theory.

## **WAYS OF ENSURING ELECTRICAL ENERGY QUALITY IN AUTONOMOUS ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS**

*O. Ruchka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Koshovyi; O. Matvienko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Very high requirements are placed on power supply systems in terms of reliability, quality of electric energy, safety, and economy. In systems of autonomous power supply of industrial objects, which use centralized power supply with three-phase alternating current of industrial frequency, it is sometimes advisable to obtain a current of increased frequency by converting it. The frequency converters used in the autonomous power supply system do not fully meet the requirements of the power receivers of these systems in terms of such indicators of the quality of electric energy as voltage deviation and frequency deviation.

Known methods of frequency conversion do not allow uninterrupted and high-quality power supply of industrial facilities without carrying out certain modifications.

It has been established that traditional methods of reducing voltage dips and current surges when starting an engine, the power of which is comparable to the power of a generator, either do not allow to ensure the necessary quality of electrical energy in the power supply system, or require a significant complication of the system and significant costs for their implementation.

A radical solution to the problem of ensuring the quality of electrical energy in this mode consists in changing the structure of the power supply system and using it as part of a diesel-inertia installation of guaranteed power, which combines the functions of a backup energy source, a frequency converter and the actual installation of uninterrupted power supply.

## **UNCONVENTIONAL SOURCES OF ELECTRICAL ENERGY**

*O. Ruchka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*P. Minko; O. Reznichenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In its daily activities, humanity uses various types of energy: mechanical energy of water, thermal, electrical, electromagnetic, chemical and nuclear. This energy is necessary to ensure life, work, the need for food, housing, clothing, comfort, etc. The main source of energy today is fuel extracted from the depths of the earth. Its combustion provides 82% of the world's energy consumption. A comparison of the figures of known fuel reserves, energy consumption and consumption growth shows that all these reserves can be used in 8-10 years. With such large-scale use of primary energy sources, two global problems arise: environmental and energy. These problems are complex, related to a number of factors: scientific and technical, legal, organizational and economic. The main thing is to define the appropriate approaches and concepts. In a number of countries in Europe, North and South America, including Ukraine, a course was taken to increase the use of non-traditional energy sources and the development of renewable energy resources. The advantages of non-conventional and renewable energy sources are obvious, and this explains why more and more efforts are being directed to research and development in these areas all over the world.

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЯГОВОГО ДВИГУНА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ У ГЕНЕРАТОРНОМУ РЕЖИМІ**

*Бужужу Ааз-Еддін; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Використання електричних двигунів у пасажирських електромобілях сприяло розробці новітніх технологій та типів електричних машин. Основними цілями було зменшення габаритів, підвищення питомої потужності, економічності та надійності, що характерне для автомобільного обладнання. Успіхи у цьому напрямі очевидні і беззаперечні. Сучасні електромобілі за своїми характеристиками багато в чому випереджають автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння.

Незважаючи на те, що провідні виробники досі не дійшли загальних висновків щодо конкретного типу електричного двигуна, який доцільно використовувати, на теперішній час найкращі характеристики мають двигуни зі збудженням від постійних магнітів. Крім того, застосування рідинного охолодження дозволило суттєво підвищити потужність тягового електричного двигуна, внаслідок чого вдалося суттєво зменшити його габарити порівняно з промисловими електричними двигунами.

Рекуперация енергії при гальмуванні, на теперішній час, є невід'ємною складовою системи керування електричною тягою, оскільки дозволяє суттєво збільшити пробіг електромобіля. У режимі рекуперативної енергії електричний двигун переводиться в режим генератора, забезпечуючи уповільнення електромобіля та заряд тягової батареї. Оскільки гальмування є типовим режимом транспортного циклу, можна вважати, що тяговий електродвигун автомобіля є, по суті, оберненою електричною машиною, режими роботи якої

постійно чергуються. Тобто генераторний режим є рівноцінним режиму двигуна.

Пропонується досягнення у автомобільній галузі стосовно електричних машин впровадити у військову енергетику. Зокрема використовувати тяговий двигун електромобіля як генератор пересувної електростанції. Подібне впровадження потребує ряду додаткових досліджень та розробок, зокрема забезпечення заданого номіналу та частоти змінної напруги на виході генератора.

## **МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ПЕРЕСУВНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

*В.М. Андрущак; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Пересувні електростанції є невід'ємною складовою частиною систем електропостачання комплексів озброєння. У стаціонарних умовах вони забезпечують заданий рівень надійності електропостачання, а у польових умовах є основним джерелом електричної енергії. Для забезпечення роботи силового електроагрегату електростанції її оснащують рядом пристроїв власних потреб (ВП), які здійснюють заряд стартерних акумуляторних батарей, передпусковий прогрів дизельного двигуна, живлення автоматики, а також освітлення та вентиляцію. Враховуючи, що сучасний рівень техніки та технологій дозволяє значно підвищити масо-габаритні, надійнісні та економічні показники систем керування та виконавчих механізмів, пропонується розробка сучасної системи керування ВП пересувної електростанції на базі мікропроцесорної техніки.

Для вирішення поставленої задачі, попередньо, слід провести аналіз виконавчих елементів системи ВП для визначення можливості її вдосконалення та модернізації. Наприклад, актуальним є питання освітлення за допомогою діодних ламп, використання як приводних електричних двигунів сучасних двигунів з постійними магнітами, тощо. По-друге, слід провести аналіз сучасної мікропроцесорної техніки, на основі якої реалізуються алгоритми та принципи керування пристроями ВП.

У роботі проведено дослідження сучасних контролерів керування Texas Instruments Incorporated, які можливо використати для вирішення поставленого завдання щодо розробки мікропроцесорної системи керування. Зокрема, розглянуті принципи побудови та технічні характеристики регуляторів та перетворювачів напруги постійного струму, систем живлення діодних світильників, пристроїв керування електричними двигунами. Впровадження сучасних технологій керування дозволяє забезпечити ще більшу надійність та економічність допоміжних систем, а також електричної станції в цілому.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

*Д.А. Головчанський; А.О. Нечаус, к.т.н., доц.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Популяризація та поширення електромобілів останніми роками спонукали розвиток інфраструктури зарядних станцій, а також вдосконалення силових напівпровідникових перетворювачів. Збільшення потужності зарядної станції дозволяє скоротити час заряду електромобіля, що є однією з основних цілей,

яку прагнуть досягти автовиробники. Традиційно зарядна станція електромобіля являє собою напівпровідниковий перетворювач змінного струму електричної мережі на підвищену напругу постійного струму, параметри якої відповідають параметрам тягової акумуляторної батареї. При цьому, актуальним залишається питання щодо мінімізації негативних властивостей напівпровідникових перетворювачів, які викликають зниження якості електричної енергії, збільшення втрат потужності, погіршення умов роботи основного обладнання електричних мереж.

У роботі проведено дослідження принципів побудови зарядних станцій електромобілів та заходів, які вживаються для зменшення їх впливу на мережу живлення. Розглянуто типові схеми силових перетворювачів на основі MOSFET технології, визначено схеми, які доцільно використовувати у потужних перетворювачах, зокрема при живленні від трифазної мережі. Відмічено, що потужність зарядних станцій рівня 3 досягає 10-150 кВт при напрузі на виході від 50 до 800 В. Розглянуто методику визначення параметрів фільтруючих індуктивних та ємнісних елементів, які забезпечують заданий рівень якості напруги на вході та виході перетворювача.

Запропоновано використання силових напівпровідникових перетворювачів, побудованих за визначеними принципами, як джерел живлення підвищеної частоти для військових споживачів електричної енергії, на заміну традиційних електромашинних перетворювачів. Відмічено їх переваги стосовно масо-габаритних та шумових характеристик.

## **РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЕНТУ ДРУКОВАНОЇ ОБМОТКИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ З АКСІАЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОТОКОМ**

*А.О. Нечаус, к.т.н., доц.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Однією з основних вимог, які висувається до пересувної техніки, в тому числі і військового призначення, є високі питомі енергетичні та масо-габаритні характеристики. З початку тисячоліття, коли розвиток технологій виробництва постійних магнітів дозволив їх використання у широкому спектрі галузей виробництва, було відновлено розробку електричних машин з аксіальним магнітним потоком та збудженням від постійних магнітів, зокрема такого їх різновиду, як машини з друкованими обмотками. До переваг таких електричних машин відносять: менші габарити, вагу та масу, низьку інерційність, точність та швидкодію, кращі умови охолодження, вищі струмові навантаження. Обмотка статора такої машини виготовляється за технологією друкованого монтажу і може мати велике різноманіття виконань. Аналіз літератури свідчить, що на теперішній час, більша увага щодо теоретичних та експериментальних досліджень була приділена обмоткам зосередженого типу різної геометрії, хоча наявні відомості вказують на те, що обмотки розподіленого типу мають кращі енергетичні характеристики.

Основним параметром, який визначає енергетичні характеристики електричної машини з друкованою обмоткою, є коефіцієнт обмотки, який, в основному, залежить від її геометрії. Запропоновано модифіковану методику визначення коефіцієнту розподіленої друкованої обмотки на основі методу

кінцевих елементів. Наведено результати розрахунків коефіцієнту радіальної друкованої обмотки з перекриттям та без нього, а також залежності основних електричних та механічних характеристик електричної машини від її основних конструктивних особливостей. Проведені дослідження дозволяють провести розробку електричної машини з друкованої обмоткою на статорі зі збудженням від постійних магнітів в діапазоні потужностей від 0,01 до 30 кВт, яка може бути використана у військовій енергетиці.

## **ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУМІСНОСТІ АЕРОДРОМНИХ ЕЛЕКТРОАГРЕГАТІВ З АВІАЦІЙНОЮ ТЕХНІКОЮ КРАЇН-ПАРТНЕРІВ**

*О.М. Сокол*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У доповіді представлені результати визначення ступеню відповідності якості електричної енергії, генеруємої аеродромним пересувним електроагрегатом типу АПА-5Д, нормам визначеним ISO 6858. Отримані результати дозволяють стверджувати про невідповідність якості електричної енергії електроагрегату зазначеним нормам у перехідних режимах роботи, що обумовлює напрями його модернізації шляхом підвищення швидкодії каналів регулювання.

Найбільш раціональним способом підвищення швидкодії каналу автоматичного регулювання напруги та автоматичного регулювання частоти системи генерування трифазного змінного струму електроагрегатів типу АПА-5Д обрано спосіб заміни штатного блоку регулювання напруги та блоку стабілізації частоти на блок побудований на базі мікропроцесорних контролерів.

Розроблено прототип блоку стабілізації частоти змінного струму із використанням мікропроцесорного контролера серії STM32F4. На базі нього реалізовано регулювання частоти змінного струму за принципом ПІД-регулятора із використанням вимірювача швидкості обертання двигуна на базі датчика ефекту Холла та виконавчого механізму на електромагнітному регуляторі.

Впровадження запропонованих рішень дозволить забезпечити сумісність пересувних електроагрегатів типу АПА-5Д з електричними системами авіаційної техніки країн-партнерів.

## **DETERMINATION OF INSTALLATION PLACES OF CAPACITOR INSTALLATIONS IN THE NETWORK WITH VOLTAGE UP TO 1000 V**

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*V. Lapshyn; I. Myronenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In industry, networks with a voltage of up to 1 kV supply a significant number of consumers of reactive power. Therefore, the compensation of reactive power on the low voltage side contributes to the reduction of the installed power of the equipment, as well as to the reduction of active costs in the network.

The analysis of the existing recommendations regarding the places of connection of capacitor units in the implementation of the distribution network with cable lines and main busbars was carried out.

An example of determining the places of connection of capacitor units to the main bus ducts of the workshop network is considered.

When determining the installation location, the distribution of reactive loads along the busbar, the available number and capacity of capacitor units are taken into account.

The algorithm for determining the place of installation includes the calculation of the distribution of reactive loads along the busbar, checking the condition of compliance of the reactive power values near the possible installation point of the CU with the compensation conditions, and, on this basis, the connection point of the capacitor installation is actually determined.

It is established that if the main reactive loads are connected to the second half of the busbar, then only one capacitor bank is installed. Otherwise, it is allowed to install two batteries.

### **PECULIARITIES OF CHOOSING A CRITERION FOR ASSESSING THE FIRE HAZARD OF CABLE PRODUCTS DURING OPERATION**

*A. Katunin<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*O. Kolomiitsev<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor*

*<sup>1</sup>National University of Civil Defense of Ukraine;*

*<sup>2</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

The fire hazard of cable products is determined by the ability of wire and cable insulation to ignite when the conductor is heated and to form molten or hot particles at the time of a short circuit, which can create sources of ignition when flying over long distances. Indoors, this hazard of insulated wires and cables of electrical networks is increased due to the fact that such products contain a large amount of non-metallic insulating materials characterized by the ability to burn and emit heat, smoke, toxic and corrosive combustion products. A significant increase in the temperature of wires and cables may be accompanied by:

- softening or melting of the metals of the conductors;
- softening and ignition of insulation;
- destruction of contacts and other damage to electrical equipment in electrical networks.

Internal and external sources of ignition for cable products, including excessive heating of the conductor and insulation, sparks, electric arcs, and hot particles, are caused by the operation of electrical networks in emergency modes. In this case, emergency modes of operation may be as follows: short circuit, overload, overvoltage, presence of leakage currents, high transient resistance at the contact connections of cable products.

The ability of a cable product to withstand the thermal effects of electric current without damage that prevents further operation of the electrical network is called thermal resistance. An indicator of thermal resistance is the final temperature of the wire and cable; this maximum final temperature is limited by the mechanical strength of the metal, thermal deformation of the electrical equipment components of the electrical network, and the thermal resistance of the cable product insulation.

In turn, according to the current requirements, the following values of the heating temperature of cable cores are introduced and used in the operation of cable products:

– values of the permissible core heating temperature for long-term heating and short-term heating under overload;

– values of the maximum permissible core heating temperature for heating in the presence of short-circuit current and heating in the presence of short-circuit current under the condition of non-fire.

For different insulation materials of cable products, among which the most common are polyvinyl chloride plastic, cross-linked polyethylene and ethylpropylene rubber, the values of the permissible temperature and the maximum permissible heating temperature of the cores differ significantly and range from 70<sup>0</sup>C to 400<sup>0</sup>C. In this case, the fire hazard assessment of cable products should be carried out on the basis of a criterion that reflects the change in the heating temperature of the product during its operation, taking into account the specifics of operation.

It is advisable to separately assess the fire hazard of wires and cables for prolonged heating, short-term heating under overload, heating in the presence of short-circuit current, and heating in the presence of short-circuit current under the condition of nonignition.

To make appropriate assessments depending on the operating conditions, it is proposed to use the following criteria for the fire hazard of heat generation:

– for continuous heating conditions and short-term overload heating:  $T_{KV} \geq T_{DOP}$ , where  $T_{KV}$  is the temperature of cable products during operation,  $T_{DOP}$  is the permissible heating temperature of cable products;

– for heating conditions in the presence of short-circuit current and heating in the presence of short-circuit current under the condition of nonignition:  $T_{CW} \geq T_{MAXDOP}$ , where  $T_{CW}$  is the temperature of cable products in operation,  $T_{MAXDOP}$  is the maximum permissible heating temperature of cable products.

A reasonable choice of one of the above criteria will allow to take into account the nature of the temperature impact on wires and cables due to the specifics of operation of particular electrical networks.

## **RECLOSER: FUNCTIONAL DIAGRAM, CONSTRUCTION OF SECTIONING POINTS**

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Nasirov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The recloser is a complete multi-functional autonomous device for external installation on the supports of overhead power lines, combining advanced technologies of switching technology and microprocessor relay protection.

With the help of reclosers, numerous functions are performed, such as: a feeder at a district substation, an electrical network protection device, automatic disconnection of a damaged section of the network, automatic collection of information about network operation parameters, etc.

The functional diagram contains a switching module connected to the cable management cabinet. Information for telecontrol, telesignaling, and telemeasurement is transmitted from the control cabinet. Setting, control and management is carried out through a personal computer with appropriate software.

The switching module of the recloser contains a vacuum switch for switching power circuits. Current and voltage sensors are installed in the high-voltage inputs.



The current sensor is based on the Rohovsky coil, the voltage sensor is a capacitive divider. The control cabinet contains discrete input/output modules, a main microprocessor module, a control module for converting control signals into current pulses for feeding to the electromagnet of the switch, an uninterruptible power supply module with a storage battery.

Two main schemes of the sectioning point using reclosers for one-way and two-way power supply of the network are analyzed.

### **DETERMINATION OF THE COMPENSATING DEVICES POWER IN THE 10 KV ENTERPRISE DISTRIBUTION NETWORK**

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Pylypenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The relevance of the topic is explained by the need to reduce costs in the transmission and distribution of reactive energy in the power supply systems of industrial enterprises.

The total design power of high-voltage capacitor banks (HVCB) is determined by the product of the reactive powers on the 10 kV buses of all switchgears, the largest design load of workshop transformers, and the total reactive losses in workshop transformers. The reduction of the power of the compensating capacitors contributes to the value of the total power of synchronous motors, the value of the input reactive power from the power system on 10 kV buses.

It is noted that in the case of a request from the power system for the value of the input reactive power at a voltage of 35 kV and above, the consumption of reactive power in the transformers of the main step-down substation should be taken into account.

The total reactive power of the HVCB is distributed among individual switchgears or substations in proportion to their uncompensated reactive load on the 10 kV buses and is rounded to the nearest standard value of the power of the HVCB.

An example of determining the required actual power of HVCB on 10 kV buses for the main step-down substation of an industrial enterprise is considered.

### **АВТОКОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ У ВУЗЛАХ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА**

*М.Д. Петрук, к.т.н.; Д.С. Ступак, к.пед.н.; І.А. Іщенко  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Традиційно для компенсації реактивної потужності (РП) в електричних мережах застосовують спеціально підібрані конденсаторні батареї, які лиш частково при певних чітко визначених умовах дозволяють досягти прийняттого результату. В доповіді викладається результати дослідження ефективності компенсації РП адаптивною системою, яка періодично проводить вимірювання поточного значення зсуву фази між напругою і струмом та автоматично, за завчасно обраним алгоритмом підключає ту чи іншу секцію компенсаційних ємностей. Такий підхід дозволяє досягти більш суттєвої економії електроенергії у порівнянні з традиційним.

Для відпрацювання алгоритму та схемотехніки, перевірки ефективності застосування адаптивної компенсації РП був розроблений та виготовлений макет пристрою автокомпенсатора РП на основі мікроконтролера. Цей

пристрій дає можливість, у разі необхідності, швидко змінювати алгоритм адаптації, достатньо просто перепрограмувати мікроконтролер з урахуванням напрацьованих експериментальних даних.

Експеримент проводився на лабораторному обладнанні кафедри з активно-реактивним навантаженням не менше 1,4 кВА. Він показав, що застосування запропонованого макета автокомпенсатора РП дозволяє знизити загальну споживану потужність у середньому на 12 % в порівнянні з випадком роботи без автокомпенсації РП.

## **СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ**

*О.М. Гресь*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Планування військово-технічного забезпечення є складним процесом, який вимагає аналізу та врахування різноманітних факторів. Виконання завдань і здійснення заходів у короткостроковому та середньостроковому періоді оборонного планування не завжди дозволяє досягти довгострокових цілей.

Для успішного розроблення та впровадження у виробництво нових перспективних зразків озброєння й військової техніки необхідно створити нову систему озброєння військових формувань. Ця система повинна базуватися на загальносвітових тенденціях розвитку озброєння та військової техніки, включаючи розвиток сучасних засобів розвідки, захисту інформації, автоматизованого управління, роботизованих систем, високоточної зброї та інших аспектів.

Однак, аналіз ситуації у цій сфері показує, що існують загальні проблеми забезпечення сил безпеки й оборони, включаючи недостатній рівень забезпечення сучасними зразками озброєння та військової техніки, низький рівень фінансування й відсутність загальної державної концепції планування розвитку технічного забезпечення сил безпеки та оборони. Додатковим чинником є недостатній рівень уніфікації, що ускладнює ефективність технічного обслуговування.

Кризові ситуації, на які реагують сили безпеки та оборони, часто мають швидкоплинний характер, що вимагає негайних дій. Планування в таких умовах потребує врахування різних факторів, включаючи типи ситуацій та участь в них різних суб'єктів.

Стратегічне планування розвитку озброєння та військової техніки в Україні потребує комплексного підходу, врахування світових тенденцій, а також постійного вдосконалення технічного забезпечення сил безпеки та оборони.

## **ФОРМУВАННЯ СКЛАДОВИХ АМАТОРСЬКИХ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ**

*А.А. Зуб*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Зважаючи на велику кількість електричного обладнання, що використовується силами оборони України, існує нагальна потреба їх безперервного енергозабезпечення. Силами оборони України масово

застосовуються портативні акумуляторні зарядні станції EcoFlow, Bluetti, Anker, тощо. Серед українських виробників зарядних станцій, що можуть використовуватися у польових умовах – ТОВ “ТЕХПРОЕКТ-ІФ”, TISON, ТОВ “Промавтоматика Вінниця”, Вугевії. Велика кількість зарядних станцій передаються силам оборони України від звичайних громадян. На жаль, такі зарядні станції за своїми технічними характеристиками не завжди відповідають потребам військових. Основними складовими зарядних станцій є: модулі зарядки, інвертор, зарядний пристрій та акумуляторна батарея. Для універсальності модулі зарядки таких станцій мають мати потужність від 45 до 65 Вт, забезпечувати протоколи зарядки QC4+, QC4.0, QC3.0 та PD3.0 з виходами USB type-A та USB type-C. Здебільшого такі зарядки є “понижуючими” і працюють в діапазоні від 6 до 35В. Можливе застосування регульованого блоку живлення типу Buck Boost Converter ZK-4KX (0.5-30В) що живиться напругою від 5-30В. Для отримання перемінної напруги 220В використовуються інвертори, більшість з яких мають діапазон вхідної напруги від 9.5 до 15В та від 20 до 30В постійного струму. Виходячи з вище зазначеного і маючи до уваги що буде використовуватися зарядка на 30-40А/г доцільно використовувати акумуляторну збірку ємністю на 60-120А які можливо зарядити за 3-5 годин. Таким чином основу таких зарядних станцій складають 7S Li-Ion (29.4В) та 8S LiFePo4 (29.2В) акумуляторні збірки.

## **СЕКЦІЯ 18**

### **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ**

Керівники секції: полковник Козел В.В.;  
д.т.н. проф. полковник Кононов В.Б.  
Секретар секції: підполковник Запека В.Ю.

#### **USE OF FORCES AND MEANS OF METROLOGICAL SUPPORT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE DURING THE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*V. Koziel*

*Department of Metrology and Standardization of Armaments of the Logistics Forces  
Command of the Armed Forces of Ukraine*

With the beginning of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, the main efforts of the Department of Metrology and Standardisation and subordinate regional metrological military units (hereinafter – RMMU) were focused on the implementation:

- receiving international technical assistance, distribution and delivery of AN/TPQ counter-battery radar stations (hereinafter – CB RS) to the troops, as well as organising their maintenance and repair;
- restoration of fire control systems of WME samples by field metrology teams (hereinafter – FMT);
- metrological maintenance of control and test equipment (hereinafter – CTE);
- a set of measures to ensure the uniformity of measurements, both in stationary conditions and by FMT.

Since the beginning of the armed aggression of the Russian Federation, Ukraine has received more and more SB RS of the AN/TPQ-36, 37, 48A, 49, 49A and other nomenclatures, spare parts for the restoration of SB RS from partner countries, and their intensive use during active hostilities requires a significant increase in the need and volume of their maintenance and repair.

The main cause of RS failure is combat damage. At the same time, as a result of RS defecting and repairing, it was found that a number of malfunctions are related to improper operation or low level of training of RS crews.

The forces and means of the FMT from the RMMU in the military units (subunits) of the operational command of troops (operational-territorial command) are constantly working to restore the fire control systems, sights, night vision devices, rangefinders, communications and power supply of the BTOT, and special equipment of anti-aircraft missile systems.

Restoration work is carried out by FMT forces and equipment at the locations of failed WME samples or at assembly points of damaged vehicles of the operational control of troops (operational-territorial command), military unit.

The main reason for the failure of fire control systems and guided weapon systems is combat damage and high intensity of WME use.

Thus, when substantiating the tasks of training military specialists in metrological support of troops (forces), it is first of all necessary to determine a set of measures to ensure the uniformity of measurements, both in stationary conditions and by FMT forces, which allows to obtain an order plan for the metrological support of troops (forces), the implementation of which provides an opportunity to maintain the combat readiness of troops (forces) during hostilities.

**OPTIMIZATION OF CALIBRATION INTERVALS WHILE OPERATING  
SAMPLES OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT  
OF THE TROOPS (FORCES) OF THE ARMED FORCES  
OF UKRAINE DURING COMBAT OPERATIONS**

*V. Kononov, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Based on the experience of the russian-Ukrainian war, an important task arises to maintain high mobilisation and combat readiness of weapons and military equipment of the troops (forces). The development and sophistication of weapons and military equipment, the receipt of the latest weapons and military equipment as international technical assistance, the tightening of requirements for their effectiveness and readiness for use, the growth of the number of parameters to be measured (controlled), the role of measurements in increasing the combat readiness of troops, preparing weapons and military equipment for use, and their restoration determine the importance of metrological activities in the field of state defence. This is established through the work of field metrology teams that ensure the uniformity of measurement of weapons and military equipment of troops (forces), for which it is necessary to clearly understand the terms of inter-verification intervals of measuring equipment.

Considering this to be an urgent scientific and technical task, the improvement of the system of metrological maintenance of weapons and military equipment (WME) samples by increasing the capacity of field metrological teams in the field of verification of measuring instruments, taking into account the latest weapons and military equipment received as international technical assistance by optimising the inter-verification intervals during the operation of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine.

**NEWEST REQUIREMENTS FOR MAINTENANCE OF DEFENCE  
CAPABILITY OF WEAPONS AND MILITARY TECHNIQUE BY THE  
FORCES AND MEANS OF METROLOGICAL SUPPORT OF THE ARMED  
FORCES OF UKRAINE IN THE MIDST OF russian ARMED AGGRESSION**

*V. Ivanchenko  
Department of Metrology and Standardization of Armaments  
of the Logistics Forces Command of the Armed Forces of Ukraine*

Since the beginning of russia's full-scale aggression against Ukraine, troops and forces are being equipped with new highly effective means of armed struggle, which requires increasing the importance of all types of support, including technical support. An important part of the technical support of the Armed Forces of Ukraine is the system of metrological support of troops (forces), the perspective direction of improvement of which is to ensure that the metrological service of WME meets the new requirements for maintaining the combat capability of weapons and military equipment. The new requirements primarily include: mobility, autonomy and expansion of the production capabilities of metrological military measuring equipment; measures to protect, safeguard and defend, ensure the survivability and restore the combat capability of metrological units during hostilities. The efficiency and reliability of the metrological support of troops (forces) also plays an important role.

The efficiency of metrological support is achieved by: flexible and stable management of forces and means of metrological support; timely decision-making; fast and accurate communication of tasks and orders to the troops (forces) in terms of metrological support; focusing the main efforts on the restoration of the FTA in the combat orders of the troops (forces), on WME samples that solve the main tasks during hostilities; skilful use of local resources to solve the problems of metrological support; taking measures to reduce labor costs and workload during the restoration of the FTA.

The manoeuvrability of metrological support should be achieved by: maintaining the mobility of metrological bodies; skilful distribution (redistribution) of forces and means by directions and echelons of troops (forces).

All this allows for the implementation of measures to ensure the uniformity of measurements, which, in general, allowed to maintain the proper level of serviceability and equipment of measuring equipment, control of WME parameters of military units and subdivisions in the course of their acquisition of combat capability in permanent deployment and in the areas of combat operations in order to maintain them in a technically sound condition for the Armed Forces of Ukraine to perform tasks under the legal regime of martial law.

### **MAIN TASKS OF METROLOGICAL SUPPORT OF SAMPLES OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE DURING THE ARMED AGGRESSION OF RUSSIA**

*V. Boiko*

*Logistics Forces Command of the Armed Forces of Ukraine*

With the beginning of the full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine, the importance of all types of support, including technical support, of which metrological support (MS) is a component, has significantly increased. According to the current guiding documents, MS is organised and carried out to maintain combat and mobilisation readiness and restore the combat capability of enterprises, institutions and organisations under the control of the Ministry of Defence of Ukraine, associations, formations, military units, military educational institutions, institutions and organisations of the Armed Forces of Ukraine.

The main tasks of metrological support are as follows:

- achieving high efficiency in the use of WME, maintaining their combat and operational properties;
- organisation and execution of works aimed at ensuring the uniformity of measurements in military units and institutions;
- carrying out metrological control and supervision in units and institutions;
- conducting metrological examination of documentation at all stages of the WME life cycle;
- performing research and development work in the field of MS;
- ensuring the reliability of measurements of WME parameters, as well as equipment used in the treatment and diagnosis of personnel, determining the levels of radioactive contamination and exposure, organising control over the consumption of material resources, compliance with safety requirements and established standards for the provision of personnel;
- training and advanced training of military specialists in the field of MS.

The effectiveness of the intended use of weapons and military equipment (WME) samples largely depends on their technical condition and the

degree of readiness to perform their intended tasks. As a result, the requirements for ensuring the potential capabilities of existing WME models to effectively perform their assigned tasks are constantly increasing. This can be achieved by improving the technical condition of WME samples and improving their logistics support in order to achieve the potential values of the indicators of purpose and reliability.

**PROPOSALS FOR IMPROVING THE METHODOLOGY  
FOR DETERMINING THE OPTIMAL NUMBER OF MEASURING  
INSTRUMENTS DURING METROLOGICAL MAINTENANCE  
OF AVIATION EQUIPMENT**

*V. Mosharenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
I. Bardatska; T. Mosharenkova; V. Zapeka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The security situation that has developed in Ukraine over the past decade requires a targeted policy in the process of building an effective system of metrological maintenance (MOM) of state aviation. Due to the dynamic development of aviation equipment (AE) using the latest achievements of science and technology, there is a constant increase in the nomenclature and number of controlled parameters of AE and the complexity of MOM during its operation in the military, which naturally leads to a corresponding increase in the types and types of measuring instruments (MI) used to measure (control) the parameters of AE during their MOM, in particular, as part of the control and inspection equipment of aviation systems for various purposes.

Therefore, the relevance of improving the methodology for determining the optimal number of MDs during MOM of AE is constantly growing and is a requirement of the present, and the implementation of the government programme, together with the implementation of measures regulated by the guidelines, will ensure the required level of efficiency of the MOM system for the parameters of AE samples.

In the report, the authors propose an improved mathematical model of the methodology for determining the optimal amount of MD during MOM of AE, which will allow to achieve maximum efficiency of AE using in combat readiness. At the same time, MD will be in constant readiness for use and provide the necessary measurement accuracy and reliable assessment of the parameters (characteristics) of both units and systems of AE.

**PROPOSALS FOR IMPROVING THE SYSTEM OF METROLOGICAL  
MAINTENANCE OF RADAR STATIONS**

*T. Mosharenkova; Ye. Kovalchuk;  
V. Mosharenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Sapelnykov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The dynamic growth in the volume of tasks for the provision of combat and intelligence information, which are solved with the help of a radar station (RS), has significantly exacerbated the issue of the quality of its maintenance, or, if necessary, the restoration of its combat capability. It is quite natural that metrological maintenance, in the system of technical support, is an important stage in the process of controlling the location of many parameters within certain limits, which, in turn,

involves further setting, adjusting or repairing them using various measuring devices (MD).

To ensure trouble-free operation of RS, an appropriate metrological maintenance system (MOM) is required that will meet the defined performance indicators. At the same time, one should be guided by modern MD models.

In the report, the authors define the features of RS as an object of MOM. The authors analyse the MOM system of the Air Force RS and show its role and place in the system of aircraft operation. The result of the study is the development of a generalised mathematical model of the RS MOM system of the Air Force.

Thus, it is quite clear that by applying the mathematical model of the MOM RS system developed in the course of the study to control the main parameters of the RS using MD, we will be able to determine the quality of control of the RS output characteristics with a high probability, as well as to take into account possible deviations in the process of its operation.

## **ANALYSIS OF THE METHODOLOGY FOR ESTIMATING THE UNCERTAINTY OF THE MEASUREMENT RESULT**

*A. Naumenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The theory of errors, which was formed on the basis of theoretical and experimental studies and is legally enshrined in national regulations, is still widely used to solve practical metrological problems. Nevertheless, since the 70s of the twentieth century, the international community of metrologists has gradually accumulated dissatisfaction with the accepted ideas about the quality of measurements and their inconsistency with modern requirements.

Modern theory has a slightly different approach to assessing the quality of the measurement result. First of all, attention is drawn to the fact that the experimenter knows the measurement result and the unknown true value, and therefore it is impossible to use the error as a measure of its deviation from the unknown true value of the measured value to assess the quality of the result. Therefore, in this case, it is necessary to use another quantitative characteristic of measurement quality. In addition, due to globalisation trends in all spheres of human life, there is a problem of unified assessment and presentation of the quality characteristics of the measurement result, as it was done on a global scale by implementing the International System of Units (SI). An attempt at such an approach was made by introducing a new metrological term uncertainty (indeterminacy) of the measurement result.

## **ANALYSIS OF INTERFACE FUNCTIONS OF SYSTEM MEASURING DEVICES**

*A. Naumenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When constructing information and measurement systems used for automatic control of technological processes of technical systems, in systems for warning of an unsafe condition or the occurrence of a failure of various equipment, the task of telemetry of various physical quantities arises.



When implementing such systems, contradictory requirements are imposed on measuring transducers. On the one hand, high accuracy, time stability and identical output characteristics, and on the other hand, simplicity of design, high reliability, and low cost.

An effective way of television measurement of parameters is the method based on their conversion into alternating current frequency, and time into digital equivalent.

It should be noted that this method is applicable not only to television measurements. Wherever there is a need to convert a non-electrical analogue value into a digital form, the use of this method often leads to the most effective solution to the problem.

### **IMPROVEMENT OF THE METROLOGICAL SUPPORT MANAGEMENT SYSTEM DURING WME REPAIR**

*V. Mosharenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Voitenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*T. Mosharenkova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the russian-Ukrainian war, the Armed Forces of Ukraine have been receiving the latest models of weapons and military equipment (WME) from partners. Over time, the issue of its maintenance and repair, including metrological support (MS), will arise.

The requirements for metrological support (MS) of maintenance and repair (M&R) of WME should be a set of actions aimed at ensuring, firstly, the uniformity of measurements, and secondly, the required accuracy of measurements. This will lead to a reduction in such components of quality costs as measurement costs, losses from internal and external defects during the maintenance and repair of WME. Thus, the main task of work with MS at repair enterprises (units) is to create conditions for obtaining reliable and accurate measurement information. The guarantee of such reliability can be the improvement of the metrological support management system (MSM) of measurements during maintenance and repair of WME.

Based on the results of the analysis, the authors propose to use the Deming control principle to improve the MS management system during the maintenance and repair of WME. This approach will allow solving several problems with MS during maintenance and repair of weapons and military equipment: first, it will provide better control of MS processes; second, it will reduce the risk of the possibility that measuring equipment and measurement processes will give incorrect results that may affect the quality of work during maintenance and repair, and as a result, the incapacity of the Armed Forces units.

### **PROPOSALS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM MANAGEMENT OF CALIBRATION LABORATORIES IN THE DEFENCE SECTOR OF UKRAINE**

*S. Voitenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since the beginning of the full-scale invasion of Ukraine by the russian federation, foreign weapons, military and special equipment (WME) have been supplied by partner countries. The prolonged war raises acute issues of maintenance

and, accordingly, metrological support of these products. In the system of metrological support of the Armed Forces of Ukraine, the main types of metrological work are: verification and repair of measuring instruments that do not belong to the scope of legally regulated metrology and are in operation; metrological maintenance of special control and verification equipment. In the partner countries from which Ukraine receives the WME, the main type of metrological work is: calibration of measuring equipment. In order not to waste time and start preparing for the deployment of calibration laboratories in the Ukrainian defence system, and most importantly, to ensure that the results of these works are recognised by partner countries, it is necessary for Ukrainian laboratories to meet the general requirements for the calibration laboratories in these countries.

The report provides proposals for the development of a standard quality guideline for a calibration laboratory in the defence sector of Ukraine. It describes the procedures of relevant activities to confirm the compliance of the calibration laboratory with the requirements of EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT. The report also offers some necessary forms of documents to confirm the implementation of these procedures and the procedure for their identification.

#### **ANALYSIS OF THE MAIN TASKS OF ENSURING THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS IN THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*S. Voitenko<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Kalinichenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Logistics Command of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine*

Since the beginning of the full-scale invasion of Ukraine by the Russian Federation, the Air Forces (AF) of the Armed Forces of Ukraine (AFU) have been fully performing combat missions to protect the airspace of our country.

It should be noted that in order to perform combat missions properly, it is necessary to determine the technical condition of weapons, military and special equipment (WME) used. An urgent task to prevent decrease in the required reliability of determining the real equipment state and a decrease in the combat capabilities of the WME is to ensure the uniformity of measurements as the basis for achieving the required accuracy of measurement results and their reliability.

With the adoption of foreign the WME (including unmanned aerial vehicles) by the AFU and the difference between the system of metrological support for these products and the existing one in the AFU, there is a need to clarify the tasks of ensuring the uniformity of measurements for these products. The report presents the results of the analysis of the regulatory documents of the Ministry of Defence of Ukraine and the AFU on metrological activities in the AFU, identifies the main differences in the metrological activities implemented in the countries from which the WME are supplied. According to this analysis, the main tasks of ensuring the uniformity of measurements in the AFU are substantiated. Proposals are made for the hierarchical distribution of functions among different levels of the metrological support system of the AF the AFU to perform tasks to ensure the uniformity of measurements to achieve a single goal.

**ANALYSIS OF LEGAL, REGULATORY, LEGAL AND ADMINISTRATIVE DOCUMENTS CONCERNING METROLOGICAL ACTIVITIES IN UKRAINE AND THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*S. Voitenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; O. Babych  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Since 2014, Ukraine has been harmonizing its technical regulation system with the European system, which also refers metrology. Changes in the definitions of metrological terms and legislative requirements in this area have led to problems in various areas of activity in Ukraine with regard to the verification and calibration of measuring instruments (MI).

The report represents inconsistencies in the regulatory documents of the Ministry of Defence of Ukraine (MoD) and the Armed Forces of Ukraine (AFU) regarding changes in the regulatory legal acts of Ukraine concerning metrological activities. The article demonstrates that the content of these documents meets modern requirements, but due to a radical change in the interpretation of the terms, namely verification and calibration, most of these documents simply lose their meaning. The article explains the concepts of verification, calibration, metrological confirmation and substantiates their application in determining specific works to establish compliance of the MI with the requirements set for them.

In order to eliminate terminological inconsistencies in the normative documents of the MoD and the AFU, it is proposed to develop and implement a terminological standard for ensuring uniformity of measurements in the defence sector of Ukraine.

**PROPOSALS FOR HARMONISATION OF THE SYSTEM OF METROLOGICAL SUPPORT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE WITH THE RESPECTIVE SYSTEMS OF THE ARMED FORCES OF NATO MEMBER STATES**

*S. Voitenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Siadrysty  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Armed Forces of Ukraine (AFU) use tens of thousands of measuring instruments to carry out measurements to check the parameters and characteristics and test weapons, military and special equipment (WME). The basis for achieving the required accuracy of measurement results and their reliability is the fulfilment of the main task of metrological activity in the AFU – ensuring the uniformity of measurements.

The report provides analysis of the experience of using means of metrological support of the AFU during the armed aggression of the Russian Federation, which confirms that the main thing to ensure the uniformity of measurements in the AFU remains the verification of measuring instruments. And this is no coincidence, as most of the WME used during this period are legacy products from the Soviet Union. The more the supply of the WME from partner countries increases, the more acute the issue of their technical support (including metrological) becomes. The report provides proposals for the construction of the metrological support system (MSS) for foreign-made the WME, but in order to provide metrological support for these products, it is necessary to meet the NATO requirements for confirming the results of test and measurement equipment calibration.

It is proposed to start work on the deployment of calibration laboratories in the MSS of the AFU that meets the requirements for the competence of calibration laboratories of the MSS of the armed forces of NATO member states. Proposals are made for priority steps for implementation and introduction of measuring equipment calibration in the MSS of the AFU.

### **OPTIMIZATION OF THE INPUT VOLTAGE CORRECTION ALGORITHM IN THE AUTOMATED CALIBRATION OF THERMAL VOLTAGE CONVERTERS**

*S. Klymchenko<sup>1,2</sup>; O. Udnikov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A0785*

When calibrating thermal voltage converters (TVC) by means of electric voltage military secondary standard in the voltage range from 0,1 V to 1000 V and in the frequency range from 10 Hz to 30 MHz, the thermal electromotive force (TEMF) value of the reference TVC ( $E_0$ ) is used. With the automated main error determination, the  $E_0$  value is provided by correcting the input voltage based on the TVC factor as well as on the difference between the current (at a given time) TEMF and the reference TEMF  $E_0$ .

The TVC factor is not a constant value and changes over time due to uneven heating of the heater, heteropolarity, and Foucault currents. These processes affect the change in reference TEMF over time at a constant input voltage. In case when the TVC drift are close to or higher than the voltage correction value, the  $E_0$  value is not provided. The reason is that between the application of the correction voltage and the measurement, a time passes during which the reference TEMF (due to drift) changes by a value exceeding the specified tolerance.

To eliminate this phenomenon, it is proposed:

- to analyze the nature of the TVC drift at the specified calibration voltage and frequency within 1 minute before the measurements;
- to carry out a quadratic approximation of the obtained data;
- when calibrating, depending on the measurement time, to calculate the drift value and to add it (or subtract it, depending on the drift nature) to the correcting value of the input voltage.

Such an improvement will reduce the time of  $E_0$  value adjustment which in turn will reduce the error of different time measurements and the calibration duration.

### **THE LOCAL FEATURES IN THE FREQUENCY RESPONSE OF THE MILITARY SECONDARY WAVEGUIDE POWER STANDARD AT 71, 75, AND 77 GHz**

*Yu. Krykhtin<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences; S. Klymchenko<sup>1,2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A0785*

In the materials of the 6th KAFU scientific conference "New technologies – to protect air space" (pp. 256–257) there was discussed the phenomenon of resonance in the frequency response around 25.86 GHz ( $\pm 0.1$  %) for the KMM-11A waveguide power calibrator used as a part of the military reference power standard in the frequency range from 5.64 GHz to 37.5 GHz. The main conclusion was stated: the

ambiguity of the frequency set within  $\pm 0.1$  % can lead to an excessive increase of calibration factor measurement uncertainty (20 % or more). The problem was solved by shifting the control frequency to the left and reducing the tolerance for the signal generator frequency value by 10 times, i.e. 25.84 GHz ( $\pm 0.01$  %).

A similar phenomenon (high slope of the frequency response) in the neighborhood of the points 71, 75, and 77 GHz ( $\pm 0.05$  %) was detected when determining the calibration factors of the M1-25/2 waveguide comparator that is a part of the military secondary power standard in the frequency range from 37.5 GHz to 78.33 GHz. A study of this phenomenon was conducted, during which multiple measurements were made with the help of a group standard consisting of three M646A standard power meters (differential calorimeters with dry load and self-compensating transistor converter). After analyzing the obtained results, it was possible to calculate the measurement uncertainty of M1-25/2 calibration factor. According to the operational documentation (specification) requirements this measurement uncertainty should not exceed 0.6 %. The value obtained in the course of calculation was up to 5 %. Therefore, in order to solve this problem, it is necessary, as in the previous case, to reduce the frequency deviation tolerance by 10 times, i.e.  $\pm 0.005$  %.

## **PROBLEMS OF TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT IN THE CONTEXT OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*V. Zapeka*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Current threats and challenges to Ukraine's national security require a review of approaches to the development of the country's military-technical policy, taking into account the urgent need to modernise and update existing and create promising weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine.

Currently, the state of the existing weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine lags far behind modern and future requirements for military equipment. Therefore, today there is a need for technical re-equipment of the Armed Forces, focused on the implementation of NATO standards and taking into account the current state of armaments.

The conditions of limited budgetary resources and economic instability of Ukraine require that the main efforts be directed towards maintaining the technical efficiency of existing military equipment and its modernisation.

The objective reality is that most of the existing weapons have a long service life, show moral, technical and physical obsolescence, cause technical malfunctions and do not meet modern requirements.

The conditions of instability and changes in organisational structures during the reforms of the Armed Forces of Ukraine, as well as the actual use of weapons during the Russian-Ukrainian war, lead to the depletion of military and technical equipment resources, which requires systematic measures to maintain its combat readiness and perform its assigned tasks.

Improvement of existing equipment and creation of future military-technical equipment, development of new types of weapons and tactical methods of warfare require maintaining combat readiness and effectiveness of the Armed Forces depending on the level of modernisation of military-technical equipment. The growing role of modernised military and technical equipment in modern conditions

is due to the increase in the spatial and temporal parameters of armed struggle and changes in the tactics and strategy of using the Armed Forces. Therefore, it is important to take into account the growing responsibility for effective decision-making, which stems from the increase in the combat power of weapons.

### **DETERMINATION OF A SIGNAL WITH A NORMALISED SPECTRUM FOR MEASURING THE AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC OF THE STUDIED LINEAR DYNAMIC SYSTEMS**

*Yu. Rafalskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the full-scale aggression of the Russian Federation, it is of great importance to improve the quality of processing of radar information received from weapons of the radio technical troops of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine with the subsequent determination of the air situation and conducting radar reconnaissance.

Acquisition, processing and delivery of radar information by the radar station operator of the radio engineering troops is impossible without the formation of an undamaged signal, which is the main combat task of the radar station operator of the radio engineering troops of the Air Force of Ukraine. This task requires determining the criteria for the optimality of signals generated with a normalised spectrum, since the features of the systems under study, the measurement methodology, the properties of the equipment involved in the measurements, the influence of enemy interference, etc. impose certain restrictions on some characteristics of a signal with a normalised spectrum.

The shape and spectral composition of the measurement signals are determined by the purpose of the calibrators and must be specified in each specific case of using a signal with a normalised spectrum. Therefore, it is advisable to analyse various measurement signals that can be used for metrological support and identification of linear systems by assessing their compliance with a certain set of criteria. To this end, the paper considers the definition of a signal with a normalised spectrum for measuring the amplitude-frequency response of the studied linear dynamic systems (LDS) and provides a classification of the criteria for the optimality of such signals.

### **IMPROVEMENT OF AN/TPQ-36/37 STATIONS USING THE RADAR OPERATIONAL CONTROL SYSTEM (ROCS)**

*V. Zapeka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The AN/TPQ-36/37 counter-battery radar stations provided to Ukraine by the US military have proven themselves on the battlefield. Improvements to the stations using the Radar Operational Control System (ROCS) from BES Electronic Systems have significantly improved the performance of these radars at minimal cost.

RS AN/TPQ-36/37 with ROCS are faster and more accurate. By using DTED level II digital terrain data with powerful processors, these RSs can detect, display and transmit the coordinates of more than 10 artillery weapon systems (or more) per minute.

The upgraded OCG includes two workstations with two 19-inch BARCO LCD displays. The ROCS system allows additional laptop workstations to be used by operators or technicians inside or outside the radar shelter. The user can add additional laptop workstations via the system LAN.

The left workstation is called the Weapon Location Display. It is used for radar operation, target acquisition and weapon location.

The right workstation is called the "Fire Control Display". It is used by the RS officer for control, firing and communications.

The two workstations allow RS operators to distribute the workload and increase the throughput of target detection and data transmission to headquarters and batteries.

The radar system's "automatic mode" provides the operator with fully automatic altitude correction and unobstructed target acquisition. This mode can be used during intense artillery attacks to collect a large number of enemy weapons, process and transmit as many targets as possible as quickly as possible.

Each time a new target is acquired, it is automatically elevated, processed and sent to remote users without operator intervention.

The RS AN/TPQ-36/37 with ROCS can track and store up to 500 enemy targets. To protect life and limb, operators can control the stations from remote laptops via a local network or Wi-Fi. The AN/TPQ-36/37 radar with ROCS automates operation and reduces operator qualification requirements, provides detection of up to 50 priority artillery zones, has an open architecture, implements a protocol for transferring digital data to other radar systems and batteries, and has automatic initialisation and software download.

## **OPERATING MODEL OF MEASURING DEVICES**

*Yu. Kushnieruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The operation of measuring instruments that are part of a complex product is strictly linked in time to the operation of the product itself. At the same time, apart from the periods of intended use, storage and transportation, measuring instruments are subject to calibration to ensure uniformity, and faulty ones are subject to adjustment or repair. Modern sophisticated measuring instruments, measuring systems and automated control systems have a self-testing or self-monitoring mode. The current state of self-testing and self-monitoring does not allow assessing the quality of the measuring instruments operation process.

In the probabilistic analysis of the processes of operation of measuring instruments, their metrological maintenance, taking into account the lack of verification and regulation, the listed states are added to the states of measuring instruments that are still hidden from observation. These are the use of a measurement control system with a failed response, verification and self-testing of an inoperable measuring instrument and repair of an operable measuring instrument. These conditions are caused by a lack of inspection and adjustment of measuring instruments and are fundamental.

The lack of verification and adjustment was first taken into account when building a model of metrological maintenance of measuring instruments using the methods of control theory in this work, and when building a Markov model of

operation of measuring instruments. The report presents and analyses the model of operation of measuring instruments, which has 10 different states, including the states caused by the lack of inspection and adjustment.

In the operation of measuring instruments using the Markov model with discrete states and continuous time, measurements and measurement control of the parameters of the serviced product are performed, being in one of two possible states – operable and inoperable with a latent failure. being in these states, the measuring instrument can suddenly fail with a certain intensity and make a transition to the inoperable state, while it is removed from operation and transferred to the recovery state. From the state of operability, the measuring instrument can be subjected to verification with a periodicity of  $T_p$  and with a periodicity of  $T_{st}$  – self-testing. Self-verification is understood as an automated determination of the performance of a measuring system with the help of exemplary measuring instruments built into it according to a certain shortened programme.

### **ISSUES OF DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SOLVING TASKS OF ALLOCATING LIMITED RESOURCES IN MANAGING METROLOGICAL SUPPLY IN THE COURSE OF RUSSIA'S ARMED AGGRESSION**

*O. Shuryhin, Candidate of Technical Sciences*

*Department of Metrology and Standardization of Armaments  
of the Logistics Forces Command of the Armed Forces of Ukraine*

An effective way to increase the efficiency of metrological support aimed at maintaining a given level of combat readiness of weapons and military equipment (WME) is to improve the management of resource allocation of metrological units. The absence of an automated management system for metrological support does not allow for high-quality planning of MOM WME, which negatively affects the planning of metrological maintenance of weapons and military equipment by field metrological teams during the armed aggression of the russian federation.

In order to create an automated control system (ACS) in the field of logistics, which should manage the metrological support of WME samples in the Armed Forces of Ukraine, it is necessary to develop information technologies for the allocation of resources of metrological units, namely: determining the distribution of field metrological groups, planning their routes, especially under the existing restrictions on cost and time costs.

When developing these information technologies, it is necessary to take into account the experience of the russian federation, when decisions are influenced by unforeseen factors, such as changes in the tasks assigned to the Armed Forces of Ukraine, changes in the state of armaments and the corresponding change in the number of orders for metrological services, changes in the state of transport communications.

Thus, the scientific task related to the need to improve the planning of metrological maintenance of weapons and military equipment by field metrological groups during the armed aggression of the russian federation, based on the subsystem of support for decisions on metrological maintenance of weapons and military equipment by field metrological groups of regional metrological units of the Armed Forces of Ukraine in terms of developing information technologies for solving the problems of allocating limited resources in the management of metrological facilities.



**PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY  
OF METROLOGICAL MAINTENANCE OF THE CONTROL  
AND VERIFICATION MACHINE "9B839M" BY THE SERVICE  
OF FIELD METROLOGICAL GROUPS**

*O. Koval, Candidate of Technical Sciences; A. Olkhovikova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The armed aggression of the Russian Federation requires constant combat readiness of all forces and means. At present, an important role is assigned to air defence systems. The use of unmanned aerial vehicles and cruise missiles by the Russian Federation requires constant readiness of air defence systems throughout Ukraine. One of these weapons and military equipment (WME) is the "Strela-10" air defence missile system, which is designed to engage air targets at low altitudes.

The effectiveness of this system depends on many factors, one of which is the quality and completeness of maintenance. One of the means of technical support for the subunits equipped with the "Strela-10" air defence missile system is the "9B839" control and inspection machine (CIM). The CIM is designed to perform tolerance control of the main parameters of "9M31M", "9M37", "9M37M" and "9Ф918M" missiles during their service in the army.

The metrological maintenance of the "9B886" CIM "9B839M" control equipment is carried out by the field metrology teams (FMT) at their deployment sites. In accordance with the requirements of the guiding documents, the measuring devices (MD) required for the metrological maintenance of CTE are partly in the composition of the CIM, and partly provided by the FMT. Taking into account the service life of MDs from the CIM, that is, their low reliability, it is advisable to use MD FMT. In addition, in order to reduce the number of MDs during maintenance and increase the reliability of monitoring the parameters of the "9B886" control equipment, it is worth replacing them with modern MDs. For example, during metrological maintenance, such MDs as "B7-34", "B7-16", "Ц4353" are used, which can be replaced with a modern multimeter while maintaining the required accuracy.

Thus, it is advisable to revise the methodology for metrological maintenance of control equipment "9B886" CIM "9B839M" with consideration of replacing MDs with modern ones. The implementation of the proposals makes it possible to disregard the condition of MD from the CIM, reduce maintenance time and increase the reliability of parameter control.

**PROPOSALS FOR AUTOMATION OF THE PROCESS OF PROCESSING  
THE RESULTS OF VERIFICATION OF COMBINED PORTABLE  
INSTRUMENTS IN MILITARY METROLOGICAL LABORATORIES**

*O. Koval, Candidate of Technical Sciences; O. Babych; D. Basova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When repelling the armed aggression of the Russian Federation, the time of finding samples of weapons and military equipment (WME) in good condition plays a major role. During operation, the parameters are checked and adjusted or repaired based on the results. The reliability of the control results primarily depends on the metrological characteristics of the control equipment. Periodic verification of measuring devices (MDs) allows to maintain the reliability of control at a high level,

but during the verification period, WME samples remain without control means. Therefore, it is advisable to reduce the time for verification.

The most common type of MD is a combined portable instrument. In accordance with the requirements of the guidelines, the average calibration of such MDs takes 2.5 hours. With the use of modern MDs as working standards, the time for verification has been significantly reduced, but the processing of the results of metrological characteristics control still takes a significant part of the time. This is due to the fact that combined instruments allow measuring several physical quantities and have a significant number of measurement limits and numerical designations. The use of information technology makes it possible to reduce the possibility of subjective error when processing a large number of results, to save the results of verification in electronic form and to be able to analyse the results of verification at any time or to identify the causes of malfunctions.

It is proposed to use Excel to create a form of working records for the verification of combined devices, in which, depending on the type of combined device, the values of permissible errors at each numerical value are automatically determined in accordance with the accuracy class of the device for each physical quantity. In addition, the proposed form takes into account the presence of additional errors during verification in the field. Using the capabilities of Excel, it is possible to set up an automatic conclusion on the suitability of the MD and provide suggestions for further operation.

Thus, the implementation of this proposal will make it possible to reduce the time for verification of combined devices, reduce subjective error, especially when the verifier has little experience, as well as record and store verification results.

### **PROPOSALS FOR IMPROVING THE METHODOLOGY FOR CALIBRATION OF ANALOGUE AC VOLTMETERS USING CALIBRATORS**

*O. Koval, Candidate of Technical Sciences; N. Yahodka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The effectiveness of the use of weapons and military equipment (WME) depends on the quality and completeness of maintenance, proper operation and professionalism of the personnel. The armed aggression of the Russian Federation requires constant readiness of WME for use. Preparation of WME includes monitoring of parameters using measuring equipment. The reliability of parameter control primarily depends on the metrological characteristics of the MDs. Therefore, it is imperative to perform timely and high-quality verification of MDs. One of the most common means of controlling WME parameters is voltage measurement.

To determine the main metrological characteristics of electronic voltmeters, MDs of the "B1-8", "B1-9", "B1-16" and other types are used. One of the problematic issues is that these MDs are already outdated both physically and morally. Therefore, it is advisable to consider replacing them with modern calibrators that have higher metrological and technical characteristics. For example, Fluke 5720A, which reproduces AC voltage in the range from 220  $\mu$ V to 1100 V at a frequency of 10 Hz to 1 MHz, which is much better than the existing fleet of domestically produced calibrators. In addition, there is currently no national standard for the verification of electronic voltmeters of alternating voltage. The development of verification methods is also quite free. Therefore, an urgent issue of

today is the development of verification methods taking into account the use of modern calibrators in order to provide a regulatory framework for ensuring the uniformity of measurements.

## **CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF METROLOGICAL SUPPORT FOR COMPUTING AND TECHNICAL SYSTEMS**

*B. Falendushev; A. Morhunova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the modern digital world, computing and technical systems (CTS) play an important role in various industries, ranging from manufacturing to science and medicine. Ensuring high accuracy and reliability of measurements is a crucial task to ensure the quality of products and services. In this context, the development of metrological support for CTS plays a critical role. In this introduction, we will consider current trends in this area and their impact on the efficiency of innovation processes.

Among the current trends in the development of metrological support for computing and technical systems (CTS), several areas can be distinguished:

– automation of measurements, the use of automated measurement and data processing systems allows to increase the efficiency and accuracy of measurements;

– the use of sensors and the Internet of Things (IofT), and the development of sensor technology contribute to the creation of smart measurement systems that provide continuous monitoring and data collection;

– standardisation and international cooperation, the development of international standards and cooperation between countries helps to ensure interchangeability and compatibility of equipment;

– digital technologies, the use of digital technologies, such as cloud computing, artificial intelligence and data analysis, allows for improved processing and analysis of measurement results;

– quantum technologies, the development of quantum technologies, such as quantum measurement standards, may in the future provide even greater accuracy and stability of measurements.

In today's world, the development of metrological support for computer and technical systems is rapidly progressing due to the introduction of automation, the use of sensors and IofT, standardisation, digital technologies and quantum innovations. These trends contribute to improving the accuracy, reliability and efficiency of measurements, which are key factors in ensuring the quality and innovative development of modern technologies.

## **INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN CONTROL AND CHECK SYSTEMS TO FASTEN THE EXECUTION OF METROLOGICAL OPERATIONS IN THE CONDITIONS OF THE RUSSIAN FULL-SCALE AGRESSION**

*O. Denysenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A high number of metrological works, the need to perform them directly in the places of troops' location, increased requirements for timely performance of operations on diagnostics and control of parameters during the preparation of WME

samples, autonomy and mobility of metrological units and subunits, in the conditions of full-scale aggression of the Russian Federation, as well as a large number of weapons that need to be diagnosed and calibrated, contribute to the creation of means and methods that will speed up the process of conducting metrological operations, without reducing the accuracy and reliability of the obtained characteristics.

To date, metrology specialists carry out a number of types of metrological work, one of which is the verification and calibration of missile and artillery weapons for air defence systems. These works are carried out with the use of control and verification equipment, the metrological maintenance of which, namely, a set of works to determine its technical condition, readiness for use and the need for its adjustment, adjustment or repair by measuring and monitoring parameters (characteristics), as well as verification (calibration) of standard measuring equipment from the special CTE, is performed by specialists of metrological units.

The large volume of work performed contributes to the implementation of methods that will reduce the time for verification and calibration, and, accordingly, increase the number of tested weapons.

One of these methods is artificial intelligence algorithms. The expediency of their use is due to the fact that the human factor in the work is reduced. This can be fatigue, the operator's advancement of control and inspection equipment, etc. The use of automatic detection and prediction methods will help to mitigate these factors and increase the accuracy and speed of work.

## **THE ROLE OF METROLOGICAL SUPPORT IN ENSURING THE SAFETY AND EFFECTIVENESS OF MILITARY OPERATIONS, ANALYSIS AND APPROACHES TO IMPROVEMENT**

*B. Vorobiov; V. Honcharov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Metrological support of military equipment plays a key role in ensuring the safety and effectiveness of military operations. The introduction of standards and procedures for metrological control helps to ensure high accuracy, reliability and durability of weapons and equipment, which is critical for the successful completion of combat missions. Analysis of experience in combat operations helps to identify weaknesses in metrological support, identify factors affecting efficiency and safety, and develop strategies to overcome them.

The introduction of innovative technologies and methods of metrological control is essential to improve the accuracy and sustainability of military equipment during combat operations. The use of modern automated control and monitoring systems allows to quickly identify and eliminate problems that arise during the operation of weapons and equipment, ensuring the rapid restoration of their combat readiness. Optimisation of the metrological support system also reduces the time and costs of maintenance, which is important in the context of intense combat operations.

Ensuring a high level of metrological control is a prerequisite for ensuring the safety of military operations and reducing casualties among military personnel. Deficiencies in metrological support can lead to malfunctions and accidents in equipment, which threatens both the lives of military personnel and the successful

completion of combat missions. Thus, the continuous improvement of the metrological support system is a critical task for ensuring national security and defence capability.

### **IMPROVEMENT OF THE DEVICE FOR DETERMINING THE LEVEL OF HORIZONTAL SURFACES OF WEAPONS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS**

*O. Shelest*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the full-scale aggression of the Russian Federation, the issue of maintaining the combat readiness of anti-aircraft missile units of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is forced to face the maintenance of the required level of quality and accuracy of measuring instruments for weapons and military equipment (WME) based on methods of measuring the horizontal and vertical of WME samples.

Improvement of the device for determining the horizontal level of surfaces used in the armament of the anti-aircraft missile troops of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is an urgent issue, which is confirmed by the need to perform the tasks assigned to the anti-aircraft missile troops.

The report substantiates proposals for improving the device for determining the levels of horizontal surfaces of weapons of the anti-aircraft missile troops of the Air Force of Ukraine, based on the methods of measuring the horizontal of weapons, which provides higher measurement accuracy by reducing the permissible error, which directly affects the quality of performance of assigned tasks.

### **THE USE OF A PRECISION PRESSURE SENSOR WITH ANALOGUE OUTPUT BY THE SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF LAUNCHERS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE UNITS OF THE AIR FORCE OF UKRAINE**

*V. Harmash*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Measurement of pressure in various media during MD verification on WME samples has a significant impact on improving the combat readiness of launchers of anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine. The analysis of methods and means of pressure measurement, further determination of their advantages and disadvantages determines further ways to conduct metrological support of weapons samples of the anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine. One of which is the proposal to use a precision pressure sensor with an analogue output to improve the quality of verification and calibration of pressure measuring instruments by the system for monitoring the parameters of launchers of air defence units of anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine, the relevance of which is confirmed by the need to perform tasks assigned to the air defence missile units of the Air Force of Ukraine.

The report substantiates the proposals for the use of a precision pressure sensor with an analogue output to improve the quality of verification and calibration of pressure measuring instruments by the system of monitoring the parameters of

launchers of anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine, which improves the quality of verification and calibration of pressure measuring instruments.

Namely, a structural diagram of the pressure meter of pressure measuring devices with an analogue output for launchers of anti-aircraft missile units of the Air Force of Ukraine, a microcomputer was developed, which allows you to control, store and output the voltage value in proportion to the measured pressure, as well as the average value of the average rectified, root mean square value.

The introduction of an interface device makes it possible to connect an analogue-digital device and a control unit with a microprocessor, and also provides an opportunity to have access to a public channel; for the verification and calibration of military pressure devices using WME, it was determined that this device should be used both in an exemplary and technological form.

According to the results of the reliability assessment of this device, it was determined that the failure rate of the device is  $\lambda_0 = 2.9 \cdot 10^{-6}$ , the probability of failure-free operation is  $P_0(t) = 0.972$ , which fully meets the conditions.

### **DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF AMPLITUDE-MODULATED SIGNALS DURING MAINTENANCE OF WME SAMPLES OF SUBUNITS OF RADIO ENGINEERING TROOPS OF THE AIR FORCES OF UKRAINE**

*D. Lytvynova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The system of controlling the parameters of weapons and military equipment samples of the radio engineering units of the Air Force of Ukraine of the Armed Forces of Ukraine is directly related to the determination of the characteristics of amplitude modulated (AM) signals, arising during the maintenance of samples of weapons and military equipment of the radio engineering units of the Air Force of Ukraine, on which the identification of existing enemy airborne attack means depends in the context of the full-scale aggression of the Russian Federation.

Modulometers, which actually act as measuring instruments that determine the characteristics of amplitude-modulated signals, are used as measuring receivers for the modulated signal under study. In this regard, their following characteristics are necessarily normalised: sensitivity, range of receiving high and modulated frequencies by selective and aperiodic outputs. The main metrological characteristic is the accuracy of measuring the AM coefficient, which ranges from one to tens of percent.

As proposals for determining the characteristics of amplitude-modulated signals during the maintenance of weapons and military equipment of the units of the radio engineering troops of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, the draft methodology for determining the characteristics of amplitude-modulated signals during the maintenance of weapons and military equipment of the units of the radio engineering troops of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is presented, which provides the value of the limits of permissible measurement errors is accepted to be 20-35 % of the values of tolerances with rounding to the values of measurement errors of existing measuring instruments, which directly affects the improvement of the quality of methods for measuring the amplitude modulation coefficient.

## **ANALYSIS OF COEFFICIENT MEASUREMENT METHODS HARMONIC**

*S. Pavliuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Methods of measuring harmonic coefficients are distinguished by methodological, hardware solutions and metrological characteristics. The methods of implementation of the measuring device were adopted as the main classification features, since they determine the composition of error sources, as well as the ranges and operational properties of the devices. This approach, although subjective, allows for an analysis of the methods and their comparative assessment.

The report discusses the analysis of methods for measuring harmonic coefficients. Methods of measuring harmonic coefficients are divided into two large groups according to the method of processing and displaying information: analogue and digital. In analogue devices, the measured signal is directly processed (amplification, conversion, comparison, etc.) before the method of counting device. All intermediate operations are performed in analogue form, so they are subject to all possible distortions determined by the properties of the methods: noise and background crosstalk, changes in spectral composition due to uneven amplitude-frequency characteristics (AFC), gain drift, etc. These distortions affect the total error of the devices.

In digital devices, the analogue signal is immediately converted to digital form and all operations required to obtain the final result are implemented by discrete methods using a special computing device or MP, which calculate the first harmonic and the value of harmonic coefficients.

## **IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF VOLTAGE AND CURRENT THERMAL CONVERTERS USED ON SAMPLES OF WME OF THE RADIO ENGINEERING TROOPS OF THE AIR FORCES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*D. Naskalov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

To solve the issue of complex metrological maintenance of weapons samples of units and units of the radio engineering troops of the Air Force of Ukraine in a short time and with minimal costs in the field, while ensuring accurate measurement of voltage and power in the audio frequency range, there are measuring instruments, one of the components of which is thermoelectric voltage converters such as "ПНТЭ-6А". The operation of which is based on the thermoelectric method of comparison, where the measurement of alternating current values is reduced to measurements of direct current, equivalent to it in terms of thermal effect. The measurement error of alternating current values does not exceed 0.1% in the frequency range 50: 100 Hz and 0.2% in the frequency range 1000: 20,000 Hz. Such high measurement accuracy allows it to be used for calibration of measuring equipment used by radio engineering troops.

The report considers the issues of improving the methodology for determining the metrological characteristics of voltage and current thermocouples used on

samples of weapons and military equipment of the radio engineering troops of the Air Force of Ukraine.

According to the results of improving the methodology for determining the metrological characteristics of power values, the direct current in the conversion of radio engineering quantities can be accurately determined by the direct current compensator, which is available in the "ПНТЭ-6А". The current that flows through the additional heater at the moment of equilibrium of the circuits is the formula for power measurements and the formula for comparator resistances.

### **IMPROVEMENT OF THE METHOD OF CONSTRUCTION OF DIGITAL MODULOMETERS BASED ON SCANNING THE AM-SIGNAL AT CERTAIN VOLTAGE LEVELS, WHICH IS USED ON SAMPLES OF WME OF THE RADIO ENGINEERING TROOPS OF THE AIR FORCES OF THE AFU**

*T. Ponomarova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the methods used in the verification of MD weapons of radio engineering troops is the digital method of measuring AM signal parameters, which guarantees an increase in the accuracy of these measurements. At the same time, modulated signals are widely used, so the role of measuring their parameters is constantly growing. Modulation as an operation of measuring signal transformation is used in measuring instruments in cases where the signal carrying the measuring information has a law of change, in which its direct transmission and processing with a given accuracy are difficult. Due to the widespread use of modulated signals, there is a clear need to study their parameters and develop methods and means for measuring the characteristics of amplitude-modulated (AM), frequency-modulated (FM) and phase-modulated (PM) signals. Thus, the relevance of this scientific and applied problem is due to the need for metrological support for the development, manufacture and operation of radio electronic devices and systems with AM, FM and PM informative signals during the verification of weapons of radio engineering troops.

The report deals with the issues of improving the method of construction of digital modulometers, which is based on scanning an amplitude-modulated signal at certain voltage levels. This method provides a fairly high accuracy compared to others. Therefore, it was chosen as the basis for the digital modulometer developed in this work with a uniform scanning step of AM signals used on samples of weapons and military equipment of the radio technical troops of the Air Force of Ukraine.

### **MODERNISATION OF THE AUTOMATED FLIGHT REGISTRATION SYSTEM FOR THE L-39M AIRCRAFT**

*A. Ihonin*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Objective control means include a variety of onboard and ground technical devices designed to store and record data on changes in flight parameters, automatic equipment performance and flight tasks. The onboard objective control devices



include flight parameter recorders such as "САППІ-12", "МСРПА-12", "МСРПА-64", "ТЕСТЕР-У3", as well as photographic control devices, onboard recorders and specialised control devices. To process the information recorded on the flight data recorders, ground-based means such as microphoto, "НДУ-8", etc. are used.

Most of these devices are classified as emergency objective control devices, and they are intended primarily for monitoring the operation of pilotage equipment, preventing aviation incidents and investigating their causes. The capabilities of these tools are limited to monitoring the technical condition of aircraft. In Ukraine, there are systems that allow monitoring and analysing the condition of automatic equipment, such as "БАСК", "БІС", "БСКД", which are installed on large transport aircraft, such as the AN-124, AN-70 and others.

The J-39M training aircraft is an upgraded L-39C series aircraft with a set of additional on-board equipment. The outdated "САППІ-12" system has been replaced by the more modern "БУР-4-1", which includes the "БСІ-4" data acquisition unit, "БР-4Т" secure electronic storage device and "ПУ-4" control panel.

## **CONSIDERATION OF MEASUREMENT ERRORS DURING APPLICATION OF THERMOELECTRIC CONVERTERS**

*T. Nalyvaiko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Thermoelectric temperature transducers can be classified into two categories depending on their application: immersion, used to measure the temperature of gaseous and liquid media, and surface, used to measure the surface temperature of solids. Regardless of their inertia, transducers are divided into three types: low inertia, medium inertia, and high inertia.

The various designs of thermoelectric temperature transducers are explained by their development at different enterprises and for different industries. Today, unified designs are used, which are distinguished by their versatility and manufacturability.

Errors in thermoelectric temperature transmitters are caused by various reasons, such as heterogeneity of thermoelectrode materials, changes in free end temperature, the influence of inter-electrode insulation resistance, and changes in electrode properties over time. Standards only specify the calibration error, but other factors can significantly affect the accuracy of temperature measurements. Some of these errors can be corrected by determining the real conversion function and making appropriate adjustments.

Measures such as thermal stabilisation and automatic corrections can reduce errors due to changes in free-end temperature. The choice of insulating materials can also help to avoid problems associated with shunting in the inter-electrode insulation.

## **FLOWMETERS WITH TACHOMETRIC PRIMARY TRANSDUCERS**

*N. Kocherhina*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The first tachometer transducers with flow meters appeared on the Ukrainian market and quickly became popular due to their simplicity and affordable price. However, during operation, a problem arose with the deterioration of metrological characteristics due to the following factors:

– accumulation of ferromagnetic parts on the magnetic half-coupling of the impeller, which leads to an increase in friction between the impeller and the measuring chamber cover;

– formation of plaque and solid sediment on the walls of the measuring chamber;

– wear of the axes and bearings of the rotor and turbine.

Today, tachometric transducers are used primarily in apartment metering of cold and hot water due to their affordable price, ease of maintenance and availability of after-sales service.

Electromagnetic flowmeters have high stability of metrological characteristics over time and reliability under proper installation and operating conditions. They measure the flow rate using the average flow velocity over its effective area, which makes the readings independent of the density, viscosity and temperature of the coolant. Such meters have minimal pressure loss and a wide measuring range, and the correction of the readings ensures accurate measurement of the flow rate in different operating conditions.

The main disadvantages are a decrease in measurement accuracy due to deposits on the working surfaces of flow transducers, instability of meter readings due to stray currents in pipelines, and the ability to measure the flow of only electrically conductive liquids.

## **INCREASING THE IMPORTANCE OF METROLOGICAL SUPPORT IN THE MILITARY SPHERE**

*O. Rohoza; V. Ivanov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The importance of metrology is constantly growing, especially in the context of the military sphere. The volume of measurements and control is increasing significantly, and modern weapons and military equipment (WME) have already reached a high level of saturation with measuring instruments. The effectiveness of the use and maintenance of tactical and technical characteristics of WME is achieved through timely and complete metrological support (MS) – a set of measures aimed at ensuring the uniformity of measurements and the reliability of control of parameters of military measurement objects, such as WME samples and other material objects used by the Armed Forces of Ukraine (AFU) and other military formations established in accordance with the laws of Ukraine, as well as the environment, the parameters or properties of which are subject to measurement.

The term "WME sample" means a product represented by a set of components and components of products united by a common design (scheme) solution, and designed to perform tasks independently or as part of a WME system (complex).

WME is the technical basis of the Armed Forces of Ukraine and determines their combat capabilities. The state of WME has a key impact on the combat capabilities of the troops and the overall military power of the state. Therefore, providing high-quality WME is an important task that reliably guarantees the national security and defence capability of the country. Given the current threats and challenges to Ukraine's national security, it is important to improve approaches to the formation of the state's military-technical policy, in particular, to the renewal, modernisation and creation of a promising WME of the Armed Forces of Ukraine.

Increasing the role and importance of metrological support in solving problems is the result of new trends in weapons development (WME), such as:

- increased accuracy in new generations of WME, especially in high-precision weapons systems;
- increase in the volume and complexity of measurements during the preparation and use of weapons due to an increase in the number of controlled parameters on WME samples;
- increased time spent on performing metrological support tasks;
- expansion of the scope and emergence of new measurement tasks in the creation and operation of WME based on unknown physical effects, phenomena and principles;
- increased requirements for the efficiency and timeliness of measurements, as well as the speed of measurement and control equipment.

### **SUBSTANTIATION OF THE EXPEDIENCY OF USING THE METHOD OF MULTICHANNEL MEASUREMENTS OF FREQUENCY PULSE SIGNALS DURING COMBAT OPERATIONS**

*O. Fedorov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of the full-scale aggression of the Russian Federation, the enemy uses a spectrum of signals of various physical quantities to mislead the leadership of the Armed Forces of Ukraine. For this purpose, the enemy deliberately introduces into the control systems of the Armed Forces of Ukraine the introduction of failures of various equipment using frequency pulse signals of various physical quantities. As a countermeasure to these measures, it is necessary to use information and measurement systems used for multichannel measurements of frequency pulse signals of measuring equipment used by the RTW units of the Armed Forces of Ukraine during combat operations. Television measurements are used as information and measurement systems for multichannel measurements of frequency pulse signals of measuring equipment of the Armed Forces of Ukraine. An effective way of television measurement of parameters is a method based on their conversion to AC frequency and frequency to digital equivalent.

It should be noted that this method is used not only in television measurements. Wherever there is a need to convert a non-electrical analogue quantity into a digital form, the use of this method often leads to the most effective solution to the task at hand.

In the implementation of a frequency converter, the measured values are converted by means of primary converters into intermediate parameters, such as electrical resistance, inductance, capacitance, and the latter into the alternating current frequency by including them in a given generator circuit. The primary transducers together with the intermediate parameter to frequency converters are usually represented by a single structure called a frequency converter.

However, well-known multi-channel measurement techniques make it possible to develop measuring devices with low measurement accuracy at low cost. The development of more precise measuring transducers requires more complexity in their design and cost. Meeting the requirements, on the one hand, of high accuracy and stability of characteristics, and, on the other hand, simplicity of design and high reliability at low cost, in the development of measuring transducers allows the method of multichannel measurements of frequency pulse signals, which is used to measure objects that are at a considerable distance from the means of presenting or further processing of information (for example, using a computer). Such a need

arises when measuring the parameters of moving objects, when measuring the parameters of enemy objects scattered over an area, as well as when measuring the parameters of objects that are not directly accessible to our military personnel.

**THE ISSUE OF SUBSTANTIATION OF THE SCOPE OF ORDERING  
METROLOGICAL SERVICES FOR SAMPLES OF WEAPONS  
AND MILITARY EQUIPMENT OF THE ARMED FORCES  
OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF COMBAT OPERATIONS**

*O. Kononova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current situation in Ukraine requires decisive measures to improve the combat readiness of military units and subdivisions of the Armed Forces of Ukraine. The armed aggression of the Russian Federation has demonstrated the need for prompt restoration of weapons and military equipment, namely the use of mobile teams, one of the areas of work of which is metrological maintenance of WME.

In order to ensure the efficiency and continuity of metrological support, especially in the conditions of war with Russia, it is desirable to improve the state of management of forces and means of metrological support, which is achieved by high-quality planning of metrological support of combat operations and maintenance of combat readiness of weapons and military equipment, which should be focused on the operational structure of troops (forces) and aimed at determining the optimal distribution of forces and means used in the metrological units of the Armed Forces of Ukraine. This is especially important in today's conditions, which are characterised by the emergence of the latest models of weapons and military equipment, significant development of information technology, and an increase in the number of the Armed Forces of Ukraine. The development of a set of mathematical models that formalize the procedure for planning metrological service tasks and a set of mathematical methods will allow to substantiate the volume of orders for metrological service of samples of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of hostilities, which in turn will improve the efficiency of managing the activities of field metrological groups by: reducing the time of metrological service of samples of weapons and military equipment; reducing the route of movement of field metrological groups. This will ensure an increase in the efficiency of orders for metrological servicing of WME samples of military units and subdivisions of the Armed Forces of Ukraine.

**DIRECTIONS OF DESIGNING OF MOBILE MEASURING  
EQUIPMENT LABORATORIES**

*Y. Skorbach; K. Milko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Mobile measuring equipment laboratories (MMEL) are mobile complexes of technical means that provide calibration (verification) and repair of MD, as well as the performance of metrological maintenance of WME samples in the field and places of deployment of troops. Auxiliary verification and calibration equipment means equipment (installations, power supplies, etc.), tools and accessories intended for use during calibration (verification) and repair work with MD.

Timely and complete metrological maintenance of modern complex systems is most effectively carried out with the help of MMEL.

Efficient metrological maintenance of modern complex systems is provided by MMEL. The concept of development and creation of MMEL provides for the approximation of calibration (verification) equipment of metrological bodies to the location of measuring instruments and extensive automation of calibration (verification) processes. This helps to increase the efficiency of metrological bodies, the reliability of calibration (verification) and the accuracy of measurement control, avoidance of subjective errors of the verifier, and efficient processing of calibration (verification) results.

The design and creation of the MMEL took into account two main areas: the creation of a single laboratory for all metrological bodies and the creation of own laboratories (with calibration equipment) for each level of metrological bodies. Currently, the emphasis is placed on the development of the second direction, which allows MMEL to be equipped with highly automated calibration equipment and use electronic computers. For lower levels of metrological bodies, the automation of calibration (verification) can be implemented with the help of stationary automated verification stations.

### **METROLOGICAL MAINTENANCE OF FOREIGN-MADE MILITARY MACHINERY IN THE CONDITIONS OF RUSSIA'S FULL-SCALE AGGRESSION**

*T. Tereshchenkov; M. Kovalenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's environment, military equipment is a key element of a country's defence capability. Ensuring its serviceability, efficiency and reliability requires a systematic approach, including metrological maintenance. This issue is especially relevant in the context of the full-scale aggression of the Russian Federation.

Metrological maintenance of military equipment is the systematic control and verification of measuring instruments and equipment used for testing, repairing and adjusting military equipment. The conditions of the full-scale aggression carried out by the Russian Federation create serious challenges for the metrological maintenance of military equipment, in particular:

- the need for prompt response, increased pressure on military equipment requires prompt response from metrological services to prevent losses and maintain combat readiness;
- safety and reliability, in the conditions of aggression, where equipment can be in extreme conditions, it is important to ensure the safety and reliability of equipment through proper metrological control;
- specifics of production, use of foreign-made military equipment may require adaptation of metrological standards and methods to the specific conditions and technical characteristics of this equipment.

The following measures can be taken to effectively address the challenges associated with the metrological maintenance of military equipment in the context of aggression:

- strengthening metrological services, increasing the number and qualifications of specialists in metrological services for prompt and effective control;

- use of advanced technologies, introduction of advanced metrological technologies and means to ensure the accuracy and reliability of measurements;
- active involvement in international cooperation, expansion of international cooperation in the field of metrology to exchange experience and resources in difficult conditions of aggression.

All these measures will help maintain combat readiness and efficiency of military equipment in the context of the threat of aggression.

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF REPAIR AND MAINTENANCE OF MILITARY EQUIPMENT THROUGH THE APPLICATION OF THE LATEST METROLOGICAL APPROACHES**

*V. Kovalevska; D. Kalan*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Improving the efficiency of repair and maintenance of military equipment through the use of the latest metrological approaches can be achieved through the following initiatives:

Introduction of forecasting and warning systems. Monitoring systems are able to predict possible problems and hazards based on data analysis and provide the necessary measures to prevent them. Optimisation of information processing can be achieved through automation of data collection and analysis. This will ensure a quick response to identified problems and immediate action. To facilitate information processing, it is advisable to use neural networks and data analysis. That is, the use of artificial intelligence, including neural networks, to process a large amount of data on the state of military equipment in order to identify patterns, predict possible breakdowns and recommend scheduled maintenance. Implementation of geospatial monitoring systems to track the location of military equipment and optimise delivery and movement routes in combat conditions.

It is also advisable to consider testing in extreme conditions: Development of methods for testing military equipment in extreme conditions, such as extreme temperatures, high humidity, dust, dirt, which are typical of combat conditions.

These approaches will help to increase the efficiency and effectiveness of repair and maintenance of military equipment, which is critical to ensuring its readiness for combat operations.

### **PRACTICAL USE OF METHODS FOR CONSTRUCTING AN ELECTRONIC COUNTING FREQUENCY METER**

*O. Revin; M. Hariachyi*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The constant increase in the complexity of weapons and military equipment of the radio technical troops of the Air Force of Ukraine is due to the expansion of the range of tasks they solve, while increasing the requirements for ensuring the uniformity of parameter measurements. One of the components and units of the radio engineering troops of the Ukrainian Armed Forces at the stage of their operation is the control and test equipment (CTE) used for measuring control of various parameters of the Ukrainian Armed Forces WME by the repair and restoration teams. The CTE includes electronic counting frequency meters that are part of the mobile laboratory of measuring equipment of the Armed Forces of

Ukraine. The degree of their readiness for use is determined by the quality of metrological support.

Solving the tasks of operating weapons and military equipment, performing a larger number and volume of measurement operations, processing large flows of measurement information, its storage and compact presentation inevitably leads to the transition from autonomous digital measuring instruments to complex automated verification systems.

The report analyses the practical use of methods for constructing an electronic frequency counter, which is carried out as a continuous time measurement of frequency and frequency ratio measurement with automation of the choice of measurement limits and counting the number of events, which significantly affects the counting of the number of events represented as voltage pulses. This is possible when using a digital frequency meter to supply a signal from the output of the generator directly to the input of the counter according to commands given either manually by the operator or automatically by a synchronising device, using several modes of operation provided in the device, the main of which are: summation, summation with signalling each time a certain number of pulses are received, counting to a given number with signalling of its set and setting to the initial zero state.

#### **DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF METROLOGICAL SUPPORT OF CONTROL AND VERIFICATION EQUIPMENT FOR THE SYSTEM OF OPERATION OF AVIATION EQUIPMENT AND WEAPONS SAMPLES**

*O. Bespalko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the main directions of improvement of the system of operation of aircraft and weapons samples (AE&W) in the context of the full-scale aggression of the Russian Federation is the development of their metrological support system (MS). The technical basis of the MS of AE&W at the stage of their operation is the control and test equipment (CTE) used for measurement control of various parameters of AE&W.

The prospects for the development of CTE are associated with the widespread use of the latest achievements of science and technology, primarily microprocessors, which make it possible to improve the metrological and operational characteristics of measuring instruments and systems. Increasing the efficiency of microprocessors is possible when using measurement methods in which analogue functional operations are minimised or eliminated completely.

The purpose of the report is to develop proposals for improving the system of metrological support of CTE by increasing metrological reliability.

The report analyses the existing CTE fleet in the Air Force of Ukraine, as well as the methods and measuring instruments used for metrological maintenance (MOM) of CTE by the AE&W. Approaches to determining inter-verification intervals (IVI) are considered. A methodology for determining the optimal frequency of MOM CTE with the possibility of their adjustment is proposed. The methodological and technical bases for improving the metrological reliability of CTE are considered. To improve the metrological reliability of CTE, it is proposed to use intermediate control checks.

## **STAGES OF PROCESSING THE MEASUREMENT RESULTS OF THE MEASURED OBJECT**

*A. Podorozhniak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

In order to obtain a comprehensive characteristic of the measured object (phenomenon, etc.), it is necessary to process the results of primary measurements (observations) after the measurement experiments. When processing the results, two tasks are solved: determining the optimal estimate of the value of the measured quantity and assessing the measurement accuracy. Together with the measurement result, the number of observations (primary measurements) and their statistical distribution, processing algorithm, characteristics of measuring instruments, measurement conditions, methods of correcting systematic errors, probability indicators, etc. are determined. This makes it possible to compare the results of measurements performed using the same or different methods, different measuring instruments in different institutions.

The scope of processing depends on the type of measurement, the amount of experimental data, measurement accuracy requirements, information on systematic and random measurement errors, etc. In direct one-time measurements, the result of an observation can be the result of the measurement (provided that systematic measurement errors are not corrected). In other measurements, the processing may be carried out according to standardised methods (e.g. statistical methods) or require the creation of special algorithms. In aggregate and compatible measurements, it is mandatory to solve systems of equations (most often by the least squares method).

One of the main methods of reducing the impact of random errors is to conduct measurements with multiple observations and subsequent statistical processing of the results. The method of statistical processing depends on the statistical properties of random errors, in particular their distribution and correlation. In practice, the model of the normal distribution of random errors is mostly used, which makes it possible to apply theoretically sound statistical methods to the processing of results. The most effective method of reducing the influence of normally distributed errors on the measurement result is to average the results.

The processing of measurement results involves the following steps:

- preliminary analysis of the results of observations (primary measurements), their systematisation, rejection of obviously unreliable results, analysis of the results of previous studies;
- correction of systematic effects (study of measurement conditions, calculation and introduction of amendments, if required by the methodology);
- analysing the influence of random effects, testing hypotheses about their distribution, selecting the best estimates of the desired values (repeated measurements are possible, conducting studies with a certain repeatability);
- evaluation of the accuracy characteristics of the numerical algorithm and its stability;
- performing calculations according to the chosen algorithm (formulas, theoretical features given in the methods);
- analysis of the obtained results;
- presentation of the measurement results and their accuracy characteristics in the appropriate form (with or without an indication of the possible error).



## **ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИПРОБУВАНЬ ОДИНИЧНИХ ЗРАЗКІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*С.М. Приходько<sup>1</sup>; О.В. Червотока<sup>1</sup>, к.т.н., доц.;*

*І.М. Лаппо<sup>2</sup>, к.е.н. проф.; М.Е. Хуторна<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки;*

*<sup>2</sup>Центр протимінної діяльності*

Узагальненою метою експериментальних досліджень можна вважати дослідження робочого процесу та пошук шляхів підвищення предикативності, економічності і надійності функціонування озброєння та військової техніки (ОВТ). Випробування, як будь-який вид експериментальних досліджень, обов'язково містить у собі етапи обробки і аналізу одержаних результатів.

Конкретна мета кожного з досліджень за окремою методикою формулюється програмою випробувань. З метою підвищення ефективності проведення досліджень (мінімальний об'єм і необхідна точність) застосовують математичні теорії та планування експериментів. Однією з поширених ідей теорії експерименту є концепція оптимального використання простору чинника, або концепція багатофакторного експерименту. Вона полягає в тому, що поведінка досліджуваного об'єкта в кожному технологічному досліді визначається по результату одночасного варіювання чинників (режимів), що викликають зміну вихідних параметрів (характеристик якості) зразка ОВТ.

Оцінювання точності складальних операцій за результатами випробувань зразків може бути проведене за допомогою різних методів і метрик, залежно від конкретної задачі та контексту дослідження.

Використання методів теорії ймовірності та статистичні розрахунки для оцінювання якості складальних операцій за результатами випробувань одиничних зразків військової техніки дозволили не тільки скоротити терміни та витрати на проведення випробувань, а й підвищити обґрунтованість і достовірність оцінки характеристик ОВТ та зробити більш зручною інтерпретацію одержаних результатів.

## **ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ЗАХИСНОГО ШОЛОМУ ЛЬОТЧИКА РЕАКТИВНОГО ВІНИЩУВАЧА**

*Е.В. Хмель; В.М. Чуприна, д.т.н., доц.;*

*М.В. Кривенко; О.В. Андрієнко, к.психол.н.*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки,*

Модернізація авіаційної техніки Повітряних Сил ЗС України вимагає застосування сучасних комплектувальних виробів (КВ) імпортного виробництва, що сертифіковані за стандартами НАТО.

Захисні шоломи (ЗШ) військових льотчиків складаються з різноманітних компонентів, які забезпечують захист і функціональні можливості. Точний склад комплекту може варіюватися в залежності від конкретного типу шолому та обладнання, що використовується в конкретній країні або військовій льотній одиниці.

Основні компоненти захисного шолому включають зовнішню та внутрішню оболонки. Зовнішня оболонка шолому зазвичай виготовляється з високоміцних матеріалів, таких як скловолокно або композитні матеріали, що забезпечують високий рівень захисту від ударів. Внутрішню оболонку виготовляють з м'яких вкладок або подушечки, які амортизують удар і забезпечують комфорт. Регульовані ремені та система кріплення, які дозволяють налаштувати шолом для оптимального комфорту та захисту. Важливим елементом тестування є перевірка можливості належного регулювання ЗШ для забезпечення комфортного використання льотчиком протягом тривалого періоду.

Випробування ступеню захисту і функціональних можливостей захисних шоломів (ЗШ) випробування визначаються міжнародними та національними стандартами безпеки військової авіації, такими як EN 16471 2014 / EN 16473 2014; MIL-STD-1916, ANSI/ASQ Z1.4; MIL-DTL-847474A; MIL-DTL-27467B та інші. Вони спрямовані на забезпечення того, що захисні шоломи відповідають високим стандартам безпеки та ефективно функціонують у військових умовах.

### **METHODOLOGY FOR DETERMINING THE REQUIREMENTS FOR METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MEASURING DEVICES FOR DIAGNOSTIC PARAMETERS OF SPECIAL COMMUNICATION MEANS**

*L. Sakovych, Candidate of Technical Sciences, Professor; I. Hyrenko  
Institute of Special Communications and Information Protection of National  
Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

In the course of studying the integrated use of all types of redundancy of special communication means (SCM) based on the application of new functional dependencies of diagnostic support quality indicators (DS) on controlled variables in the development of a mathematical model for determining the technical condition and restoration of SCM, certain questions arise regarding the requirements for the metrological characteristics of measuring devices (MD) for diagnostic parameters of SCM.

For the justified setting of requirements for individual metrological characteristics of measuring instruments used in the current repair of SCM by the aggregate method, in order to reduce the cost of a single repair, equipment of hardware communications and repair units (RU) – maintenance and repair stations (MRS) in places of permanent deployment and hardware support equipment (HSE) in the field – with restrictions on the required value of the failure time –  $T_f$ , which is set in the guiding technical material (GTM), a methodology for determining the requirements for metrological characteristics is assigned.

The essence of the methodology is to determine the minimum required value of the probability of correct assessment of the result of the inspection ( $p$ ) in the process of current repair of the SCM under restrictions on the value of  $T_f$  based on new functional dependencies that determine the impact of product layout and real operating conditions of the RU on maintainability indicators through the integrated use of all identified types of SCM redundancy.

Initial data for the implementation of the methodology: types of redundancy implemented in the SCM; possible variants (W) of the RS; defect detection algorithms used in diagnostics; information on the SCM layout and availability of built-in diagnostic tools (DT); time characteristics of troubleshooting ( $t_U$ ), as well as

the performance of checks by built-in (t1) and external (t2) diagnostic tools; the permissible value of the average time to restore the performance of the SCM (T<sub>вп</sub>), at the first level of repair of the product by the aggregate method (detection and replacement of a faulty standard replacement element (SRE)).

Initial data are obtained from the technical description of the SCM, the task for the development of the RS, the analysis of the expected repair conditions, and the data on the repair of similar equipment samples in the RU.

Restrictions on the use of the methodology: the methodology is intended to set requirements for the metrological characteristics of measuring devices used in hardware communications and RU for diagnosing SCM during their current repair (CR) by the aggregate method; the selection of measuring devices with the specified metrological characteristics is carried out from the list of those approved for use in the Armed Forces and other power structures of Ukraine.

Assumptions when using the methodology: the repaired SCM contains only one defect; no new defects appear in the object during the repair; organisational time losses are not taken into account; technical equipment of the RU is known to be in good condition; the qualification of specialists corresponds to the organisational and staffing structure of the RU.

The mathematical apparatus of the methodology is based on the application of methods of discrete search theory, probability theory and discrete mathematics in solving partial problems: determination of the type of redundancy of SCM in the process of analysing their schematic and constructive construction; selection of the type of conditional diagnostic algorithm (CDA) that corresponds to the established features of SCM and the conditions of their CR; integrated use of all types of redundancy in the development of SCM current repair; obtaining functional dependencies for quantifying the impact of metrological characteristics of the measuring instruments on the indicators of SCM maintainability.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ У СФЕРІ ОБОРОНИ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ**

*О.В. Дзисюк*

*Військова частина А0785*

Законом України “Про метрологію та метрологічну діяльність” передбачено, що забезпечення єдності вимірювань у сфері оборони України здійснюється з урахуванням особливостей, визначених Кабінетом Міністрів України. На теперішній час особливості визначені постановою Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2015 року №1152 (редакція від 01.03.2023) одна з особливостей закріплює вимогу щодо здійснення військовими метрологічними лабораторіями перевірки засобів вимірювальної техніки, які не належать до сфери законодавчо регульованої метрології.

Законом України також визначено види діяльності, щодо яких з метою забезпечення єдності вимірювань здійснюється державне регулювання стосовно засобів вимірювальної техніки.

З початком повномасштабного вторгнення російської федерації та введенням правового режиму воєнного стану, гостро постало питання виконання метрологічних робіт військовими метрологічними лабораторіями під час застосування (функціонування) сил оборони.

На теперішній час, у сфері оборони, залишається нерегульованим питання перевірки засобів вимірювальної техніки військовими метрологічними лабораторіями, які використовуються під час проведення вимірювань

параметрів на об'єктах вимірювань військового призначення та відносяться до сфери законодавчо регульованої метрології.

У доповіді розглядаються пропозиції щодо забезпечення єдності вимірювань військовими метрологічними лабораторіями у сфері оборони України в умовах правового режиму воєнного стану.

### **МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ STARLINK ДЛЯ ПЕРЕДАВАННЯ СИГНАЛІВ ЧАСУ ТА ЧАСТОТИ**

*В.В. Бурцева<sup>1</sup>, к.т.н.; Р.В. Григорчук<sup>1</sup>; В.В. Солдатов<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Військова частина А0785;  
<sup>2</sup>Національний науковий центр "Інститут метрології"*

В рамках міжнародної допомоги для військових потреб, були надані термінали з метою забезпечення доступу до ширококутового швидкісного інтернету через супутникову систему Starlink. Дана система – це мережева інфраструктура з власним програмним забезпеченням, яка включає в себе близько п'яти тисяч низькоорбітальних супутників-ретрансляторів SpaceX та наземних станцій, які використовуються з метою приймання сигналів в діапазонах КАС та КУ, та обміну даними в мережі Інтернет.

Термінали виконують роль приймачів, перевагою яких є можливість автоматичного коригування положення, з метою зміни осі діаграми направленості антени в напрямку на супутник. При цьому швидкість передавання сигналів складає від 50 до 150 Мбіт/с., проте залежить від таких факторів, як покриття, навантаження мережі та технічні характеристики обладнання.

З огляду на зазначене, постає питання щодо можливості використання системи Starlink для синхронізації часу по мережевим протоколам РТР/НТР, у якості резерву, за умов виникнення відмов основного каналу, реалізованого за допомогою ВОЛЗ. Тому, експериментальне дослідження було проведено з використанням технічної бази ННЦ "Інститут метрології". За допомогою програми NTP-сервер визначено, що час затримки в мережі (RTD) складає близько 78 мс, а максимальна похибка синхронізації між локальним та кореневим годинником (RD) – 1 мс.

Таким чином, можливість використання даної системи потребує накопичення статистичних даних з метою визначення точностних характеристик для потреб ЗС України, а також розгляд таких питань, як: наявність наземних станцій Starlink в Україні та здатність забезпечення статичною ІР-адресою терміналів для підвищення оперативності передавання даних.

### **ВИКОРИСТАННЯ РЕЛЯЦІЙНИХ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ДОКУМЕНТАЦІЄЮ: МОЖЛИВОСТІ MICROSOFT ACCESS**

*Ю.О. Дуболазов; О.О. Коротій; І.О. Шеховцова  
Військова частина А0785*

В умовах сучасного розвитку технологій і накопичення інформації все частіше виникає питання щодо її ефективного та надійного обліку. В організаціях різних форм власності так чи інакше існують документи з

різноманітними даними. А якщо організація має розгалужений розмір, складається з декількох підрозділів то гостро постає питання щодо структуризації і підвищення швидкості пошуку інформації в документах.

Прикладом типової задачі яка пов'язана з обліком великих обсягів інформації може бути договірна діяльність. Організації щорічно укладають договори та накопичують їх у достатньо великих кількостях. Доцільно мати зведений облік всіх договорів за всі роки з можливостями що допоможуть швидко знайти потрібну інформацію. Для вирішення подібного роду завдань існують реляційні бази даних (РБД), тобто сукупність організованих даних, які представлені у вигляді таблиць, що пов'язані між собою. Керувати РБД можливо за допомогою наступних систем керування базами даних (СКБД): Microsoft Access, MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server. Досить поширеним серед них є Microsoft Access.

Якщо не зважати на деякі обмеження Microsoft Access щодо розміру бази даних і кількості користувачів які можуть одночасно її використовувати то ця СКБД має велику кількість переваг як мінімум у порівнянні з паперовим обліком вищезгаданих даних, серед них наступні: сортування та фільтрація за одним чи декількома критеріями, створення зв'язків між таблицями (наприклад таблиця з реєстром договорів за різні роки пов'язана з таблицею реєстру організацій з якими укладені договори), можливість створення запитів за певними критеріями, генерація звітів для подальшого перегляду та аналізу вибіркової інформації.

## **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ МІР-ІМІТАТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ**

*М.А. Котова*

*Військова частина А0785*

У даний час в Збройних Силах України експлуатується великий парк аналогових та електронних мегомметрів і тераомметрів, які використовуються для контролю параметрів різноманітних зразків озброєння та військової техніки, силових кабелів і мереж живлення багатьох об'єктів військового призначення. Періодична повірка даних засобів виміральної техніки (ЗВТ) здійснюється з використанням багатозначної міри типу Р4085, яка імітує номінальні значення електричного опору 1; 10; 100; 1000 ГОм шляхом перетворення схеми з'єднання “зірка” в еквівалентний “трикутник”. За існуючою методикою повірки, для визначення електричного опору резисторів міри Р4085 із номінальними значеннями 0,25; 2,5; та 25 МОм повинні бути застосовані групи паралельно з'єднаних однозначних мір електричного опору (ОМЕО) 2-го розряду з номінальними значеннями 1, 10 та 100 МОм, які порівнюють із резисторами міри за допомогою високоомного моста типу Р4060. Отже, основними недоліками існуючої методики повірки є необхідність застосування великої кількості робочих еталонів 2-го розряду та технічно застарілого ЗВТ в якості компаратора.

У доповіді наводяться пропозиції щодо удосконалення методики калібрування мір - імітаторів типу Р4085 шляхом застосування замість 12 шт. ОМЕО 2-го розряду двох перехідних мір типів Р40112 та Р40113, комутація резисторів яких забезпечує відтворення електричного опору значенням 0,25; 2,5 та 25 МОм з необхідною точністю. В якості компаратора опорів пропонується використовувати сучасний 6½ -розрядний цифровий мультиметр

типу Agilent 34401A, обладнаний двома вимірювальними входами. Пропозиції, які наведені у доповіді, дозволяють скоротити кількість робочих еталонів, потрібних для реалізації процесу калібрування мір опору типу Р4085, а також здійснити автоматизації процесу вимірювань завдяки можливості застосування сучасних ЗВТ.

## **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАВАННЯ РОЗМІРУ ОДИНИЦІ АБСОЛЮТНОГО ТИСКУ**

*М.М. Ковальов; В.О. Лейба; А.П. Мострянський  
Військова частина А0785*

В даний час, на постачання до Збройних Сил України від країн партнерів в рамках міжнародної технічної допомоги надходять нові зразки озброєння та військової техніки закордонного виробництва, укомплектовані засобами вимірювань метрологічне обслуговування яких силами метрологічних підрозділів не охоплене. Це пов'язане, перш за все, з відсутністю інформації про типи ЗВТ, які використовуються при виконанні регламентних робіт та технічного обслуговування даних зразків озброєння та військової техніки.

Тому на мій погляд питання метрологічного обслуговування цих приладів потребує глибокого наукового опрацювання, а також економічних та фінансових витрат. Отже для вирішення цієї задачі необхідно мати ряд вихідних даних:

– Які засоби пневматики, гідравліки та тому подібне, які безпосередньо взаємопов'язані з одиницею абсолютного тиску, можуть з'явитися на озброєнні ЗС України та які вимоги вони можуть викликати до технічних засобів вимірювання абсолютного тиску?

– Які діапазони вимірювання будуть у калібрувальних пристроїв, та які діапазони будуть потрібні вихідному еталону для їх покриття?

– Які додаткові діапазони вимірювання можуть знадобитися у майбутньому?

– Яким буде тип датчика вимірювань?

– Яка необхідна точність пристрою, що калібрується?

– Яка повинна бути кваліфікація персоналу тощо?

Цілком очевидно, що розв'язання даних невизначеностей без глибокого наукового дослідження із залученням підприємств і ведучих наукових інститутів, а також наявності коштів для закупівлі нового обладнання неможливо.

## **КЛАСИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТУВАННЯ**

*С.В. Красинський; О.В. Мироненко; В.В. Ніколенко  
Військова частина А0785*

У доповіді розглянуто питання класифікації ризиків забезпечення єдності вимірювань (далі – ЗЄВ) під час створення та експлуатування ОВТ. В якості класифікаційних ознак запропоновані основні типи взаємовідносин процесів ЗЄВ та їх системного оточення. Особливості взаємовідносин процесів ЗЄВ та їх системного оточення визначають схему виникнення ризиків під час

створення та експлуатування ОВТ. В якості методичного підходу до декомпозиції ризиків запропоновано підхід, який описує основну схему виникнення ризиків, в рамках якої визначаються групи умов виникнення ризиків. Структурно виділено основні групи, характер яких зумовлений організацією процесів ЗСВ та впливає на можливі наслідки щодо зниження ефективності ОВТ: процеси взаємодії з об'єктами системного оточення, які визначають цілі та завдання ЗСВ параметрів ОВТ кожного етапу життєвого циклу ОВТ; процеси взаємодії з засобами виміральної техніки та іншими об'єктами системного оточення, що забезпечують процеси ЗСВ необхідними ресурсами (матеріальними, організаційними, тощо); процеси взаємодій, що визначають умови виникнення ризиків, пов'язаних з динамічним характером реалізації відносин між елементами системи ЗСВ і її системним оточенням на кожному з етапів життєвого циклу ОВТ. Показано, що при створенні системи ЗСВ ОВТ, крім оцінювання її вартості, термінів створення, якості її елементів, необхідно оцінювати ризики, обумовлені невизначеністю вихідної інформації і можливими втратами при несприятливих результатах прийнятих організаційно-технічних рішень.

### **ПОШУКУ НОВИХ ПРИНЦИПІВ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗОВОГО ЗСУВУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

*С.О. Тишко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; О.О. Лаврут<sup>2</sup>, д.т.н., проф.;*

*Т.В. Лаврут<sup>2</sup>, к.геогр.н., доц.; О.Л. Грищенко<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки України;*

*<sup>2</sup>Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

В умовах ведення російсько-української війни важливим питання залишається постійний моніторинг технічного стану озброєння та військової техніки (ОВТ), своєчасне виявлення наявних дефектів та несправностей.

В основі вимірювання параметрів ОВТ лежать неруйнівні методи контролю, а саме: рентгенографія, ультразвукова дефектоскопія магніторезонансні методи дослідження тощо. Вимірвальні системи, які реалізують вказані методи, широко використовують методи фазометрії. Фазовимірювальне перетворення різних фізичних процесів у фазовий зсув гармонійних сигналів забезпечує високі метрологічні характеристики.

В доповіді пропонуються науково-технічні основи альтернативного принципу визначення фазового зсуву, математичною основою, якого можливо розглядати аналітичні співвідношення, які встановлюють взаємозв'язок між фазовим зсувом двох гармонічних сигналів і спектральними характеристиками сигналу, отриманого при підсумуванні їх після проведення двохлапівперіодного перетворення, що дозволить суттєво знизити складову похибки, обумовлену фазовою несиметрією каналів передачі сигналів та впливом зовнішніх та внутрішніх шумів під час проведення контролю характеристик (параметрів) ОВТ.

Проведена перевірка адекватності запропонованих аналітичних співвідношень, що для розрахунку коефіцієнтів ряду Фур'є не перевищує 0,1%.

**НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИХІДНИХ ЕТАЛОНІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ  
УКРАЇНИ ОДИНИЦЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЄМНОСТІ ВЕЗСУ 08-06-05-09  
ТА ІНДУКТИВНОСТІ ВЕЗСУ 08-00-06-09**

*О.А. Меркулов  
Військова частина А0785*

Вихідні еталони Збройних Сил України одиниці електричної ємності ВЕЗСУ 08-06-05-09 та одиниці індуктивності ВЕЗСУ 08-00-06-09 (далі – ВЕЗСУ) використовують практично усі сучасні досягнення світової науки і техніки у галузі вимірювання електричної ємності та індуктивності.

Основою ВЕЗСУ є сучасний прецизійний вимірювач RLC типу МНС-1100, який щорічно проходить калібрування на Державних первинних еталонах ДЕТУ 08-06-01 та ДЕТУ 08-09-09.

Технічна складова ВЕЗСУ на сьогодні дозволяє вирішувати усі вимірювальні задачі, які необхідні для забезпечення єдності вимірювань електричної ємності та індуктивності у Збройних Силах України.

Методичний підхід щодо експлуатування ВЕЗСУ (процедури повірки (калібрування)) є загальноновизнаним у світі, досить сучасним, тому удосконалення не потребує.

Основними на теперішній час є три напрямки удосконалення:

– оновлення парку робочих еталонів зі складу ВЕЗСУ;

– створення системи термостатування ВЕЗСУ;

автоматизація процедури вимірювань на ВЕЗСУ.

Проведення удосконалення дозволить (відповідно):

– багаторічну перспективу функціонування ВЕЗСУ із дотриманням необхідної точності вимірювань;

– підвищити точність вимірювань на ВЕЗСУ за рахунок мінімізації температурної складової невизначеності вимірювань;

– суттєво зменшити трудомісткість робіт з огляду на застосування нових методик калібрування з обов'язковою оцінкою невизначеності вимірювань.

**ПИТАННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ  
ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

*М.В. Нюкін; О.С. Толстов  
Військова частина А0785*

Розглядається можливість виявлення, ідентифікації та контролю космічних апаратів (КА) з паразитного випромінювання блоків бортової апаратури (БА), що постійно функціонують, за допомогою наземних радіотехнічних комплексів. Для створення бортових комплексів ідентифікації потрібно порівняно великі техніко-економічні витрати.

Перевагою лазерних та оптичних комплексів є забезпечення великої дальності дії, високої роздільної здатності та точності вимірювання координат зі скритністю у роботі та практичною несхильністю різного виду організованих перешкод.

Існуючі національні спеціалізовані комплекси протикосмічної оборони забезпечують порівняно низьку скритність та оперативність обробки отриманої інформації.



Активні та пасивні радіолокаційні комплекси обмежено застосовні до завдань ідентифікації КА. Ці комплекси можна застосовувати лише для виявлення космічних об'єктів.

Ідентифікація активних КА, з працюючими передаючими пристроями під час прольоту в зоні радіовидимості національних радіотехнічних комплексів, не є складним завданням. На основі проведеного вище аналізу є доцільним розробити універсальний комплекс ідентифікації, який вільний від недоліків відомих комплексів. Базою такого комплексу може бути наземний радіотехнічний комплекс із повноповоротними антенними пристроями. Даний підхід дозволить створити, порівняно з відомими, більш економічний комплекс, що забезпечує всепогодне фіксування КА з усіх напрямків прольоту. При цьому, як параметри ідентифікації, можна вибрати прийом і обробку сигналів паразитного випромінювання блоків БА, що постійно функціонують.

**СЕКЦІЯ 19**

**СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНІ ПРОБЛЕМИ НАЦІОНАЛЬНОЇ  
БЕЗПЕКИ, РЕФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ  
ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

Керівники секції: к. т. н. полковник Могілатенко А. С.;  
к. філос. н. проф. пр. ЗС України Квіткін П. В.  
Секретар секції: к. філос. н. пр. ЗС України Дятлова І. В.

**ОСОБИСТІТЬ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ СУЧАСНОЇ  
ВІЙНИ**

*А. С. Могілатенко, к. т. н.  
Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Інформаційне протистояння завжди посідало важливе місце у війні, пройшовши шлях від складової збройного протистояння, важливого і визначального фактора війни до окремого простору збройної боротьби – інформаційного простору війни.

Результатом домінування в інформаційному просторі війни, що яскраво засвідчує героїчна боротьба українського народу проти збройної агресії російської федерації, є мужність, героїзм і відвага, нездоланне прагнення до перемоги над ворогом захисників і захисниць Батьківщини, усього українського народу.

Інформаційний простір сучасної війни постає як багатоплановий і динамічний феномен, що функціонує на світовому, національному та регіональному рівнях. Суб'єктами інформаційного простору постають органи державної влади, державні і недержавні засоби масової інформації і комунікації. Об'єктами є інформація, насамперед щодо причин і соціального характеру війни, обстановки у зоні бойових дій і країнах, ставлення світового співтовариства до війни, перспектив збройної боротьби і соціального характеру майбутнього миру.

Особливе місце в інформаційному просторі війни посідають інформаційні процеси – процеси передавання інформації, які набувають форми інформаційно-пропагандистських та інформаційно-психологічних операцій і спрямовані на свідомість і психіку особистості.

В умовах величезного щоденного масиву інформації, серед якої мають місце інформаційні потоки противника, його сателітів та прихильників, актуалізується роль контрпропагандистської діяльності, надання допомоги особистості у розумінні змісту і спрямованості інформації, виборі джерел інформації, використанні сучасних засобів комунікації.

**ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ОСОБИСТОСТІ  
В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ**

*П. В. Квіткін, к. філос. н., проф.; В. В. Лук'яненко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Філософи, військові теоретики і політичні діячі, починаючи з далекої античності визначальну роль у досягненні перемоги над ворогом відводили моральному фактору, квінтесенцією якого є морально-психологічний стан.

Сучасна війна не лише не знижує, а навпаки актуалізує роль морального фактору.

Особливої актуальності проблема морального фактору, морально-психологічного стану Збройних Сил і народу України набуває в умовах агресивної війни російської федерації проти України. Саме морально-психологічний стан стає об'єктом активних інформаційно-пропагандистських та інформаційно-психологічних впливів противника.

Інформаційна безпека особистості як готовність і здатність особистості зберігати цілісність і сталість світоглядних позицій, системи цінностей і ціннісних орієнтацій, переконань і життєвих стратегій в умовах інформаційно-пропагандистських та інформаційно-психологічних впливів на свідомість і психіку, цивілізаційної ідентифікації соціуму та особистості, соціокультурних трансформацій суспільства може мати різний рівень сформованості.

Відповідно до цього в умовах війни головним напрямком діяльності постає формування несприйняття інформаційно-пропагандистських та інформаційно-психологічних впливів противника, що досягається: оперативним та об'єктивним інформуванням про реальний стан справ, проведенням контрпропагандистських заходів, розкриттям методології і методики інформаційно-пропагандистських та інформаційно-психологічних акцій противника.

#### **MODERNIST OF THE NATURE OF FASCISM IN SCIENTIST DISCOURSE**

*R. Hula<sup>1</sup>, Doctor of History Sciences, Professor;*

*I. Diatlova<sup>2</sup>, Candidate of Philosophical Sciences*

*<sup>1</sup>National University "Yuri Kondratyuk Poltava Politechnic";*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The problem of the presence in the nature of fascism of the modernist component as its essential feature has not received an unambiguous solution in scientific discourse. Some researchers emphasize the dominance of the conservative, reactionary component in fascism in order to preserve and strengthen traditional values by revolutionary means. Others emphasize that fascism is a movement of accelerated modernization of society, which contributes to the industrial development of the state. According to the dualistic approach, fascism is considered to be both reactionary and progressive, modernist and archaic. Finally, modern researchers are more inclined to believe that fascism was more an alternative to modernism than its denial.

The problem of the presence in the nature of fascism of the modernist component as its essential feature has not received an unambiguous solution in scientific discourse. Some researchers emphasize the dominance of the conservative, reactionary component in fascism in order to preserve and strengthen traditional values by revolutionary means.

Another group of scholars emphasizes that fascism is a movement of accelerated modernization of society, which contributes to the industrial development of the state. R. Griffin points out, fascism can and should be seen as a political variant of modernism. It arises in societies that are "permeated by modernist metanarratives".

The main content of fascism is formed by such semantic meanings as "cleansing society of elements of decline" and renewal, which is thought of as the "creative destruction" of the old and the creation of a new breed of people. According to the

dualistic approach, fascism is considered to be both reactionary and progressive, modernist and archaic. Modern researchers are more inclined to believe that fascism was more an alternative to modernism than its denial.

## **EUROPEAN INTEGRATION PROCESSES IN THE COURSE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*S. Boiko; I. Budur; R. Mikhailovsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Ukraine's military policy in 2023 focused on mobilizing external support to resist the Russian invasion. At the same time, the intensification of European and Euro-Atlantic integration processes was becoming increasingly important for Ukraine, given the prospects of starting negotiations on EU accession and, at the same time, introducing a new quality of relations with NATO. Ukraine sought to use the window of opportunity to accelerate its Euro-Atlantic integration.

In the context of European integration, in 2023, despite Russia's full-scale war against Ukraine, many developments took place, historic decisions were made, and significant achievements were made.

The main points on Ukraine's path to the EU in 2023 are as follows:

- Ukraine has fulfilled all the recommendations of the European Commission for the opening of EU accession negotiations;
- 109 documents of European integration legislation were adopted;
- in November, Ukraine confirmed its status as a leader in the EU enlargement process by developing a mechanism for accelerated accession to the EU;
- on December 14, the leaders of the EU member states decided to start negotiations on the accession of Ukraine and Moldova;
- a number of measures in the economic and energy sectors.

By giving Ukraine the "green light" for European integration, the European Union, for its part, is addressing not only the problems of security of Ukraine, but also the question of its own future as a large "zone of peace". Most EU member states (with the exception of Hungary), at the level of elites and societies, began to see enlargement as a way to respond to the geopolitical reality created by the Russian-Ukrainian war and to strengthen the EU in its immediate neighborhood. European leaders realised that leaving the countries of Eastern and Southern Europe in a security "grey zone" only encouraged Russian aggression.

Finland's accession has roughly doubled the length of NATO's border with Russia and turned the Baltic Sea into NATO's "inland sea", thereby offsetting Russia's influence in the sub-region. Russia's aggression against Ukraine has started the process of reformatting the existing security architecture in Europe. It has strengthened NATO's strategic position in the Northern region and finally eliminated the "buffer zones" that separated Russia and the West after the Cold War in this region.

As NATO members, Finland and Sweden can now help control Russian Arctic activities. It will be much easier for the Alliance to deter Russia's surface and submarine fleets in the Baltic Sea and control the High North. In general, Sweden and Finland's accession to NATO is forcing Russia to reconsider its military positions in the north, which leads to a redistribution of both weapons and spending. And this is positive news for Ukraine, as it reduces Russia's ability to wage war in Ukraine. In addition, due to the increase in Swedish defense spending, Ukraine has received a new source of weapons and finance, a vivid example of which is the latest €630 million military aid package.

## **HISTORICAL BACKGROUND OF THE FORMATION OF NATIONAL SECURITY OF UKRAINE**

*A. Zinchenko, I. Nikiforov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The issue of national security of Ukraine was in the first place during all periods of its existence. Thus, in the times of Kievan Rus of the 9th-12th centuries, national security, as it is now, required a combination of military, economic, political and social measures to ensure the stability and protection of the country from external and internal threats. Princes built defensive fortresses and walls, and also concluded alliances with other states. During the reign of Bohdan Khmelnytskyi, the national security of the Hetmanship was ensured thanks to his skillful leadership, military efforts, diplomatic relations and internal stability. During the time of the Ukrainian People's Republic, national security depended on the government's ability to ensure internal stability, defend territorial integrity, ensure economic stability, and develop favorable foreign diplomatic relations. As part of the USSR, Ukraine's national security was determined mainly by Soviet strategies and policies, ignoring the peculiarities of Ukrainian national identity and internal problems. Currently, the national security of our country requires a comprehensive approach and the implementation of strategies from various directions to ensure the stability and security of the country, in particular, ensuring high readiness of the troops, modernization of weapons and cooperation with international partners.

## **LEGAL MECHANISM OF ENSURING GENDER EQUALITY IN UKRAINE**

*V. Rublov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
R. Rublova, G. Kulikova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Constitution of Ukraine and its legislative base always guarantee the equality of men and women in our country. Ukraine has joined the international obligations in matters of gender equality and women's rights. We have assets in the field of implementation and formation of state gender policy. This includes adoption of the Law "On Ensuring Equal Rights and Opportunities of Women and Men" and creation of an institutional mechanism for possible implementation of main tasks as well as practical implementation of provisions in the life of the country.

In order to consolidate these achievements in state policy compliance with equal rights and opportunities for men and women it's important to integrate gender equality into social life. The inclusion of gender equality is essential to enhance Ukraine's ability to meet its security and defence sector commitments. This is an important prerequisite for removing barriers to equality gender equality caused by widespread gender stereotypes about women and men. These stereotypes not only form idea but also affect life and future of men and women because they are crucial for realization of constitutional rights.

The increase in the number of women in the Armed Forces of Ukraine and law enforcement agencies, their participation in protection of Ukraine from aggression, which was unleashed and supported by Russia, need to take into account interests and rights of all specialists, as well as the civilian population, became impetus for formation of gender equality of workers in the security and defense sector and the introduction of policies to ensure equal opportunities and rights of men and women in its components.

## **"DRONE" AS THE MOST PRODUCTIVE TERM IN THE MODERN UKRAINIAN MILITARY TERMINOLOGY**

*T. Chernyshova, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor;  
N. Kudryavtseva  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of modern military terminology is determined by many factors, among which in the context of our study the factor of "modern military conflicts" is actualized. The latest Russian-Ukrainian war is the trigger for the rapid replenishment of the Ukrainian military terminology (UMT). Of course, a lot of new vocabulary is currently used in official documentation and the media without proper codification, but it is already clear that this full-scale military conflict has led to a new stage in the development of the Ukrainian military terminology.

Modern military neologisms in the Ukrainian language are mostly names of weapons and equipment. Given the crucial role of unmanned aerial vehicles that perform various tasks both on the front line and directly on the territory of the aggressor country, the addition of such a linguistic unit as "drone" to the UMT is a natural linguistic phenomenon. This term is not new to Western military terminology, but in the modern UMT it can be considered a neologism that has arisen as a result of borrowing.

"Drone" has all the features of a term and meets the requirements for terminological units, in particular: it has perfect derivational potential; it is short (and therefore convenient for speakers); due to its word-formation ability, it can create various classification relations within the military terminology. The use of the term "drone" is due to the need to differentiate between the definition of any vehicle without a pilot on board and an aircraft that does not have a pilot. In the modern UMT, the term "drone" is as widely used as the material object that is associated with it in the minds of speakers.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ТА АКТУАЛЬНИХ ШЛЯХІВ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ**

*В.І. Семенюк; Р.М. Фрунт  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Враховуючи цілі та завдання "Концепції військової кадрової політики Міністерства оборони України до 2025 року", щодо підготовки молодших офіцерів Збройних Сил України, слід зазначити, що джерелом кадрового ресурсу для комплектування посад молодших офіцерів – є офіцери запасу, які закінчили кафедру військової підготовки. Все це у свою чергу, підвищує роль і значення кафедр військової підготовки, актуалізує і висвічує проблеми підготовки на них офіцерів запасу.

У доповіді висвітлені труднощі та особливості проведення занять під час збройної агресії та дистанційного навчання (ДН). Визначено, що їх ефективність заснована на тому, що військовий фахівець (ВФ) сам повинен відчувати необхідність подальшого отримання та підвищення рівня своїх знань, а не очікувати натиску з інших сторін. Також відмічено, що позитивний ефект у деякій мірі залежить і від того, наскільки регулярно ВФ займається. Одним із важливих аспектів ДН є суворі терміни щодо звітності та контролю якості навчання.

Система оцінювання якості військової освіти повинна відповідати рекомендаціям і стандартам Європейського простору вищої освіти, враховувати кращі світові практики та виступати головною методологією досягнення відповідності системи підготовки офіцерів запасу, вимогам і потребам оборони держави.

У висновках зазначено також, що курс ДН повинен розроблятися на модульній основі: кожен модуль – це стандартний навчальний продукт, що включає чітко визначений об'єм знань і умінь, призначений для вивчення протягом певного часу, або – залікова одиниця, якість роботи з якою фіксується тестовими, заліковими чи екзаменаційними засобами.

## **INFORMATION MODEL FOR MANAGING DISTRIBUTED OBJECTS OF THE MILITARY FACILITY SECURITY AND DEFENSE SYSTEM**

*I. Budur*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In 2023, Ukraine's military policy focused on the analysis of trends in the development of methods and means of protection and defense of armed forces facilities, and the experience of ensuring the protection and defense of military airfields during the Anti-terrorist operation and the Joint Forces Operation (JFO) demonstrates the complexity of this task and the need to develop appropriate methods.

The application of these methods is complicated by the increase in the amount of information, the decrease in response time to events, and requires, along with the creation of an integrated system of protection and defense of a military facility, the synthesis of appropriate information models and methods for managing distributed control objects (DCOs). Modern concepts of managing complex DCOs in various fields of human activity are based on the paradigm of human-machine organization of management processes, in which the decision-making role is given to a person, and the machine provides information support for the stages of developing and generating alternative solutions.

The use of this approach is a necessary measure to overcome the high level of uncertainty in the conditions for solving problems of managing complex, nonlinear, dynamic, distributed objects and the presence of an intelligent opposing party (adversary).

The effectiveness of the management system is largely determined by the subjective properties of a person (group of people) acting in the management circuit, which in turn requires a high level of competence in problem situations. A well-known and widely used method of overcoming subjectivity and increasing the level of human competence in making managerial decisions is the use of decision support systems (DSS).

## **ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ СТВОРЕННІ НОВИХ ЗРАЗКІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ТА ОЗБРОЄННЯ**

*О.В. Сілко, к.т.н.; О.Є. Головка; В.О. Комаров, к.т.н.*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

Патентна інформація знаходить дедалі ширше застосування у процесі створення нових зразків озброєння та військової техніки, зокрема, авіаційної техніки (АТ). Основними напрямками використання патентної інформації є:

прогнозування тенденцій розвитку наукових напрямів, об'єктів техніки та технологічних процесів; оцінка технічного рівня розробок шляхом їхнього зіставлення з останніми запатентованими об'єктами; перевірка патентоспроможності виконаних розробок; перевірка патентної чистоти виконаних розробок та можливості патентування їх за кордоном у країнах-членах НАТО. Прогнозування розвитку нової АТ є однією з найефективніших галузей застосування патентної інформації. Опис винаходу, в якому відображаються конкретні інженерні рішення, має значні переваги у порівнянні з іншими інформаційними джерелами. На даний момент цей напрямок може бути велими прогресивним та доцільним для проведення дослідно-конструкторських робіт та освоєння АТ у серійному виробництві. Тому патентні дослідження повинні проводитись не тільки в процесі створення об'єкта нової техніки, але й в процесі реалізації окремих технічних рішень, що виникають при вдосконаленні продукції, що виробляється, при збуті готового виробу всередині країни і за кордоном, при визначенні доцільності зняття продукції, що випускається з виробництва. Це означає, що патентні дослідження стають складовим елементом планово-прогнозних та контрольно-експертних процедур на всіх стадіях створення та реалізації об'єкта АТ, а не тільки на стадії її розробки.

### **ЗАСТОСУВАННЯ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПАСУ МІЦНОСТІ КОНСОЛЬНО ЗАКРІПЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЛАНЕРА ЛІТАКА НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

*В.О. Комаров, к.т.н.*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

Технічне обслуговування й відновлення ушкодженої бойової авіаційної техніки в найкоротший термін при веденні бойових дій припускає, що для кожного ушкодженого літального апарата (ЛА) визначається залишкова міцність ушкодженої конструкції, й на підставі результатів контролю робиться висновок про можливість його подальшої експлуатації. Оперативність діагностування досягається шляхом використання принципово нового методу неруйнуючого контролю, заснованого на зміні частот власних вигинних і крутильних коливань при наявності ушкоджень (включаючи бойові) відносно еталонних, замірених на неушкодженій конструкції.

У доповіді надано інформацію щодо розробленої методики діагностування консольно закріплених конструкцій ЛА, яка передбачає проведення частотних випробувань із порушенням вигинних і крутильних коливань, при яких для кожного типу ЛА або його частини (крила, оперення) буде встановлюватися мінімальна частота власних коливань (ЧВК), що відповідає мінімально-припустимій залишкової міцності (яка встановлюється керівними документами).

Застосовуваний метод контролю ЧВК відрізняється досить високою оперативністю й мінімальною трудомісткістю, забезпечує одержання достовірної інформації про несучу здатність конструкції, дозволяє врахувати вплив деяких експлуатаційних факторів (наприклад, наявність палива у крильових паливних баках), усунути вплив яких (в умовах експлуатації) не представляється можливим.



## **СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНІ ВИКЛИКИ ТА НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*С.С. Борозняк*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Україна, яка стоїть перед складними викликами в сучасному геополітичному середовищі, знаходиться в стані не лише воєнного конфлікту, але й соціально-гуманітарних труднощів, що виникають в контексті діяльності Збройних Сил. Забезпечення соціальної стабільності та гуманітарної справедливості для військовослужбовців стає не менш важливим завданням, ніж забезпечення фізичної безпеки та оборони країни.

Умови воєнного конфлікту та постійний стрес можуть суттєво впливати на психічне здоров'я військовослужбовців. Постійна готовність до військової діяльності може викликати почуття тривоги та психологічної втоми. Стратегії для забезпечення психологічної підтримки та консультування стають ключовими для збереження ментального здоров'я військових.

Після повернення з військової служби ветерани часто стикаються із труднощами соціальної адаптації. Створення програм та ресурсів для професійної реабілітації, а також надання підтримки у сфері освіти та працевлаштування стає важливим кроком у підтримці ветеранів.

В умовах бойових дій військовослужбовці піддаються ризику отримання поранень, інвалідності чи травм. Забезпечення адекватної медичної допомоги, реабілітації та відновлення є невід'ємною частиною гуманітарного захисту військових.

### **ОЧІКУВАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІЙСЬКОВОЇ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ В СИСТЕМІ МІНОБОРОНИ УКРАЇНИ**

*О.П. Даценко; В.В. Федорович*

*Науково-методичний центр кадрової політики Міністерства оборони України*

Військова кадрова політика в системі Міністерства оборони України (далі – ВКП), яка затверджена наказом Міністерства оборони України від 27 жовтня 2023 р. № 637, визначає стратегічне бачення розвитку ВКП у сфері оборони протягом наступних п'яти років – як під час дії воєнного стану, так і в мирний час. Головною метою ВКП є створення умов для гарантованого та якісного комплектування ЗС України підготовленим та вмотивованим персоналом, спроможним виконувати завдання за призначенням, і його ефективне використання

До числа очікуваних результатів реалізації ВКП включено перехід ЗС України на військову службу за контрактом і заміну строкової військової служби на інтенсивну військову підготовку громадян призовного віку.

Концепція також передбачає людиноцентричний підхід до управління кар'єрою військовослужбовців з урахуванням їхньої освіти, професійного розвитку, гендерної рівності, а також рівні можливості чоловіків і жінок у ЗС України.

Заплановано вдосконалення електронної системи військового обліку, запровадження нової культури взаємовідносин між командирами та підлеглими та забезпечення соціальних гарантій військовослужбовців та членів їх сімей.

Реалізацію Концепції планується здійснити шляхом впровадження Політики залучення розвитку та утримання людського капіталу в силах оборони України, яка буде реалізована у Статуті програми проєктів управління людським капіталом в силах оборони та її дія буде розповсюджуватись на усі складові сил оборони України.

Моніторинг та оцінку результатів впровадження концепції здійснюватиме Комітет з питань кадрового менеджменту в системі Міністерства оборони України.

## **КЛЮЧОВА ПРОБЛЕМА ВІЙСЬКОВОЇ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ В СИСТЕМІ МІНОБОРОНИ УКРАЇНИ**

*І.В. Красота, к.і.н.; О.Л. Тракалюк, к.пед.н.  
Науково-методичний центр кадрової політики  
Міністерства оборони України*

З початком широкомасштабної збройної агресії Росії проти України було тимчасово призупинено реалізацію реформ з євроатлантичної трансформації військової кадрової політики (далі – ВКП) в системі Міністерства оборони України (далі – Міноборони) спрямованих на професіоналізацію Збройних Сил (далі – ЗС) України.

Водночас остаточно не вирішено ключову проблему ВКП – недостатню мотивацію громадян України до тривалого проходження військової служби в мирний та воєнний час.

Також до ключової проблеми додалися проблеми, які безпосередньо впливають на доукомплектування військових посад ЗС України, зокрема поповнення втрат, а саме:

– недостатні спроможності щодо підготовки військового резерву, забезпечення проведення призову військовозобов'язаних та резервістів на військову службу під час воєнного стану;

– відсутність у деяких громадян України мотивації до виконання своїх конституційних обов'язків із захисту держави, ухилення їх від призову на військову службу під час мобілізації, на особливий період та небажання проходити військову службу за контрактом.

Отже, для мінімізації впливу цих проблем та з метою визначення сучасних засад ВКП в системі Міноборони 27 жовтня 2023 р. наказом Міноборони № 637 було затверджено Концепцію ВКП в системі Міноборони на період до 2028 р.”.

Крім цього, зазначеним наказом визнано такими, що втратили чинність, наказ Міноборони від 12 січня 2021 р. № 5 “Про затвердження основних напрямів розвитку ВКП у ЗС України на період до 2025 р.” та наказ Міноборони від 14 вересня 2021 р. № 280 “Про затвердження Концепції ВКП Міноборони на період до 2025 р.”.

**СЕКЦІЯ 20**

**ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ, ПРАВОВІ ТА СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ПРОФЕСІОНАЛІВ В УМОВАХ  
РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

Керівники секції: к.т.н. полковник Могилащенко А.С.;  
к.філос.н. доц. полковник Кротюк В.А.  
Секретар секції: майор Худавердова А.О.

**FORMATION OF MEDIA COMPETENCE OF HIGHER MILITARY  
EDUCATION APPLICANTS**

*A. Mogilatenko<sup>1</sup>; Candidate of Technical Sciences; K. Yandola<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Psychological Support Department of the Air Force Command  
of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of information wars and hybrid threats the media competence of military personnel becomes a matter of national security. Applicants of higher military education must possess the knowledge and skills necessary to counter disinformation, propaganda and manipulation in the media space.

Formation of media competence of Applicants of higher military education is a complex task that requires a systematic approach and cooperation of all participants in the educational process. The main components of media competence include: media literacy, media information culture, information and psychological resilience, digital ethics, communication skills, the ability to evaluate media strategies, resist cyber threats and the negative impact of propaganda.

For the successful formation of media competence it is recommended to: study the disciplines of media literacy and media safety; cooperate with media and information technology specialists; use interactive and practice-oriented teaching methods; to create conditions for the independent development of media competence of education seekers; conduct trainings, seminars and other events on media literacy.

Taking into account the media activity and digitalization of modern youth it is necessary to create psychological and pedagogical conditions for the development of responsible behavior in the media space. The Department of Psychology and Pedagogy of KNAFU has positive experience in the implementation of the InChoice media literacy project, the development of a didactic game on media literacy, and the implementation of media events.

**FEATURES OF COPING STRATEGIES OF PARTICIPANTS  
IN THE EDUCATIONAL PROCESS DURING WAR CONDITIONS**

*V. Lukyanenko; V. Artiukhova, Candidate of Psychological Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The war in Ukraine has resulted in a significant level of stress for all segments of the population, including participants in the educational process, which negatively affects their mental and physical health, educational success and overall well-being. In order to improve the quality of the educational process and preserve the mental

health of cadets, it becomes relevant to study coping strategies and expand the range of personal resources of resilience.

To overcome stress, a person uses his own coping strategies, which refers to a person's individual way of acting in a crisis stress situation. The coping strategy is implemented on the basis of personal resources and environmental resources in accordance with the significance of the situation. Personal resources of resilience can influence the processes of coping behavior and be a mechanism through which a person mediates the impact of stressful events on himself.

Resources for resilience include: social support, cognitive strategies, physical activity, humor, faith, and relaxation techniques.

Effective coping and coping strategies can help you adapt to challenging life circumstances and maintain mental and emotional health. In addition, constructive coping behavior is one of the means of ensuring effective professional activity of military personnel in psychologically stressful situations.

### **SPIRITUAL STABILITY OF A MILITARY SERVICEMAN IN THE CONDITIONS OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*V. Krotiuk, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor;  
Yu. Kalynovskyi, Doctor of Philosophical Sciences, Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern warfare entails enhancing the intricate training of military personnel as both professional specialists and citizen-patriots. This training should focus on cultivating professional competencies and worldview qualities among servicemen. Spiritual stability holds a crucial position among these qualities. The notion of "spiritual stability of a military serviceman" directly correlates with concepts such as "morale" and "fighting spirit" and is understood in scientific literature as the spiritual readiness and capacity of military personnel to endure the trials of war (combat operations) and the challenges of military service, while striving for victory over the enemy. The morale and psychological well-being of personnel form the bedrock of troop morale. The spiritual stability of a military serviceman rests upon national-patriotic beliefs and ideals, coupled with a profound awareness of one's responsibility towards the Motherland, homeland, family, and beyond. A serviceman's spiritual stability is evidenced by their ability to surmount various challenges, as classified by S. Piletska: those directly linked to fulfilling professional duties (e.g., overexertion, fatigue, decision-making in extreme situations); challenges arising from inadequate development of communicative skills (e.g., inability to articulate requests, issue orders, or employ persuasive techniques); and difficulties associated with individual psychological traits. Hence, triumph on the battlefield hinges not solely on a serviceman's professional prowess and physical endurance, but also on their spiritual stability, which manifests in their capacity to focus their will on executing assigned tasks and apply psychological resilience to fulfill duties under the extreme conditions of the Russian-Ukrainian conflict.

## **TARGETED PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR DEVELOPING THE PERSONALITY OF A MILITARY LEADER**

*V. Lukianenko; V. Shcherbak  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Educational activities should be aimed not only at training a specialist in a military accounting specialty, but also at forming the personality of an officer as a true leader, manager, organizer, patriot, mentor.

It is important to realize that the fighting spirit of a soldier is formed under the influence of the following factors: general cultural, which includes ethnopsychological characteristics, level of education, combat experience and level of training; psychological qualities – conviction, trust in the command, comrades, weapons and military equipment; peculiarities of the military situation - offensive or defensive, the course of hostilities, quality of logistics, number of losses; physical condition of servicemen.

NATO countries pay considerable attention to psychological training and support for military personnel. The goal is to "create a soldier," usually of the American model, who is psychologically ready to perform a combat mission of any complexity. The purposeful, ongoing work of commanders and psychologists yields positive results. This is evidenced by the experience of local wars and armed conflicts, in which mainly the military personnel of the United States, Great Britain, Germany and Israel participate. At present, this is also true for Ukraine.

Today, with the help of means of influence (suggestion, training, use of psychological guidelines, etc.), the following areas of psychological support are becoming priorities: ensuring equal rights and opportunities for the military, observance of legal rights, prevention of sexual harassment and deviations in the military environment, combating drug and alcohol use, and their responsibility.

## **CURRENT PROBLEMS OF TRAINING UKRAINIAN MILITARY PERSONNEL ABROAD**

*V. Kyslyi, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor;  
V. Krotiuk, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Thousands of Ukrainian servicemen are trained in NATO countries as part of partnership programs to equip the Armed Forces with tanks, artillery, aircraft and air defense systems. At the same time, there are a number of problems that slow down the training process, and one of the main ones is the lack of competent interpreters.

For example, the Financial Times quoted Dutch Brigadier General Martin Bonn as saying that a big problem is translating words used in a military or technical context. That is, words that no one uses in everyday life. From the university's experience, we can note that a similar problem arose in Denmark during the training of our specialists to operate F-16 fighters. An additional reason for the delay in pilot training was not only language proficiency, but also differences in the requirements for health checks.

Another problem that attracts attention is the purely psychological one, which is related to the fact that commanders on the front line are often unwilling to send their best people for training. As a result, European partners, while noting the

"tremendous motivation" of Ukrainian servicemen, point to significant differences in the age and abilities of the servicemen who come to them for training as a drawback.

At present, the university pays considerable attention to the issue of mastering the English language by both students and teachers. However, in our opinion, it is also necessary to improve the psychological selection process. There is an urgent need to develop new psychological methods using the latest psychological tests and taking into account the experience of the recent years of war with the Russian Federation.

## **WOMEN AT WAR**

*O. Hruntkovskiy<sup>1</sup>; A. Khudaverdova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The war in Ukraine has emphasized the invaluable role of women in modern armed forces, becoming a litmus test that revealed the true strength and resilience of Ukrainian female defenders.

Women have always participated in wars as soldiers, medics, scouts, spies, psychologists, etc. Today, they serve in all branches of the military, effectively carrying out combat tasks alongside with the men, protecting civilian lives, saving lives of the wounded, providing logistical support, collecting aid for soldiers and war victims, working in important productions, joining territorial defense forces, and actively influencing the global community to bring back Ukrainians, both men and women, from captivity.

Their skills and gained combat experience for defending the country have become incredibly valuable. Women serve in the Armed Forces in countries around the world. However, the courage, resilience, and endurance displayed by Ukrainian female defenders in wartime conditions serve as an example and inspiration to the whole world.

Nevertheless, while serving in the military, women face numerous challenges: discrimination, stereotypes, psychological difficulties and barriers. It is important to realize, understand, acknowledge, and fairly evaluate the heroic deeds while providing comprehensive support to female defenders.

Modern warfare proves to the whole world that gender is irrelevant when it comes to defending one's homeland. Only through the conjoint efforts of our defenders, both men and women, Ukraine will achieve victory and become a free and democratic country. By uniting for freedom, we erase gender boundaries.

## **THE PHENOMENON OF "CORRUPTION" AS A THREAT TO UKRAINE'S MEMBERSHIP IN NATO**

*A. Babych, Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor;*

*S. Bystrova; O. Veprytskyi*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to the reports of the international organization Transparency International Ukraine, "Corruption remains one of the key problems that hinder Ukraine's economic growth and development". Although there is a positive trend in the growth of the Corruption Perceptions Index, the current level of corruption in Ukraine remains insufficient for the development of democratic initiatives that are

necessary to complete accession to international institutions such as the EU and NATO.

For example, one of the main criteria for NATO membership is the eradication of corruption and the building of an effective system of preventing and combating corruption. World leaders have repeatedly stated that Ukraine can join the North Atlantic Alliance if it fulfills the necessary requirements, including overcoming corruption.

The Joint Declaration of Support for Ukraine, 2023, signed by the G7 states and the Presidents of the European Council and the European Commission, states Ukraine's commitment to strengthen transparency and accountability measures, to strengthen democratic civilian control of the armed forces, and to increase efficiency and transparency in Ukraine's defense institutions and industry.

From the point of view of modern science, the complete elimination of corruption is a pipe dream that requires an endless struggle. Instead, modern science suggests establishing mechanisms in the development of the corruption prevention system that would make corruption risks impossible. These mechanisms include transparency, accountability, and integrity.

## **LEGAL PROBLEMS OF THE TRAINING OF MILITARY PROFESSIONALS IN THE CONTEXT OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*V. Tokarev, Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The training of military professionals in the conditions of the Russian-Ukrainian war opens up a wide range of legal aspects that may arise in the context of the conflict between Russia and Ukraine. Some of these issues may include:

1. International humanitarian law: defining the rights and obligations of the parties to the armed conflict in accordance with international norms and conventions, in particular the Geneva Conventions and their Additional Protocols.

2. Military legislation: laws and regulatory acts governing military activities may require adaptation to the specific conditions of the conflict.

3. The rights of servicemen: protecting the rights of military professionals, including the right to security, protection from violence, and access to medical assistance.

4. International law of armed conflicts: establishing the status of the conflict in accordance with international law, if it determines the legal status of persons involved in the conflict.

5. Rights of civilian population: protecting the rights of the civilian population in the conflict zone, including protection from war crimes and human rights violations.

6. Legal aspects of military mobilization: regulating mobilization processes and procedures during a military conflict or when there is a threat of military conflict.

These aspects are essential for ensuring the rights and security of military personnel and civilians in wartime. Resolving these legal issues requires cooperation between different branches of government, international organizations, and civil society.

## **THE QUALITY OF MILITARY PERSONNEL TRAINING IN THE CONTEXT OF SOCIAL PROBLEMS**

*L. Petrova, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The preparation of military specialists in the modern world encompasses numerous social issues that impact the quality and effectiveness of this process. Some of the most pertinent social problems affecting the preparation of military specialists include:

- psychological and emotional challenges;
- accessibility of education and training resources;
- standard of living and service conditions significantly influence the motivation and effectiveness of military personnel, especially during wartime;
- level of professional morality and ethics: training military specialists with high levels of professional morality and ethics is crucial for ensuring the safety and effectiveness of military operations;
- physical fitness and health;
- inadequate financial support for the military, resulting in insufficient modern military equipment and armament.

These social problems require a systematic approach and implementation of appropriate political, social, and cultural measures for their resolution, as well as attention and resolution from military leadership, civil society organizations, and the public to ensure optimal conditions for the preparation of military professionals. Combatting gender stereotypes and discrimination in the military is an important aspect of creating equal opportunities for all military personnel. To improve the quality of military personnel training in the context of these social problems, systemic changes in the military are necessary, including improving service conditions, providing broader support to military personnel and their families, and enhancing training programs.

## **WAYS OF DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF PSYCHOLOGICAL RECOVERY OF SERVICEMEN OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*O. Savchuk, Candidate of Psychological Sciences; O. Bepalko; S. Luchykh  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of a full-scale Russian-Ukrainian war, the problem of organizing systematic and effective psychological support for military personnel of the Armed Forces of Ukraine has become critical. To increase the capacity to solve this problem, the Ministry of Defense of Ukraine, and the General Staff of the Armed Forces of Ukraine in 2023 initiated a pilot project to create a system of psychological recovery of personnel of the Armed Forces of Ukraine "RECOVERY".

Within the framework of this pilot project, the main subjects of the system of psychological recovery of military personnel directly involved in hostilities were specially deployed mental health recovery centers. The recovery programs developed and implemented in these centers, as well as the achieved quality of service delivery, made it possible to restore the mental and physical health of military personnel in a short time.



The analysis of the results of the “RECOVERY” pilot project showed the effectiveness of the approaches used, which are based on evidence-based methods of providing psychological assistance and ensuring the achievement of the required results.

The next stage in developing the psychological recovery system is to scale up the developments tested in the pilot project.

Ways to further develop the system of psychological recovery of the Armed Forces of Ukraine include studying and implementing the experience of advanced armies, considering NATO approaches to organizing mental health recovery during military operations, studying and implementing the experience gained by the Armed Forces of Ukraine during the russian-Ukrainian war.

## **STYLES, LEVELS AND MODELS OF THE TEACHER'S INTERACTION WITH STUDENTS IN THE TRAINING SYSTEM OF RESERVE OFFICERS FOR THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*I. Kravchenko, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The teacher of a military institution of higher education performs the following functions in practical activities: educational, educational, organizational, research.

Scientific research and practical experience show that, first of all, it is necessary to take into account the following styles of pedagogical communication: based on the highly professional attitudes of the teacher, his attitude to pedagogical activity in general, communication based on mutual understanding, based on communication-distance, based on communication-intimidation, based on communication-flirting.

Analyzing the didactic interaction of teachers in classes in the same group of cadets, as well as taking into account the identified styles, we distinguish the following levels of communication: high is characterized by the pedagogical expediency of relations, mutual understanding, trustworthiness, the presence of tactful subordination; the average one is characterized by professional relationships with clearly expressed subordination, mutual respect; low is characterized by authoritarianism, alienation, lack of mutual understanding and mutual assistance.

Various styles of communicative interaction between teachers and students in the learning process, in our opinion, are evidenced by the following models: "dictatorial model", "differentiated attention model", "inflexible response model", "authoritarian model"

Thus, in order to achieve positive results in the system of training officers for the Armed Forces of Ukraine, it is necessary to take into account all the identified styles, levels and models of teacher interaction with students.

## **SOCIAL AND HUMANITARIAN PROBLEMS IN HIGHER MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

*A. Rudenko; V. Kondratyuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The modern world is constantly changing, and all countries, including Ukraine, are facing these changes. One of the key aspects of national security is understanding and addressing socio-humanitarian issues that affect the state of society and the Armed Forces.

First of all, it is necessary to identify the socio-humanitarian problems facing national security. Among them are such aspects as insufficient attention to the social protection of military personnel of higher military educational institutions (HMEI) and their families, lack of effective mechanisms to support veterans, problems with moral and ethical values in the military team, etc.

In addition, it is important to create effective mechanisms to support veterans and their integration into civilian life. Veterans who have served in the armed forces have acquired skills and experience that can be useful to society. Therefore, it is important to establish vocational rehabilitation programs, entrepreneurship support and other initiatives that will facilitate their successful reintegration.

Military discipline, mutual respect and solidarity are key components of the successful operation of the armed forces. Therefore, it is important to conduct regular training on ethics, conflict resolution and other aspects of moral and ethical education in higher education institutions.

### **PROPOSALS FOR INTENSIFICATION OF COGNITIVE ACTIVITY OF CADETS IN THE STUDY OF BASIC MILITARY DISCIPLINES**

*R. Kushpeta; I. Medinets; V. Lyaskovsky  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of repelling the armed aggression of the Russian Federation and the implementation of Ukraine's strategic course towards joining the European community and its security structures, the Armed Forces of Ukraine need trained military specialists capable of performing tasks to protect the state.

The growing scientific intensity of modern weapons and equipment for the troops requires their development by cadets in a short time. This, in turn, determines the need for scientific and pedagogical workers in the implementation into the educational process of both innovative teaching methods and the intensification of the cognitive activity of the cadets themselves.

One of the ways of solving the problem of intensifying the cognitive activity of cadets, especially in places of temporary deployment of units, is based on the use of the capabilities of the Moodle training management information system.

Its use in the sections of basic military disciplines allows cadets to improve themselves, practice the performance of standards for combat training, make test assignments, and watch educational films to improve understanding of the tasks that need to be solved in battle.

Using this system has a number of advantages, namely, it makes the process of obtaining information more simple and visual, reduces the time for searching and studying educational material and allows an individual approach to learning.

Therefore, it is very important that each teacher responsible for the study of the discipline, created his course so that the cognitive activity of cadets was exploratory in nature and, if possible, included elements of analysis and generalization.

### **PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF FORMING COMBAT READINESS IN FUTURE MILITARY PROFESSIONALS**

*A. Zinchenko, I. Nikiforov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Formation of combat readiness in future military professionals is a complex and multifaceted process that includes not only physical but also psychological training.

Psychological aspects of this process play an important role in the formation of a military personality and determine the success of its functioning in the conditions of hostilities. It is important to stimulate the motivation of future military specialists, to successfully perform a combat mission, even in difficult conditions, to develop patriotic feelings and a sense of duty to the country. Elements of psychological training in training courses for future soldiers are integral. It can be trainings on stress resistance, development of leadership skills, management of emotions and decision-making in conditions of uncertainty. Allowing future military personnel to work with experienced military personnel as mentors can help them learn valuable knowledge and skills, as well as receive support and advice on psychological training. It is important to regularly monitor the psychological state of future soldiers and assess their readiness for service in order to identify possible problems and provide assistance in time.

### **TRANSFORMATION OF THE SOCIO-CULTURAL SYSTEM OF UKRAINIAN SOCIETY IN THE CONDITIONS OF THE RUSSIAN- UKRAINIAN WAR**

*S. Sobolieva, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The Russian-Ukrainian war led not only to catastrophic consequences in Ukraine, but also to global changes throughout the world. The needs in various spheres of life, socio-cultural aspects of existence and survival of Ukrainian society have changed radically.

The sociocultural system of society, in our study, is a complex of interconnected social and cultural components that determine the features of life, interaction and development of society. Its main components are social guidelines, values, norms, language, symbols, traditions, which shape the way of life and ensure communicative processes.

The sociocultural system is quite dynamic. During the war, the socio-cultural system of Ukrainian society underwent negative and positive transformations. The positives are: the strengthening of national unity and patriotism, the value of family ties, empathy and mercy, the growth of mutual assistance between people, the promotion of the development of technology and science to solve military problems, etc.

Negative changes are manifested in the increase in the level of social tension, the breakdown of social ties between different social groups as a result of mass evacuation, the destruction of social infrastructure, historical heritage, monuments of culture and art.

The result of violence, injury and suffering of the civilian population is the lowering of moral and ethical standards, the loss of humanitarian values and identity.

Such changes can have long-term negative consequences for society, lead to a loss of faith in peace and justice, change the structure of the socio-cultural system as a whole.

## **КОНФЛІКТИ ТА ЇХ ПРОФІЛАКТИКА СЕРЕД ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*О.О. Буряк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

10 років на території нашої держави тривають воєнні дії, які розпочала Російська Федерація, а починаючи з 24 лютого 2022 року вона ініціювала повномасштабне вторгнення в Україну. В умовах воєнного стану український народ боронить незалежність і свободу нашої країни, а найбільше навантаження припадає на особовий склад Збройних Сил України. Значного психологічного тиску зазнають військовослужбовці, служба яких пов'язана з Повітряними Силами, бо саме повітряний простір має ключову роль у військовій стратегії.

Успішне виконання завдань за призначенням залежить від вміння військовослужбовців володіти та практично використовувати озброєння та військову техніку. Тому їм потрібний сталий психічний стан, який забезпечить адекватний рівень адаптації до ситуації. На жаль, підвищена тривожність та стрес є невід'ємними частинами, що супроводжують діяльність військовослужбовця у бойовій обстановці, і саме вони призводять до того, що психіка стає більш нестабільною. За таких умов збільшується вірогідність виникнення різноманітних конфліктів, що може призвести до катастрофічних наслідків при виконанні бойових завдань.

Конфлікти мають деструктивний характер та призводять до зникнення єдності у колективі і виникнення психологічної напруги між військовослужбовцями. Незалежно від приналежності до роду військ конфлікт буде руйнувати військовий колектив зсередини.

Конфлікти у підрозділі – складне явище, яке не є фатальною неминучістю. Їх можна попереджати і долати, якщо виявити причини та умови їх виникнення. Правильний підхід до проблеми попередження конфліктів і вміння їх вирішення дозволяє суттєво покращити морально-психологічний стан в колективі та кожного військовослужбовця.

## **HISTORICAL RETROSPECT OF DEVELOPMENT MODERN LIFESTYLE MILITARY OFFICERS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*T. Mosharekova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The social transformation processes taking place in Ukraine over the last decade clearly demonstrate the urgent need to strengthen the system of social protection for servicemen of the Armed Forces of Ukraine and their family members. With the aim of improving the process of organizing the life of Ukrainian defenders, finding new approaches to creating better conditions for their comprehensive development and formation, and, most importantly, their unconditional fulfillment of their duties to protect the Ukrainian state, which at any historical time, and even more so today, is a socio-political necessity, the historical origins of this social phenomenon are investigated.

The analysis of historical, ethnographic, socio-pedagogical scientific studies devoted to the study of the peculiarities of the organization of the living environment

of Ukrainian soldiers in the context of the process of evolution of a unique historical phenomenon – the Cossacks, made it possible to investigate the genesis of the concept of "Cossack life structure", to characterize its components – "military and public life" and determine the prerequisites and social norms that influenced their formation. The obtained results made it possible to establish the interdependence of the formation of the soldiers' worldview, as a powerful internal factor of personality development aimed at activating opportunities and self-realization in the professional, social, cultural, and spiritual spheres, on the state and conditions of their lifestyle.

In view of the above, it is proposed to introduce the authentic features of the Cossack way of life, its historical and cultural traditions, in particular military ones, which are the basis of the functioning of the military system in the state, into the process of forming the modern way of life of military personnel.

### **THE INFLUENCE OF AVIATION PENTATHLON ASSENTS ON THE LEVEL OF FORMATION OF MILITARY APPLIED SKILLS OF CADETS**

*A. Poltavets, Candidate of Science of Physical Education and Sport;  
V. Kyrpenko, Candidate of Science of Physical Education and Sport, Associate Profesor;  
T. Arabadzhiev; A. Morhunova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Aviation pentathlon or aeronautical pentathlon is a type of military applied all-around, in which usually only representatives of the Air Force participate. Competitions are mostly focused on developing the skills necessary for Air Force personnel, especially the survival skills of pilots who have been shot down over enemy territory.

The components of the international military aviation pentathlon are aerobatics on a jet plane (not included in the competition score), 10-meter air pistol shooting, 100-meter swimming obstacle course, fencing, basketball test (4 exercises with a ball) and obstacle course and orienteering.

Kharkiv National University of the Air Force became the base for the development of aeronautical pentathlon in Ukraine. The preparation of the Air Force national team for international aeronautical pentathlon competitions showed that the training of each individual type of competition has a positive effect on the development of military-applied qualities of the personnel of the flight component.

### **SPORTS OF HIGHEST ACHIEVEMENTS IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*V. Kyrpenko, Candidate of Science of Physical Education and Sport, Associate Profesor;  
M. Yarovy; O. Chaika, Candidate of Science of Physical Education and Sport  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Sports of higher achievements – a direction of sports that ensures the involvement of athletes from reserve sports through further specialization and individualization of their educational and training process in a certain type of sport for preparation and participation in sports competitions of the All-Ukrainian and international levels.

The development of high-achieving sports is provided by national teams and entities in the field of physical culture and sports, in particular, Olympic training

centres, schools of higher sportsmanship, sports clubs, as well as sports teams of the Armed Forces of Ukraine and other military formations formed in accordance with the laws of Ukraine, law enforcement bodies, rescue and other special services, as well as subjects of the field of physical culture and sports, which carry out the development of professional sports.

Physical training is primarily aimed at ensuring the physical readiness of a serviceman to perform a combat task, and sport is aimed at achieving high sports performance and increasing the level of physical readiness. Sport is considered as an important component of physical training and at the same time as a relatively independent direction of personnel development. Non-Olympic, military-applied and Olympic sports have gained popularity among military personnel.

Sports of higher achievements primarily concern servicemen who are members of national teams of the Armed Forces of Ukraine. This category mainly consists of servicemen of physical culture and sports institutions of the Ministry of Defence of Ukraine.

### **THE USE OF MODERN INFORMATION-COMMUNICATION TECHNOLOGIES TO INCREASE THE ENGAGEMENT OF CADETS (STUDENTS, LISTENERS) IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE CONDITIONS OF DISTANCE EDUCATION**

*S. Telyukov, Candidate of Technical Sciences;  
S. Guzchenko, Candidate of Military Sciences, Associate Professor;  
V. Yavtushenko; H. Zlyvka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to ensure increased involvement cadets (students, listeners) in the educational process, in the conditions of distance learning, a method of combined use of the electronic distance learning system is proposed (EDSL) Moodle with a communication platform based on an Internet messenger. Involvement in the learning process is understood – a physical, emotional, and intellectual state that motivates learners to perform academic tasks to the best of their ability.

Indicators and conditions for measuring the level of involvement of those studying in the educational process are offered:

- arithmetic mean grades cadets (students, listeners) of the study group for the results of studying the study material and completing the tasks,
- conditions regarding the order and timeliness of studying the educational material and completing tasks.

Rules have been developed for organizing the study of educational material when using it EDSL Moodle compatible with the communication platform. Appropriate criteria are proposed to determine the level of quality of involvement in the learning process.

Preliminary testing of the combined method of use was carried out EDSL Moodle combined with a communication platform.

The results show that the level of engagement increases by 2 times (on average by 50%) compared to results without the use of a communication platform (including without established clear conditions for the timeliness of tasks).

## **SPECIFICS OF ACQUIRING SPEAKING SKILLS IN ENGLISH BY SPECIALISTS OF PHYSICAL TRAINING OF MILITARY HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**

*V. Zolocheskyi, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor;  
I. Danylyshyn; O. Shevchenko; D. Zarubin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the context of martial law, the need to protect Ukraine's national interests requires solving the country's doctrinal tasks of Euro-Atlantic integration of the Armed Forces of Ukraine (AFU) and NATO membership. This determines the need of the AFU for highly qualified military specialists capable of business and everyday communication with foreign partners in the military sphere.

The further development and updating of the physical training system of the AFU in accordance with NATO standards actualizes the need for physical training and sports specialists to acquire language skills in teaching physical education and special physical training in English at military higher education institutions (HEIs).

Based on the purpose, tasks and content of the discipline "Physical Education and Special Physical Training", we have identified the main communication components of the professional vocabulary of a specialist in physical education and sports of a military HEIs: human body parts, major human muscles, fitness equipment, general sports terminology, names of physical exercises, drill commands for PT lessons (main drill terms, commands in place and in action), sports idioms (figures of speech, phrases).

Thus, in today's conditions, the need of the Armed Forces of Ukraine for military specialists with knowledge of English, against the background of increasing requirements for the level of language competence of higher education students, has led to the need to introduce language training for research and teaching staff, in particular, specialists in physical training and sports of a military HEIs.

### **PHYSICAL TRAINING IN THE CONTEXT OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

*O. Siyanko; A. Hryshko; S. Garbuz  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Physical training of servicemen in the conditions of the Russian-Ukrainian war is a complex pedagogical process involving various officials and personnel. The ultimate goal of their physical training activities is to ensure high physical and psychological readiness of military personnel for combat operations, as well as to increase other components of military unit readiness.

The modern system of physical education and physical training of servicemen should provide for the introduction of a number of effective not only health-improving but also training means that should be used both in the process of basic training and during independent physical exercises to develop psychophysical qualities, improve health, performance and functions of the cardiovascular, respiratory, nervous and other systems. Without systematic physical education and sports, there can be no question of increasing the resistance of the military's body to many adverse factors.

Despite the martial law, physical education and sports of military personnel remain one of the few areas of activity of higher military educational institutions.

Achieving a high level of physical fitness is possible only if all officials involved in the process of physical training have a proper understanding, effectively and efficiently perform their functional duties.

### **FEATURES OF THE PREPARATION OF THE AIR FORCE TEAM OF UKRAINE IN AERONAUTICAL PENTATHLON FOR THE COMPETITION UNDER THE CONDITIONS OF MARTIAL STATE**

*D. Kmetiuk*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the Armed Forces of Ukraine since 2016, rapidly began to develop military-applied sports, which are part of the CISM (International Military Sports Council).

In the Air Force of Ukraine, the main military sport is aeronautical pentathlon.

Aeronautical pentathlon includes the following competitive exercises and sports: air pistol shooting from 10 m, obstacle swimming 100 m, basketball test, fencing, obstacle course, orienteering.

The main educational and training base is located in the city of Kharkiv. The educational and training base was equipped according to modern requirements for high-quality preparation of the national team for competitions.

With the beginning of the large-scale invasion of russia on the territory of Ukraine the coaching staff and the national team faced the difficult task of ensuring proper organization and high-quality conducting of full-fledged training of the team for competitions, both on the Ukrainian championships and international arena.

Based on this, many changes were made and presented in the training process of the national team from the existing material and technical sports base.

### **COMPLIANCE WITH INTERACTIVE TEACHING PRINCIPLES IS THE GUARANTEE OF QUALITY TRAINING OF SPECIALISTS**

*O. Neimyrak; V. Shcherbak*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The term "interactive" comes from the English words "inter" – "mutual" and "act" – "to act", and means "to be in constant dialogue, to be an active participant". Accordingly, interactive learning is learning based on the active interaction of teachers and students.

In the study of academic disciplines for the formation of knowledge and skills, interactive forms of learning can be used to deepen understanding, qualitative interpretation and increase the amount of material being studied. The manager should creatively and flexibly use the ability to combine interactive principles in the learning process, which also involves the development of new and different methods and techniques.

The following principles of interactive learning are distinguished:

- the principle of activity;
- the principle of open feedback;
- the principle of experimentation;
- the principle of trust in communication;
- the principle of equality of positions.

During their studies, students have to do much more than just listen and record the teacher's ready-made thoughts. They can provide information on their own,



identify and discuss problems, find ways to solve them, observe and plan. They should be able to apply new knowledge, skills, and abilities in practice and create feedback.

Conclusion: the inseparable combination of learning with the use of interactive principles and methods activates cognitive activity and significantly improves the quality of training.

### **PROSPECTS FOR THE ESTABLISHMENT OF A MILITARY JUSTICE SYSTEM IN UKRAINE**

*O. Ovcharenko<sup>1</sup>, Doctor of Legal Sciences, Associate Professor;*

*O. Savchuk<sup>2</sup>, Candidate of Psychological Sciences*

*<sup>1</sup>Yaroslav Mudryi National Law University;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Under the legal regime of martial law, which has been in place in Ukraine since February 2022, the idea of restoring the operation of military courts, which will become an organic complement to the existing military justice system, is of particular interest.

First, until 2010, military courts in Ukraine, consisting of three judicial instances, successfully considered criminal and civil cases where military personnel were the subjects of legal relations. In 2016, in its judgment in the case of *Mikhno v. Ukraine*, the European Court of Human Rights recognized that the activities of Ukrainian military courts comply with the principle of judicial independence and are effective in investigating offenses related to the military.

Secondly, the beginning of russia's full-scale invasion of Ukraine demonstrated the unpreparedness of judges of general jurisdiction courts who are not military personnel to consider criminal cases of war crimes. The judges' lack of understanding of the rules of engagement and the basic principles of international humanitarian law reduces the effectiveness of justice.

Thirdly, the experience of European NATO member states shows that the functioning of the armed forces is complemented by the work of military courts or tribunals that are either permanent or established during martial law. In the EU countries that have experienced military operations, the main burden of considering court cases arising from martial law relations fell on the national judicial system, not on international tribunals.

Therefore, in order to overcome the consequences of the war, it is advisable to restore the operation of military courts in Ukraine.

### **ROLE OF SELECTION AND DISTRIBUTION BY POSITIONS IN WORK WITH HUMAN MOBILIZATION RESOURCES**

*O. Savchuk<sup>1</sup>, Candidate of Psychological Sciences;*

*V. Pasichnyk<sup>2</sup>, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>National Academy of the National Guard of Ukraine*

One of the components of Ukraine's victory in the russian-Ukrainian war is the optimization of the use of human mobilization resources, which, according to experience, is impossible without a high-quality selection and distribution of conscripts.

During the preparation of the US Army for entry into the First World War, selection and distribution by positions were first carried out using specially developed psychodiagnostic techniques. According to American generals, the selection of recruits and their subsequent distribution to positions based on test results allowed to complete preparations for entering the war six months ahead of schedule.

According to Croatian experts, the selection of the most psychologically suitable persons for the armed forces and their subsequent assignment to positions based on individual psychological qualities ensure the achievement of three goals.

First, ensuring the most efficient use of the potential of the available human resources.

Secondly, achieving maximum efficiency of the activities of both individual military personnel and units, military units, and troops (forces) in general.

Thirdly, ensuring the personal well-being of each serviceman through the satisfaction he receives from military and professional activities that correspond to his abilities and capabilities.

Therefore, the qualitative selection for military service and the reasonable distribution of personnel by positions are interpreted as necessary prerequisites for preserving the mental health of servicemen and the most effective use of their potential.

## **THE SYSTEM OF PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR STAFF SHOULD BE IMPLEMENTED EVOLUTIONARILY**

*A. Golota<sup>1</sup>; M. Kozhushko<sup>1</sup>; A. Demenko<sup>2</sup>, Candidate of Philosophical Sciences*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>The State enterprise "Central Design Proton Bureau"*

One of the components of the state's combat potential – the moral and psychological state (MPS) of the personnel of the Armed Forces of Ukraine (AFU) – will always be a relevant area of public consciousness that must be constantly researched and improved, since not only the forms and means of armed struggle, but also the forms and means of information and psychological confrontation are constantly being modernized. Unfortunately, the process of transforming the system of moral and psychological support (MPS) as a means of forming the MPS in peacetime was delayed and there was no proper scientific discourse on this issue, and the discussion of certain problems was behind the scenes and departmentalized. Although, in fact, this is the level of decision-making by the Supreme Commander-in-Chief of the Armed Forces of Ukraine and the Security and Defense Council of Ukraine. However, the catalyst for this process was the war.

According to the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, the MHM system is currently being reformed into the system of psychological support for personnel of the Armed Forces of Ukraine, which is again taking place at the departmental level, which could raise certain issues. At the same time, we consider it necessary to reiterate our opinion that the positions of deputy commanders for MHM should be retained for the duration of combat operations, but renamed as deputy psychological support officers (hereinafter referred to as SC) with the tasks of gradual transfer of powers to the commander (his deputy) and formation of the PSP structures, as well as for the implementation of the Strategy for the Establishment of Ukrainian National and Civil Identity until 2030.

## **ЗНАЧЕННЯ ПСИХОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ В ПІДГОТОВЦІ КУРСАНТІВ-ПІЛОТІВ**

*О.В. Тварковська<sup>1</sup>; В.Ю. Ангельська<sup>2</sup>; В.С. Шемет<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*

Сучасний етап розвитку авіації характеризується потребою використання новітнього озброєння та сучасних технологій. Багатоцільові літаки мають велику потужність, високу маневреність, дають змогу вирішувати оперативно-тактичні завдання. Але якою б складною та грізною не була техніка, для використання всього спектру її бойових спроможностей потрібен підготовлений пілот.

Підготовка пілота – це кропіткий процес, що охоплює набуття теоретичних, практичних навичок, а також розвиток індивідуальних психологічних якостей. Пілоти працюють в екстремально-специфічних умовах, тому мають зберігати максимальну сконцентрованість і гострий розум. Для цього необхідно ще на початку навчання формувати у курсантів стресостійкість, адже саме цей процес впливає на здатність зберігати адекватну поведінку в умовах стресу, швидко і правильно приймати рішення під час виникнення кризової ситуації. Один з важливих факторів розвитку стресостійкості – наявність досвіду, отриманого внаслідок тривалого впливу стресорів. До компонентів стресостійкості можна віднести такі чинники: мотивацію, психофізіологічні показники, емоційність, інтелектуальність, сенсорність та рефлексивність. Саме на ці компоненти варто звертати увагу для формування стресостійкості у курсантів-пілотів.

## **RECRUITMENT MARKETING IN THE STAFFING SYSTEM OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*D. Hryzo*

*V. Karazin Kharkiv National University*

Due to the large-scale armed aggression by the Russian Federation, the Armed Forces of Ukraine have faced the need to sharply increase the number of motivated and qualified specialists joining their ranks. International experience, including the experience of the US Army, indicates that the use of recruitment marketing methods yields good results.

The marketing company is called "U.S. Army". Recruiting events in the US Army are conducted by 8 recruiting brigades. There is a marketing and interaction brigade as well as a specialized college to provide methodological assistance and training for the personnel.

In 2023, the Armed Forces of Ukraine implemented certain measures based on marketing methods. A communication strategy for the AFU 2023 introduced a new visual style for messages, photos, and videos using specially designed fonts, colors, and layouts. A guidance for using graphic style in visual communication was established.

Additionally, at the end of 2023, agreements were reached with companies such as Lobby X, Work.ua, robota.ua, and OLX Ukraine to enlist motivated specialists for the Ukrainian military.

Currently, vacancies for approximately 300 units are posted on agency platforms, and their number continues to increase steadily.

It is announced that the next step will be the establishment of the Ministry of Defense's own recruiting agency. A memorandum of cooperation has already been signed with the State Employment Service (SES), and job offers will be posted on the Unified Job Portal of the SES and offered to unemployed individuals.

### **ОСОБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ТА ЦИВІЛЬНИХ ПІЛОТІВ**

*О.М. Чередніков, к.т.н., доц.; С.М. Якименко; В.М. Феденько;  
О.В. Ільїна, к.ю.н., с.н.с.*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Професійна підготовка військових і цивільних пілотів має свої відмінності та особливості, оскільки завдання та умови їх служби (роботи) дещо відрізняються. В роботі розглянуто деякі загальні відмінності в практичній підготовці військових і цивільних пілотів.

Для військових льотчиків головною метою професійної діяльності є виконання завдань за призначенням: знищення повітряних цілей; підтримка бойових дій сил наземних операцій на землі; забезпечення військ тощо. Зазвичай, військові пілоти отримують тренування з маневрування, навігації та бойового застосування засобів ураження в умовах максимально наближених до бойових, виконання бойових маневрів, а також освоюють тактику та стратегію ведення повітряних боїв.

Для цивільних пілотів, екіпажі яких складаються з льотного екіпажу та екіпажу який працює в салоні чи вантажному відсіку увага зорієнтована, в першу чергу на: забезпечення безпеки польотів та збереження людських життів, вантажів і так далі; потребує чіткого керівництва та взаємодії в багаточисельному екіпажі при виконанні завдань застосування цивільної авіації, таких як: пасажирські та вантажні перевезення; забезпечення господарської діяльності; пошуково-рятувальні операції та інше.

Обидва типи пілотів проходять інтенсивну підготовку та несуть велику відповідальність за безпеку польотів і транспортної діяльності в цілому, оскільки їх ролі, обов'язки і середовища роботи відрізняються. Підкорюючись військовій дисципліні та ієрархії виконують управління відповідно до стандартів цивільної авіації в якій враховані аспекти, які стосуються і регулюються правилами Міжнародної організації цивільної авіації ІКАО.

### **УКРАЇНСЬКО-РОСІЙСЬКА ІСТОРІЯ – МІФИ ТА РЕАЛЬНІСТЬ**

*Ю.І. Костенко, к.і.н., с.н.с.; В.М. Малюга, к.і.н., с.н.с.  
Науково-методичний центр кадрової політики  
Міністерства оборони України*

Історія відносин між Україною та Російською Федерацією, на сьогоднішній день, досить добре вивчена та висвітлена, як російськими так і українськими академічними істориками. Разом з тим, з початком збройної агресії Росії проти України, російським військово-політичним керівництвом, засобами масової пропаганди РФ у світовому суспільно-політичному просторі

здійснюються чисельні інформаційні акції щодо перекручування та міфологізації цього явища. Останньою, найбільш помітною, спробою впровадження російських наративів стало інтерв'ю В.В. Путіна Такеру Карлсону.

Проблема перекручування російською пропагандою спільної історії далеко не нова, але в умовах повномасштабної збройної агресії Росії проти України вона набуває особливого значення. Відсутність протидії історичному маренню російських політиків і пропагандистів на державному рівні веде до світоглядної дезорієнтації значної частини світової спільноти та населення України. Активність антиукраїнської пропаганди, її примітивізм та агресивний характер призвела до того, що на боці агресора виступила значна кількість етнічних українців, як в РФ так, на жаль, і в Україні.

Сьогодні, коли вирішується питання захисту української національної ідентичності, української державності, врятування українського етносу від російського геноциду питання розвінчування російської історичної міфотворчості набуло надзвичайної актуальності. Адже без знань історичного розвитку свого народу, своєї держави не можливо побудувати шлях успішного розвитку у майбутнє. Чужі лекала тут не працюють.

Таким чином, активне спростування російських історичних міфів, боротьба з їхніми історичними наративами сприяють розумінню причин та наслідків вікового протистояння українців російській колоніальній експансії на українських землях.

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ “ФІЗИКА” В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ**

*О.С. Аврамчук, к.пед.н., доц.*

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Українська новітня освіта обумовлює необхідність докорінного переосмислення освітньої парадигми, яка має суттєво підвищити її якість, актуалізувати використання саме технологій становлення особистості курсанта як суб'єкта, орієнтованого на розвиток і саморозвиток протягом усього життя. Важливим в даному випадку є той факт, що курсант вже з перших років навчання повинен вбачати використання всіх без винятку дисциплін у своїй подальшій професійній діяльності та розуміти важливість вивченого матеріалу. Тому різні види занять (лекція, практичне, групове чи лабораторне) мають вже з першого року навчання бути орієнтованими на виключно вказаний напрям підготовки; бути змістовно наповненими та цікавими.

Але в процесі навчання виникають певні проблеми, коли курсанти з вагомих причин відсутні на заняттях (відрадження, наряд тощо). Матеріал необхідно опрацювати, тому в умовах сьогодення відпрацювання різних видів занять і для викладачів, і для курсантів стає ширшим і більш насиченим процесом, ніж це було в минулі роки. Приміром, для відпрацювання теоретичного матеріалу (лекції) використовується платформа MOODLE (із додатковими завданнями); для відпрацювання практичних занять – різноманітні домашні завдання, самостійні роботи; для відпрацювання лабораторних робіт – тести, що складають курсанти самостійно згідно вимог. Вагомим фактором перевірки матеріалу є усний захист розрахункових робіт з дисципліни.

Отже, не зважаючи на скрутні умови, педагогічний процес викладання дисципліни “Фізика” вдосконалюється.

## **ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ЗОВНІШНЬОГО ПІЛОТА (ОПЕРАТОРА) БЕЗПЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСА**

*М.О. Гуменюк<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; К.М. Білоус<sup>1</sup>; Н.А. Бедрій<sup>1</sup>; Д.С. Вовчик<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова;  
<sup>2</sup>Військова частина А2062*

Для контролю процесу навчання, обґрунтованого підбору найбільш ефективних методів та засобів навчання, корегування методики навчання в реальному масштабі часу, постає необхідність в прогнозуванні рівня його якості. Тому актуальним питанням для розвитку системи кадрового забезпечення підрозділів безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) є прогнозування рівня якості навчання зовнішнього пілота (оператора) БпАК.

В доповіді показано, що наявність неконтрольованих факторів призводить до невизначеності при оцінці рівня підготовки зовнішнього пілота (оператора) БпАК на основі вибраної стратегії. При цьому, значна кількість неконтрольованих факторів та їх можливих значень значно ускладнює процес знаходження середнього значення показника ефективності внаслідок необхідності перебору всіх можливих варіантів комбінацій значень неконтрольованих факторів. Тому для оцінки рівня підготовки зовнішнього пілота (оператора) БпАК з врахуванням неконтрольованих факторів доцільним є використання ентропійного підходу, який дозволяє подолати проблему великої кількості можливих варіантів комбінацій неконтрольованих факторів.

В доповіді запропоновано процедуру, яка на основі ентропійного підходу дозволяє отримувати оцінку рівня підготовки зовнішнього пілота (оператора) БпАК з врахуванням значень неконтрольованих факторів, що можуть виникнути в процесі підготовки. Процедура дозволяє забезпечити отримання оцінки в умовах великої кількості неконтрольованих факторів та їх значень.

## **ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ФІЗИКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*В.І. Кириченко; О.В. Кириченко  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Фізичний експеримент є основою вивчення фізики. І найяскравіше його вдається продемонструвати на лабораторній роботі. Проведення цього виду занять є одним з ключових факторів, який сприяє якісному засвоєнню теоретичних знань і розвитку практичних навичок у курсантів. Дослід одночасно виступає і методом навчання, і джерелом знань, і засобом навчання. Проте під час військового стану не завжди вдається провести даний вид занять, адже іноді відсутній безпосередній доступ до лабораторій.

З метою подолання цієї проблеми викладачами Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова було адаптовано лабораторний практикум з фізики так, щоб з одного боку не втратити основні переваги цих занять, а з іншого – отримати можливість проводити їх навіть під час повітряної тривоги. Для цього частину дослідів, що проводяться на лабораторних роботах було переведено у цифровий формат.

Цифровий лабораторний практикум включає в себе роботи з механіки, електрики та квантової фізики. Всі роботи адаптовані так, щоб їх можна було проводити без прив'язки до конкретної локації.

Використовуючи електронні версії робіт, заняття можна проводити в укритті та дистанційно.

В доповіді описано досвід проведення лабораторного практикуму з фізики у Житомирському військовому інституті ім. С.П. Корольова під час воєнного стану. Прикладним результатом роботи є набір програмних засобів для моделювання фізичних процесів, створених у середовищі розробки проєктів Lazarus.

## **CHALLENGES AND BARRIERS IN THE MILITARY TRAINING OF INFORMATION SECURITY SOLDIERS ABROAD**

*V. Nesmyrna*

*Korolev Zhytomyr Military Institute*

**Introduction:** In the dynamic landscape of global information security, the preparation of soldiers for international missions presents a host of challenges.

**Methods and Results:** In this project are highlighted several problems of training professionals specifically in information security field, such as:

Cultural Disparities which are addressing differences in cultural norms, language, and social practices is crucial to fostering effective communication and collaboration among international trainees. Legal and Regulatory Variations what means navigating diverse legal frameworks and regulations is essential for compliance, interoperability, and a unified approach to cybersecurity challenges during training. Technological Infrastructure Discrepancies in case of adapting to varying technological landscapes is pivotal for information security soldiers to address evolving cyber threats effectively. Disparities in infrastructure must be considered in the standardization of training programs. And some more challenges you can read in actual project.

**Conclusions:** The challenges and barriers faced during the military training of information security soldiers abroad are diverse and require a holistic approach. Addressing cultural, legal, technological, and collaborative aspects is essential to cultivating a skilled, adaptable, and internationally collaborative force. Successfully overcoming these challenges will result in a proficient information security force capable of safeguarding digital landscapes in an ever-evolving threat environment.

## **ПСИХОЛОГІЯ РИЗИКУ І БЕЗПЕКИ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ВІЙСЬКОВИХ ПРОФЕСІОНАЛІВ**

*С.М. Орел, к.т.н., с.н.с.; А.Т. Ніколаєв*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Розуміння ризику життєво необхідне для командирів, що готують свої підрозділи до дій в небезпечному середовищі, спричиненому противником. Рішення командирів стосуються життя і здоров'я їх підлеглих, перед якими поставлена задача виконання бойового завдання. Часто рішення приймається інтуїтивно, під впливом емоційних та психологічних факторів. Особливо важливим є прийняття рішення про належну підготовку військ, яка б забезпечила успішне виконання бойової задачі, враховуючи той фактор, що підготовка військ, їх тренування, несуть в собі елементи небезпеки і потребують фінансових та матеріальних ресурсів.

В доповіді подані результати використання методології ризику для обґрунтування рішення, прийняття якого б забезпечило належну підготовку підрозділу, здатного виконати бойову задачу, при оптимальних витратах ресурсів і оптимальному ризику при підготовці. Ризик при підготовці підрозділу і ризик бою (бойовий ризик) – різні види ризиків, хоча в деякій мірі взаємозалежні. Для кращого вирішення проблеми варто їх об'єднати в один сумарний ризик. В цьому випадку стає зрозумілим, що очевидне прагнення зменшити ризик підготовки військ призводить до підвищення бойового ризику їх застосування. Аналіз сумарного ризику дозволить застосувати оптимальне рішення, що забезпечує належну підготовку військових підрозділів до вирішення завдань за призначенням. Оптимальне значення ризику свідчить і про необхідність введення поняття “оптимальний рівень підготовки військовослужбовця”.

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕНТАЛЬНИХ КАРТ ДЛЯ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КУРСАНТІВ**

*Л.М. Кропивницька<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; М.В. Кучер<sup>2</sup>; О.М. Стаднічук<sup>2</sup>, к.х.н.*

*<sup>1</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка;*

*<sup>2</sup>Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного*

Сучасний офіцер, зважаючи на реалії сьогодення, повинен відповідати трьом основним критеріям: бути кваліфікованим у своїй спеціальності, мати достатні технічні навички у роботі з комп'ютером/Інтернетом і володіти кількома іноземними мовами, зокрема англійською. Власне, питання професійних знань технічної спеціальної термінології англійською мовою є доволі складним через неточність перекладу та недосконалість навчальних програм, що вимагає пошуку різних стратегій для досягнення зазначених критеріїв. Поєднання активних методів навчання, інноваційних технологій, зокрема складання ментальних карт, дозволить систематизувати отримані знання та здобувати нові як з спеціальних військових дисциплін, так і поглиблювати знання з іноземних мов, розвиватиме пізнавальну діяльність як курсантів, так і викладачів.

Ментальні карти – ефективний засіб розвитку гностичних умінь (показник засвоєння та оволодіння ними прийомами навчальної роботи) як складової розвитку індивідуальних пізнавальних стратегій. Фактично, ментальне картографування (mind map, mind mapping) – це техніка системи горизонтальної фіксації ідей та інсайтів на папері, що покращує навчання, підвищує креативність та продуктивність. Лінійні системи нотування, такі як конспектування, не встигають за складністю наших думок та потреб, а от mind map, починаючи з центрального зображення, ключових слів, кольорів, кодів і символів, дозволяє користувачеві записати велику кількість інформації на одній сторінці і показати взаємозв'язки між різними поняттями та ідеями. Візуалізація очікуваного результату заняття допомагає думати про предмет вивчення у глобальному, цілісному контексті та підвищує гнучкість мислення. Відповідно, на основі елементарних навичок, поступово формуватимуться більш складніші, узагальнені, які й визначають рівень професійної компетентності курсантів, що забезпечуватиме розвиток й удосконалення пізнавальної здатності, що стає запорукою розкриття індивідуальних особливостей кожного курсанта.



## **ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Б.Б. Сьома*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

У зв'язку з надзвичайними обставинами російсько-української війни, підготовка військових фахівців стає особливо актуальною та важливою справою. Проте цей процес неминуче стикається із рядом психолого-педагогічних проблем, які варто розглядати та вирішувати для ефективної і тривалої підготовки військового персоналу.

Однією з ключових проблем у підготовці військових фахівців є поширення стресу та психологічного травмування. Умови бойових дій, небезпека та велике психологічне навантаження можуть призвести до серйозних наслідків для психічного здоров'я. Необхідно розробляти та впроваджувати програми психологічної підтримки та реабілітації, а також тренувань для управління стресом.

Умови війни вносять кардинальні зміни в соціальному та психологічному аспектах життя військових. Необхідно враховувати ці зміни при розробці програм навчання та підготовки військових. Адаптація до нових соціальних реалій та взаємодія з місцевим населенням повинні стати важливою частиною навчання військових професіоналів. В умовах війни, де часто порушуються права людини, важливо забезпечити, щоб військові фахівці були належно озброєні не лише військовими навичками, але й знаннями з етики та прав людини.

Вирішення психологічних та педагогічних проблем підготовки військових професіоналів в умовах війни визначатиме не лише ефективність військової діяльності, але й збереження гідності та людських цінностей серед військового персоналу.

## **КЕЙСИ В СУПРОВОДІ НАВЧАННЯ КУРСАНТІВ УПРАВЛІНСЬКИМ ДИСЦИПЛІНАМ**

*Д.Г. Торопчин, к.і.н., доц.*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

В педагогіці вищої школи приділена увага до обґрунтування методів навчання у видах діяльності людини; гра, навчання, праця. Метод «кейсів» (ситуаційний метод), за досвідом його використання в управлінських дисциплінах, має потенціал переведення методу з розряду пасивного (споглядального) до складу “активних – інтерактивних” методів навчання.

Кейс-метод дає змогу наблизити процес навчання до реальної практичної діяльності як спеціалістів, так і розширити професіоналізацію курсантів. Метод сприяє винахідливості, розвиває здібності проводити аналіз і діагностувати проблем, змушує спілкуватися іноземною мовою. Разом з тим, тим хто навчається пропонується осмислити реальну або умовну ситуацію бойових дій, забезпечити обмін думками щодо отриманої інформації. Обстановка в кейсі, як правило, характеризується варіативністю, неоднозначністю. Розв'язок ситуації неможливо здійснити із застосуванням тільки теоретичних алгоритмів управління, наприклад МТЛР, поданих в лекційному матеріалі. Залучають і

протилежні варіанти кейсу з надмірністю інформації, з завданням відсіяти зайве та зосередитися на основних чинниках, що впливають на ухвалення рішення керівника.

Використання “кейс-технологій” дозволяє здолати існуючий дефект навчання – “сухість” викладу теоретичного матеріалу. Він виступає як необхідне доповнення до лекційної методики проведення занять, яка є “каркасоутворюючим” елементом навчання в класичній системі військової освіти.

## **ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ ВІЙНИ З РФ**

*О.А. Алексеєва*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

За всіх часів захист територіальної цілісності держави, охорона її недоторканості та суверенітету є одним з пріоритетних завдань будь-якої цивілізованої країни. За сучасних умов, на тлі збройної агресії РФ проти України, це питання особливо гостро постало перед нашою країною. Аби стримати агресора й тим більше – перемогти у війні, Україні вкрай важливо мати сильні, якісно підготовлені й навчені резерви.

З огляду на вищезазначене в умовах сьогодення виникла потреба в уточненні вимог до військової освіти, основними чинниками якої є активізація наукових досліджень у напрямку вивчення бойової та повсякденної діяльності підрозділів ЗСУ, у тому числі шляхом збільшення часу для практичних занять, розширення співпраці з освітніми закладами ЄС та НАТО тощо.

Вагомий позитивний вплив на якість підготовки військових фахівців мають сучасні інформаційні технології, за допомогою яких є можливість забезпечити дистанційність навчання й відповідно доступ військовим фахівцям до відповідних навчальних джерел.

Разом з цим, особливу увагу у цьому процесі важливо приділяти розвитку особистісних професійних якостей молодих військових, для яких за сумних умов сьогодення вирішальне значення мають, окрім іншого, лідерські якості, навички співпраці в колективі та ефективної протидії інформаційно-психологічному впливу.

Отже, у сучасних умовах система військової освіти має відповідати вимогам часу й забезпечувати всебічну підготовку військових, особливо молодих офіцерів, бо це надзвичайно впливає на ефективність виконання ними своїх обов'язків.

## **ПРОБЛЕМИ ПСИХОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ЗСУ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

*Д.В. Горб*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Найнебезпечнішим для бойової обстановки є агресивно-безконтрольний тип поведінки військовослужбовців, що може призвести до неконтрольованих, безладних дій – страху та паніки. Тому завданням є не “знищення” страху, а підкорення його владі військовослужбовця та перетворення на ресурс бойової діяльності.

При організації процесу психологічної підготовки виникає нерозуміння деякими командирами ефективності моделювання психологічних факторів (чинників) бою.

Питання підготовки особового складу елементам психологічної допомоги, взаємодопомоги та емоційно-вольової саморегуляції має стати пріоритетним завданням під час навчання.

Для ефективності психологічного забезпечення необхідно створити належні умови для його проведення:

- навчання військовослужбовців вправам психологічної допомоги, взаємодопомоги та саморегуляції;

- збільшення кількості офіцерів-психологів у відсотковому співвідношенні до кількості штату підрозділів, що забезпечить якісне проведення заходів психологічного забезпечення;

- проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи серед командирів всіх ланок щодо ефективності проведення психологічної підготовки, особливо моделювання психологічних факторів (чинників) бою;

- створення відомчих закладів Міністерства оборони України для проведення превентивної, медико-психологічної та психологічної реабілітації із використанням моделей країн-партнерів щодо збереження психічного здоров'я військовослужбовців.

## **ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ МОРЯКІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ ОСВІТНИМИ ПРОГРАМАМИ МІГРАЦІЙНОГО ХАРАКТЕРУ**

*Л.В. Козловська, к.політ.н., проф.*

*Інститут Військово-Морських Сил*

*Національного університету “Одеська морська академія”*

Професійна підготовка військових моряків є однією із складових перемоги над рашизмом в умовах війни 2022-2024 рр. В Інституті Військово – Морських Сил НУ “ОМА” ( далі – ІВМС НУ “ОМА”) – ВВНЗ, який готує офіцерів тактичного рівня для ВМС ЗСУ, особлива увага приділяється не тільки становленню майбутніх професійних захисників водних рубежів України, але і їх психологічної загартованості і стресостійкості. З цією метою в рамках дисциплін психологічної направленості спеціальності 254 “Забезпечення Військ(Сил)” – спеціалізації МПЗ проводиться ряд тренінгів, психологічних практик, направлених на самопізнання психологічних особливостей військових моряків. Одна з них – “Самоал” Маслоу допомагає виявити потреби в самоактуалізації – в розвитку особистості, реалізації здібностей та талантів, в осмисленні свого призначення. Вона допомагає виявити психологічні аспекти особистості кожного військовослужбовця, щоб використати цю інформацію в підготовці офіцерів ВМС ЗСУ. Військові моряки з високим рівнем самоактуалізації є потенційними учасниками міжнародних освітніх програм міграційного характеру, які передбачають переїзд майбутніх офіцерів тактичного рівня до країн Євросоюзу та НАТО для навчання за військово-морськими спеціальностями на певний період для здобуття освіти та отримання диплому бакалавра натівського зразка паралельно з отриманням такої ж освіти у ІВМС НУ “ОМА”.

## **ПРАВОВІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

*Л.Р. Кучер, к.е.н., доц.; Н.Р. Тихоцька*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного*

Основним національним чи громадянським пріоритетом чи то у мирний час, чи воєнний має бути дотримання нормативно-правових актів у сфері свобод. Ніхто не має порушувати права та свободи людини та громадянина, тим більше встановлювати обов'язкові переконання чи формувати світогляд. Однак, “в умовах воєнного або надзвичайного стану можуть встановлюватися окремі обмеження прав і свобод із зазначенням строку дії цих обмежень”(ст. 64).

В умовах воєнного стану всі чоловіки – громадяни України від 18 до 60 років, вважаються військовозобов'язаними та можуть бути мобілізовані для захисту країни за відповідною військово-обліковою спеціальністю. Домінантним є те, що військовослужбовці можуть пройти підготовку як на території власної держави, так і за кордоном, починаючи з підготовки людини-початківця, і закінчуючи відновленням боєздатності підрозділів, які зазнали втрат під час ведення бою. За домовленістю сторін, військове керівництво України не втручається у механізм підготовки військовослужбовців країнами-партнерами у складі створених організаційних структур. Однак викладає свої очікування у спеціально розроблених документах із підготовки, в яких сконцентрована необхідна інформація для її організації за кордоном: вимоги до підготовки, пріоритети, очікувані результати. Тобто здійснюється двостороння оцінка: українським керівництвом – рівня навченості військовослужбовців, країнами-партнерами – закладених можливостей для сприймання та розвитку.

Ключовою концепцією підготовки військовослужбовців є децентралізоване виконання завдань підлеглими відповідно до централізованої стратегії керівництва. Максимальне наближення умов підготовки до реального бойового середовища: ведення вогню в русі вдень і вночі, під час відпрацювання бойових ситуаційних задач, маневрування на техніці без заздалегідь встановлених маршрутів. Усе це дає можливість отримати психологічно стійкого воїна в умовах російсько-Української війни. На полігонах країн-партнерів настільки наближувати заходи підготовки до реальних бойових дій заборонено на законодавчому рівні.

## **СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІЙСЬКОВИХ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

*М.В. Полоз*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

На сьогодні актуальною є проблематика соціально-психологічної підтримки військових в контексті російсько-української війни. Доповідь спрямована на виявлення та аналіз ключових психологічних викликів, які стоять перед військовими під час війни, а також на пошук шляхів вирішення цих проблем:

1. Психологічний стан та психосоціальна підтримка: довготривала експозиція до стресових ситуацій, бойових дій та загрози для життя може

привести до появи посттравматичного стресового розладу (ПТСР) та інших психічних проблем. Тому важливо створити ефективну систему психологічної підтримки та реабілітації для військових та їх родин.

2. Соціальна адаптація після повернення з військової служби: військовослужбовці, які повертаються до цивільного життя після участі у військових операціях, часто зіштовхуються з труднощами соціальної адаптації. Необхідна реалізація програми підтримки і реабілітації, а також професійна перепідготовка, можуть значно полегшити цей процес.

3. Підтримка соціального благополуччя: війна має серйозний вплив на сім'ї військових. Віддаленість від родини, страх за життя близьких – це лише деякі з проблем, з якими стикаються сім'ї військовослужбовців. Вкрай важливо розробляти та впроваджувати механізми надання соціальної підтримки сім'ям військових.

4. Етичні та моральні аспекти підготовки: умови військових дій, особливо у гібридних війнах, часто ставлять військових перед складними моральними виборами та етичними дилемами. Необхідно розробляти програми підготовки, спрямовані на зміцнення моральних цінностей та професійної етики серед військових.

## **ДІАГНОСТИКА ЗНАТЬ КУРСАНТІВ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

*О.М. Стаднічук, к.х.н.; А.М. Каріень; В.О. Надос*  
*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного*

Ключовим інструментом для контролю рівня засвоєння матеріалу, виявлення хибних суджень, встановлення причин їхньої появи, коригування освітньої діяльності є діагностика якості знань. Особливого значення вона набуває в умовах дистанційного навчання курсантів, оскільки необхідно зважати на ризики та фактори, що обмежують оцінювання поза її межами.

Найбільш вживаними інструментами діагностики якості знань є бесіди, співбесіди, інтерв'ю та тести (наприклад, з множинним вибором відповідей, багаторівневі, комбіновані тощо), що дозволяють виявити труднощі під час навчання та причини їхнього виникнення. До прикладу багаторівневі тести складаються з кількох рівнів, де на одному етапі (питанні) обираються істинно-хибно відповіді, а на інших – причини вибору відповіді; комбіновані – тест із множинним вибором відповідей з додаванням коротких відповідей, або розв'язку завдань, що виключає імовірність сліпого вгадування і дозволяє викладачу вносити корективи як у методику викладання дисципліни, так і у процес оцінювання.

Інструменти діагностики знань поєднані з інформаційно-комунікаційними технологіями сприяють системному зворотному зв'язку та моделюванню покращення рівня досягнень слухачів. До універсальних інструментів зворотного зв'язку та оцінювання елементів заняття під час дистанційного навчання відносять: Microsoft Office, Google Docs, Learning Management System (Moodle, Blackboard, Zoom), DR0PitT0me, Dropbox, Office Podcast, YouTube тощо.

Незважаючи на потенціал різних інноваційних технологій, моделей оцінювання та типу навчання (традиційного чи дистанційного) необхідно дотримуватись критеріїв, описаних у Kirkpatrick's Four-Level Training Evaluation Model, для уникнення появи ризиків інституційних та культурних

упереджень (наприклад, академічної доброчесності, зниження критичного мислення чи аналітичних навичок курсантів): реакція (виправдані очікування); навчання (виконання тестувань, тренувальних вправ під час заняття і після нього); поведінка (ступінь використання отриманих знань на практиці); результат (досягнення цілі, підвищення продуктивності, зменшення помилок).

### **КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД В ОЦІНЮВАННІ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

*І.В. Баркатов, доц.; Г.В. Бондарев, доц.; В.О. Тюрін; С.С. Гончарук  
Військовий інститут танкових військ Національного технічного  
університету "Харківський політехнічний інститут"*

Оцінювання результатів навчання є найважливішою функцією освітнього процесу, що дозволяє визначити рівень досягнення студентами/курсантами навчальної мети, виявити їхні сильні та слабкі сторони, а також надати зворотний зв'язок для подальшого навчання. Традиційно в освіті застосовується оцінювання на основі знань. Цей підхід передбачає, що студенти/курсанти повинні засвоїти певний обсяг інформації та вміти її відтворювати. Однак такий підхід не враховує практичні навички та вміння студентів/курсантів, а також їхню здатність застосовувати знання в реальному житті.

Актуальність компетентісного підходу (КП) в оцінюванні результатів навчання у ВНЗ (ВНП ЗВО) України обумовлена кількома факторами.

По-перше, сучасні військові операції дуже складні і вимагають від військовослужбовців міцних знань, умінь та навичок та дозволяє оцінити ступінь володіння ними необхідними знаннями, вміннями та навичками для виконання своїх обов'язків.

По-друге, КП дозволяють оцінити, чи може військовослужбовець застосовувати отримані знання та вміння в реальних умовах.

По-третє, КП є більш мотивуючим та дозволяє швидше зрозуміти те, що вимагається для успішного виконання своїх обов'язків.

Досконале вивчення та глибокий аналіз досвіду щодо КП в оцінюванні результатів навчання в освітніх системах країн НАТО надав міцний поштовх розгортанню процесів у дослідженні вітчизняної моделі вимірювання рівня набуття військовими фахівцями професійних компетентностей. Особливо, був помітний прогрес у дослідженні компонентів професійних компетентностей військових фахівців та показників їх досягнення для побудови моделі вимірювання рівня їх набуття. Базовим пунктом у дослідженні було взято освітні програми офіцера тактичного рівня військової освіти з використанням системи управління навчанням Moodle у ВНЗ (ВНП ЗВО).

Зрозуміло, в умовах війни щодо захисту цілісності державних кордонів України від воєнної агресії Російської Федерації, вивчення можливостей використання моделі оцінки рівня набутих військовими фахівцями професійних компетентностей набули додаткового імпульсу та сенсу.

Для оцінювання студентів/курсантів планується використати дистанційні курси, в яких замовники можуть спостерігати навчальний процес, бачити оцінки студентів/курсантів за індивідуальні завдання, практичні роботи, активність студентів у дискусіях. До кожної компетентності будуть визначені показники діяльності і ранжовані за складністю та узгоджені з представниками замовника.

В LMS Moodle передбачені такі варіанти оцінки виконання показника компетентностей:

1. Бінарна: виконано-не виконано.
2. Варіативна: рівні A1, A2, B1, B2, C1, C2.

Оцінка може виставлятися автоматично при наборі порогового балу у завданні (бінарна оцінка), або при наявності підтвердження (документу, виконаного завдання) відповідальною особою. Якість навчання вимірюється і контролюється представником замовника з використанням властивостей LMS Moodle. Під час освітнього процесу та після його завершення замовник отримує повну інформацію про успіхи студента/курсанта та перелік сформованих компетентностей, що зберігаються у LMS Moodle.

Останні версії LMS Moodle дозволяють компетентності та їх показники внести у систему та організувати вимірювання результату набуття компетентностей. У цій системі вже закладені ролі адміністратора, викладача та студента/курсанта.

У рекомендаціях ВВНЗ (ВНП ЗВО) щодо використання моделі оцінювання рівня набутих військовими фахівцями професійних компетентностей пропонується послідовність налаштування і застосування засобів для досягнення компетентностей, а саме: 1) Створення репозиторіїв; 2) Додавання у курси компетентностей, які в них формуються, пов'язувати з ними конкретні діяльності свого курсу й обрати спосіб підтвердження цих компетентностей; 3) Створення навчальних планів; 4) Закріплення навчального плану їх за студентами/курсантами; 5) Надання повноважень викладачам; 6) Навчальний процес, в якому студенти/курсанти працюють зі своїми курсами, а викладачі оцінюють результати їх роботи.

Таким чином дослідження підтверджує важливість вивчення компетентностей, їх вимірювання та вплив на освітні процеси.

## **HEROES OF UKRAINE OF OUR TIME**

*R. Zorkin<sup>1</sup>; O. Plakysi<sup>1</sup>; S. Rakytianskiy<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Military unit A4961*

Ukraine has a rich history of struggle for freedom. The 21st century for us also takes place in the conditions of the struggle for independence and freedom. For the cause, which defended our ancestors, had to take up and the heroes of our time.

Among the modern heroes of Ukraine there are many military men who continue to fight against the Russian horde. These indestructible fighters defend their land from the aggressor, showing remarkable courage and heroism. Their deeds should be respected and remembered, as they make a great contribution to the preservation of the territorial integrity of our country.

For ten years of the Russian-Ukrainian war (as of 07.03.2024) the title of Hero of Ukraine with awarding (conferring) the Order "Gold Star" was awarded to 449 of our defenders. Unfortunately, 260 people (58%) received this highest award posthumously. 83% of the awardees (374 people) were servicemen of the Armed Forces of Ukraine, the remaining 17% (75 people) were representatives of the security and defense forces of Ukraine. After the full-scale invasion of Russia, 375 people (83.5%) became Heroes of Ukraine.

Almost one third (32%) of those awarded are privates and sergeants, 27% are junior officers, 38% are senior officers and 3% (15 people) are senior officers.

Remembering each hero is a big challenge. That is why it is important to know everyone's names because when we know the name, we can reproduce history. We know many heroes who have become folk heroes today. Remembering the heroes of the war is the duty of every Ukrainian!

## **МЕТОДИ ОЦІНКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ**

*В.М. Кухаренко, к.т.н., доц.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Дуальне навчання – сучасна технологія, яка при належному впровадженні може забезпечити якість навчання та підготовку фахівців з наперед визначеними компетентностями для виробництва. У LMS Moodle для цього є інструменти створення рамки компетентностей та бази академічних та професійних стандартів і створення індивідуальних навчальних планів для здобувачів освіти. Це дозволяє автоматизувати процес вимірювання компетентностей, а представникам замовника моніторити навчальний процес.

Вимірювання компетентностей може відбуватися за допомогою різних методів та інструментів, залежно від конкретної компетенції та цілей вимірювання. Однак деякі компетентності вимірюються найчастіше через стандартні методи та інструменти. Деякі з найпоширеніших методів включають:

| Оцінка                  | Метод   |
|-------------------------|---|
| здібностей та знань     | тестування, екзамени, практичні завдання.           |
| міжособистісних навичок | анкетування, спостереження, групові вправи          |
| лідерських навичок      | спостереження, асесмент-центри, психометричні тести |
| технічних навичок       | практичні завдання, тестування, виробничі симуляції |
| креативності            | творчі завдання, анкети, портфоліо                  |
| самоменеджменту         | оцінка продуктивності, робочі журнали, анкети       |

Ці методи можуть використовуватися окремо або комбінуватися для отримання комплексної карти компетентностей особи або групи. Точний підхід залежить від конкретних цілей вимірювання та характеристик компетентностей, які важливі для оцінювання.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ УКРАЇНСЬКОГО ВІСЬКОВОГО КОНТИНГЕНТУ ЗА КОРДОНОМ**

*В.В. Пашковський; Л.М. Кізло; В.І. Матала*

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного*

Для успішного виконання бойових завдань підрозділам ЗС України завжди був потрібен професійно і якісно підготовлений військовий контингент, а після початку широкомасштабного вторгнення рф в Україну, підготовку військових фахівців в українській армії визначено пріоритетним напрямом, який спрямовано на забезпечення армії боєздатними, кваліфікованими



кадрами, спроможними захистити країну, діючи спільно з підрозділами країн Альянсу. У теперішній час процес підготовки військового контингенту набув суттєвої трансформації не лише в Україні. Потужний внесок щодо оптимізації підготовки військових фахівців здійснює коаліція партнерів, яка, станом на сьогодні, налічує 34 держави. Основна функція цих структур полягає в проведенні заходів підготовки для українських військових на території країн-партнерів, де особливого значення набуває процес підготовки фахівців на іноземних зразках техніки (Україна вже отримала більше 21 000 кваліфікованих спеціалістів для експлуатації понад 160 різних зразків ОБТ). Іноземні партнери зосереджені на виконанні наших вимог: регулярно переглядаються і коригуються навчальні плани і програми; враховується досвід ведення бойових дій; налагоджується зворотний зв'язок. При чому, закордонні фахівці відмічають високий рівень вмотивованості наших військовослужбовців, що, за думкою більшості, є обумовлюючим фактором їх швидкого і якісного професійного зростання. Одночасно з підготовкою військових фахівців за кордоном здійснюється підготовка інструкторів, які, в подальшому, забезпечуватимуть підготовку військового контингенту на території нашої країни, що значно підвищить здатність військ (сил) компетентно реагувати на загрози державі та ефективно протидіяти агресору, посилюючи обороноздатність України.

### **СИСТЕМА ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПЕРСОНАЛУ МАЄ ВПРОВАДЖУВАТИСЬ ЕВОЛЮЦІЙНО**

*А.А. Голота<sup>1</sup>; М.І. Кожушко<sup>1</sup>; А.М. Демченко<sup>2</sup>, к.філос.н.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Державне підприємство “Центральне конструкторське бюро “Протон””*

Одна із складових бойового потенціалу держави – морально-психологічний стан (МПС) особового складу Збройних Сил (ЗС) України завжди буде актуальнішою сферою суспільної свідомості, яка має постійно досліджуватись та вдосконалюватись, адже безперервно модернізуються не тільки форми і засоби збройної боротьби, але й форми і засоби інформаційно-психологічного протидіяння. Нажаль, процес трансформації системи морально-психологічного забезпечення (МПЗ), як засобу формування МПС, у мирний час затягнувся і належного наукового дискурсу з цього питання не відбулося, а обговорення певних проблем носило кулуарний та відомчий характер. Хоча по суті це є рівнем прийняття рішення Верховним Головнокомандувачем ЗС України та Радою безпеки і оборони України. Однак каталізатором даного процесу стала війна.

За повідомленням ГШ ЗС України наразі триває реформування системи МПЗ у систему психологічної підтримки персоналу (ППП) ЗС України, яке знову відбувається на відомчому рівні, що і могло підняти певні питання. При цьому ми вважаємо за необхідне нагадати свою думку про те, що посади заступників командирів з МПЗ на час бойових дій доцільно залишити, але перейменувати їх у заступників з психологічної підтримки (у подальшому із СК) із завданнями поступової передачі повноважень командирів (його заступнику) та формування структур ППП, а також задля реалізації Стратегії утвердження української національної та громадянської ідентичності на період до 2030 року.

## **ПРОБЛЕМИ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ СУЇЦИДАЛЬНОГО РИЗИКУ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

*Д.О. Щенякін*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Проблема суїциду військовослужбовців у Збройних Силах України має високу актуальність. Основною причиною самогубства військовослужбовців є соціально-психологічна дезадаптація особистості, що настає на тлі гострого стресового або посттравматичного стресового розладу внаслідок бойових дій, несприятливого збігу життєвих обставин, або при суб'єктивній інтерпретації цих обставин як нерозв'язних.

Оцінка ймовірності скоєння суїциду ускладнена через досить великі групи факторів ризику суїциду та їх не специфічність. Так, деякі військовослужбовці, які вчинили суїцид, не належали до жодної з відомих груп ризику.

У роботі з профілактики та корекції суїцидальної поведінки військовослужбовців, у психологічній практиці, існує нагальна потреба впорядкувати діагностичний матеріал та діагностичну діяльність психологів частин і підрозділів.

Психологам і заступникам командирів з морально-психологічного забезпечення, насамперед, слід користуватися діагностичним інструментарієм, що наближений до експрес діагностики суїцидальної поведінки військовослужбовців. Це важливо для забезпечення моніторингу та психологічної підтримки військовослужбовців, а також для командирів, які вирішують проблеми, пов'язані з військовими із суїцидальними намірами.

Сьогодні робота з виявлення серед військовослужбовців групи суїцидального ризику ведеться за відсутності вибору стандартизованого діагностичного інструментарія.

Самогубство є відносно стійким соціальним явищем. Його попередження не можливе без знання причин, ознак-індикаторів, мотивів і умов.

## **ДО ПИТАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ПАТЕНТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

*В.О. Комаров, к.т.н.*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

Сьогодні одним із головних завдань розвитку Збройних Сил України є створення нової галузі виробництва – інтелектуальної індустрії, що включає розробку та впровадження на ринок озброєнь (ОВТ) нових технологій та авторських винаходів. Однак, як показує практика, важливо не лише підтримати вчених та розробників, а й зуміти захистити права авторів інтелектуальної власності. На сьогоднішній день українська законодавча база не може належним чином забезпечити ефективний захист плодів інтелектуальної діяльності своїх громадян. Створені та розроблені закони патентування передбачають надмірну деталізацію пунктів винаходу, що дозволяє, змінивши лише один пункт в описі пристрою або способу, запатентувати «новий» об'єкт права інтелектуальної власності. Таким чином, авторський продукт, запатентований в Україні, за великим рахунком, не може захистити технологію чи виріб від патентування та несумлінного

використання в інших країнах. Для вирішення цієї проблеми винахідники використовують кілька способів захисту. Одним із таких заходів запобігання незаконному використанню продукту інтелектуальної власності є багаторазове патентування винаходу у всіх можливих варіаціях.

Таким чином, у рамках закону практично не залишається шансів недобросовісного присвоєння авторських прав. Другим способом, що широко застосовується в США, є завчасне патентування очікуваного продукту. У такому разі використовуючи лише один якісний патент, можна захистити об'єкт авторського винаходу. Таким чином, стає зрозуміло, що на сьогоднішній день без активного втручання керівництва країни у питання патентування, виконавцям буде дуже складно забезпечити ефективний старт запланованої модернізації ОВТ в інтелектуальній галузі.

### **ПЕДАГОГІЧНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КУРСАНТІВ ВІЙСЬКОВОГО ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

*А.І. Кравченко, к.пед.н.*

*Військовий коледж сержантського складу Військового інституту  
телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут*

Одним із складників ефективного формування комунікативної взаємодії курсантів військових закладів вищої освіти Збройних Сил України у навчально-виховному процесі є дотримання законності і правопорядку у військових колективах.

Запровадження в життя правових норм, що регулюють військові відносини, здійснюється насамперед через повсякденну діяльність командирів (начальників), посадових осіб військового навчального закладу, всього особового складу. Важливим складником цього багатогранного процесу виступає діяльність із забезпечення відповідності прийнятих управлінських рішень чинному законодавству України, наказам і директивам начальників. При цьому забезпечення правопорядку і законності серед військовослужбовців закладів вищої освіти досягається комплексом виховних, дидактичних, організаційних та інших заходів, керованих командирами й начальниками всіх рівнів, що здійснюються у поєднанні з діяльністю військових правоохоронних структур.

Отже, військовий заклад вищої освіти ефективно функціонує, реалізує навчальну, виховну та організаційну функції за умови суворого дотримання основних нормативно-правових актів які і визначають таку діяльність.

## **СЕКЦІЯ 21**

### **СУЧАСНІ МЕТОДИКИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ**

Керівники секції: полковник Шелудько Г.Л.;  
к.філос.н. доц. пр. ЗС України Ребрій І.М.  
Секретар секції: к.філос.н. доц. пр. ЗС України Савченко О.О.

#### **WORLDVIEW AND TRANSLATION**

*H. Sheludko<sup>1</sup>; I. Rebrii<sup>2</sup>, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The concept of a worldview/world picture is of active use among the representatives of different disciplines and sciences, like philosophy, psychology, literary, cultural and cognitive studies, linguistics, etc. Supplemented by a specifying modifier – "scientific", "conceptual", "linguistic", "physical", "biological", "individual", "common", etc. – the worldview has penetrated terminological paradigms of the abovementioned as well as many other research fields, though its understandings and definitions within them are far from being unanimous. Quite naturally, that in my research I stick to the linguistic interpretation of the worldview which is characterized by the dichotomic opposition: conceptual vs linguistic.

Conceptual worldview can be characterized as a global, holistic and dynamic system of information about the world processed and possessed by an individual and/or society which he or she is a member of. Conceptual worldview contains considerable layers of non-verbalized knowledge that belong to the sphere of the subconscious and thus can not be expressed in linguistic forms. Correspondingly, linguistic worldview is seen as part of the conceptual one that got objectified in the language forms and thus belongs to the sphere of the conscious. It is the linguistic worldview that can stand as an object of empirical research as it reflects: 1) knowledge about the language as a (sign) system and 2) knowledge inside the language, i.e. knowledge about the world expressed and transmitted with the help of language signs. The second constituent of linguistic worldview is always nationally and culturally substantiated which leads to its definition as a conglomerate of knowledge about the world amassed by individuals within a certain society at a certain stage of its development and reflected in language signs; also, linguistic segmentation of the world, its objects and phenomena fixated in the meanings of language units. In my article, I would like to explore the relevance of the concept of worldview/world picture in regard to translation.

#### **DIDACTIC PRINCIPLES FOR AUTONOMOUS ENGLISH LEARNING BY MILITARY STUDENTS**

*O. Savchenko, Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Following the didactic principles of education formulated by J.A. Comenius, autonomous English learning by military students (MS) should be built on such principles as consciousness and activity, systematicity and consistency, accessibility,

visibility, the strength of knowledge, skills, and abilities, and the principle of professional orientation which is also crucial in the context of higher education.

The principle of consciousness and activity means the aware, deep, and thorough assimilation of knowledge and the development of skills, and provides for MS's active autonomous work to master operations with foreign language material.

The principle of systematicity and consistency of knowledge requires MS to master knowledge in a certain logical and methodological sequence, when new lexical and grammar material is based on the material studied previously, thus systematizing and consolidating it. In the context of the autonomous learning, this principle can contribute to developing language means that correspond to particular goals, contents, and specific difficulties that MS can face while mastering English. This principle is implemented in autonomous learning under the conditions of consistency, continuity, and practical activity.

The principle of accessibility lies in the fact that MS's autonomous work should take into account their personal features and capabilities. This principle assumes the rational selection of learning materials and technologies and involves moving from the general to the specific, from easy to complex. Some scientists call the principle of accessibility the principle of increasing complexity.

The principle of visibility relates to the perception, comprehension, and generalization of educational material. This principle allows MS to maximally intensify and optimize their autonomous work, making it as efficient as possible, and use a wide range of multimedia technologies available at the moment.

The principle of the strength of knowledge, skills, and abilities presupposes a deep, conscious assimilation of knowledge, the development of practical abilities and skills, and assumes that MS master educational materials so that they can retrieve them from memory if necessary and use correctly. The strength of knowledge is ensured through repeating, cycling, and systematic monitoring.

The principle of professional orientation in autonomous English learning takes into account MS's interests, needs, and areas of their professional activity. This principle is implemented through the selection of professionally oriented materials and bringing educational situations closer to professional areas.

## **MICROLEARNING AS A MACRO STEP IN THE FUTURE OF LANGUAGE TRAINING**

*N. Pustovit, Candidate of Philosophical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the dynamic digital age language training should be "smart" and flexible to equip learners with the knowledge and skills they need. One of the reasons why the educational process may not achieve its final goal is that learners receive too much information per training session. Today education sessions often seem to be overloaded with information. Therefore, there is a need to improve the formats and means by which information is presented and delivered. In the first place, more attention should be given to visualization and diversification of learning content that can be reached through a combination of text, audio, and video as it was proved that many of us perceive visual information better than solely texts or audio organized in separate units.

The problem of intellectual bite-sized content today is not purely a task for the educational sector. It is the demand of our time, as well as a factor of success in

language training. In this regard, a new approach to learning should be offered. The nano-approach seems to be an extraordinary and at the same time operative solution. The idea to apply nano-approach to language training comes from nanoscience. Working with small particles rather than their larger-scale counterparts is easier and more effective. This method could be further developed and integrated into language training because snackable bits of content could be better processed in comparison to classic learning pieces.

As far as IT changes the way learners perceive and process information, nanoscale content seems to be more relevant. The nano-approach can increase the effectiveness of language training as it provides small bursts of relevant on-demand information per session. For this reason, the nano-approach should be given more attention in the context of contemporary learner-oriented language training.

### **CHARACTERISTICS OF MILITARY DISCOURSE**

*T. Bryk, Ph.D.*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the spheres of human activity with enlarging community is the military. In order to mobilize and sustain support for war, military systems use certain types of language.

The term discourse applies to both spoken and written forms of language, in fact to any example of language used for any purpose.

Military discourse is interpreted as a spoken or written act of communication used in military contexts that relates to any military aspect. The military vocabulary has many abbreviated words that are used as "codes" to communicate effectively in battle situations, hostile environments, and field training. The military environment is widely studied by historians, sociologists, national-security specialists. However, linguistic research is rare in the military environment. The problem of military discourse translation is quite urgent precisely in Ukraine due to the war and global character of some military trainings and operations.

Over the past century military terminology has been accompanying the social changes and technological progress which are constantly transforming the armed forces, their capabilities and roles in.

Cadets should be aware of the organizational structure of the armies of the foreign states, their strategy and tactics, armaments and defense technique.

Cadets should remember about two principal issues in the process of foreign language learning. First of all, all military texts abound in specific terms and abbreviations. Secondly, those terms generate idioms which cause lots of difficulties. Cadets can face with problems during the English-Ukrainian translation: the translation of so-called "translator's false friends", or interlingual homonyms. In two languages they look or sound similar but have different meaning: e.g. ammunition – "боєприпаси", not "амуніція"; barracks – "казарми", not "бараки"; intelligence officer – "розвідник", not "інтелігентний офіцер", accurate fire – "влучна стрільба", not "акуратна", etc. Some terms can have lots of interpretations, depending on the context. For example, word "unit". E.g. Unit: 1) military element whose structure is prescribed by a competent authority; 2) subdivision of a group in a task force, etc.

## **ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING ENGLISH**

*Yu. Cherkashina*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Artificial intelligence has the potential to revolutionize ESL teaching and learning. AI-powered tools can provide personalized learning, automate tasks, and offer real-time feedback.

**Personalized Learning:** AI algorithms analyze student data to tailor lessons and materials to individual needs, allowing focus on struggles while accelerating mastered concepts.

**Language Learning Apps:** Apps like Duolingo use AI to evaluate writing/speaking, provide feedback, and adapt lesson difficulty. Others use AI for conversation practice, pronunciation coaching, etc.

**Intelligent Tutoring Systems:** Virtual tutors understand queries, provide explanations, identify gaps, and recommend materials via natural language processing. They get smarter over time.

**Automated Grading & Feedback:** AI tools can grade written work, questions, essays, spoken responses, evaluating grammar, diction, pronunciation.

**Adaptive Learning:** By analyzing performance/engagement data, AI can adapt lessons in real-time, modifying difficulty, examples, and supplemental activities.

AI supports but doesn't replace human teachers. It enhances capabilities, enriches learning, and increases practice/feedback opportunities. More powerful language learning AI is expected as it advances.

## **FORMATION OF TRANSLATION COMPETENCE FUNDAMENTALS IN FUTURE MILITARY OFFICERS**

*I. Golovash*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The integration of all aspects of the life of our country into the European space not only opens up a new field for professional activity for the military, but also puts them in conditions of an urgent need to know a foreign language, especially now in the conditions of the war in Ukraine, when military officers are required to have a good knowledge of a foreign language, in first of all, English, the language for communication with the military of NATO countries, as well as the correct translation of both written and oral instructions for using the latest weapons. This fact makes it necessary to determine effective ways of forming the professional qualities of future officers. The basic component of translation competence includes knowledge, abilities and skills that are required in all types of translation – written or oral, regardless of the genre of the translated input text (scientific and technical, business, newspaper or journalistic). Special components of translation competence are elements necessary for the translation of texts of a specific genre and style. Both forms of translation – written and oral – are important in terms of complexity. These two different types of work require different professional abilities from future officers. Mastering a foreign language and translation in particular, involves involvement in another culture, mastering a new socio-cultural content.

Modern requirements for the professional training of future military specialists should also take into account the recommendations of the Council of Europe, which clearly outline the task of forming plural-lingual and plural-cultural competence of military officers.

## **INVOLVING PATRIOTIC ISSUE INTO DEVELOPING LANGUAGE SKILLS**

*I. Grygorova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern conditions of nationhood which Ukraine has at the current moment require actualization of new methods of developing patriotic consciousness among future officers. The main impetus to those changes is connected with developing Ukraine as a sovereign democratic state in the conditions of social changes in the society influenced by the Russian-Ukrainian war which began on the 24<sup>th</sup> of February 2022. Those changes are also in close connection with the events which took place before the war started such as "Revolution of Dignity" and occupation of the part of Donbas region and the Crimea. The changes also take into consideration a number of other events which lead to variety of methods used for developing patriotic consciousness of future officers.

Developing of patriotic consciousness takes place in the close connection with pedagogical, psychological and social factors which were taken into consideration in the process of developing syllabus for learning a foreign language in higher military educational establishments. Patriotic issues are included in the tasks connected with developing language skills of future officers. They become a part of integrated preparation for further passing STANAG exams developed by the teachers of our department. Such tasks have the objective not only to teach the language, but also include information which helps develop patriotism through developing reading and listening skills and preparing students for further discussions on the topic closely connected with everything mentioned above.

At the same time, we need to take into consideration experienced gained by international allies in patriotic educating of their youth as Ukraine is in the process of becoming a NATO member.

## **INTERCULTURAL APPROACHES IN LANGUAGE TEACHING**

*E. Kharatian*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The insight into and deeper understanding of the target languages cultures has been a prominent aim with mobility growing and business becoming more and more global, international language pedagogues and business people alike have come to call for "intercultural skills", "practical cultural knowledge" or "international competence".

There are 3 main intercultural approaches in language teaching: "The Art of Questioning", "Doing Puzzles", "Taking photographs and painting pictures".

"The Art of Questioning" To see cultural phenomena within their own cultural contexts is not always an easy task, partly due to a lack of exposure, partly due to deficits in the availability and relevance of materials. By training the "art of asking the right questions" we start from the assumption that cultural (i.e. intercultural, interpersonal) skills are not linked to a specific geographical region, country or area.

The idea of "Doing Puzzles" is networking, using a variety of sources and materials, delegating and putting single parts together. Emerging information gaps function as incentives for getting more, and more detailed and varied or specialised



information, a starting point for trying to find yet another angle from which to evaluate a certain cultural problem.

A learner of intercultural competence should be able and trained to do both: take snap shots, reflecting describing and documenting reality on the one hand, and taking a painter's approach, on the other hand, interpreting reality, dealing with feelings and atmosphere, moods and sentiments. The "photographer – painter approach" is not only confined to interpreting otherness. One's own surrounding supplies a "training ground" to sensitize and to develop awareness for these aspects of a certain society as well.

We think that using suggested intercultural approaches in foreign language teaching would help to develop students' understanding and respect of different cultures. In such a manner an intercultural mentality should be educated.

### **ROLE OF ADAPTIVE LEARNING ALGORITHMS IN PERSONALIZED LANGUAGE ACQUISITION**

*S. Kobiakov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Adaptive learning algorithms are revolutionizing language learning software by providing personalized educational experiences tailored to each learner's skills, difficulties, engagement and progress. By analyzing individual learner data, these algorithms create custom learning pathways and recommend targeted, real-time content and activities [Olsen et al., 2019]. This facilitates effective, efficient language acquisition compared to one-size-fits-all instruction [Lin et al., 2021]. Research shows adaptive algorithms enable language software to be responsive to diverse needs – linguistic backgrounds, skill levels, motivation, and pace of learning [Somers & Jiang, 2022]. Adaptive systems deliver customized vocabulary, grammar, pronunciation and conversation practice based on usage and performance. Learners receive remediation on weaknesses while being optimally challenged to stay motivated. Consequently, personalized adaptive instruction demonstrates improved proficiency over non-adaptive methods. Additionally, adaptive learning promotes self-direction through immediate feedback and flexible pathways, while still structuring mastery. For educators, algorithms enhance insight into student progress and needs [Lin et al., 2021]. Although supplementary teacher interaction is still essential, adaptive software eases customization burdens. With increased refinement, adaptive learning promises to transform language learning into an intelligent, learner-centered experience.

### **THE STAGES OF TEACHING LISTENING**

*O. Kondra*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Listening skills are essential for learning a foreign language. They usually are hard to develop. Before listening, students can do a variety of tasks that facilitate comprehension. In real life we usually don't have to listen without any idea of what we are going to hear and we seldom have trouble with understanding and listening. But in a foreign language it is one of the hardest skills to develop.

Dealing with unfamiliar sounds and constructions is even more difficult when the topic of the discussion is unknown. It is hard to concentrate on listening if you

have little interest in the conversation. So, pre-listening tasks are important stage in listening skills development. They aim at helping with all above-mentioned issues. If students can brainstorm language beforehand, they will be better prepared to cope with the listening.

A large number of unknown words hinders listening, and certainly lowers confidence. Select some vocabulary for the students to study before listening, for example, matching words to definitions, followed by a simple practice activity such as filling gaps in sentences. Listening is an active process, as the mind actively engages in making meaning. So, the teachers have to make sure that the materials we use are comprehensible to learners. Listening is hard work, and it can be stressful! So, to maximize the potential for acquisition of language, we need to make the process of listening as stressless as possible.

### **DEVELOPING OF CADETS' INTERCULTURAL COMPETENCE AND COMMUNICATION IN FOREIGN LANGUAGE CLASSROOM: SOME TEACHING STRATEGIES BASED ON MULTIMEDIA TOOLS**

*N. Lieboshina*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Intercultural competence refers to the "ability of a person to naturally employ a wide range of cognitive, affective, and behavioural skills that will assist in facilitating communication with people from different cultural origins". In today's mobile world, intercultural and interpersonal communication skills of future officers are of utmost importance, not only in the educational setting, but above all outside of this institutional setting and in particular, in interpersonal and professional military life settings. Cadets who are encouraged to develop their intercultural awareness benefit from deeper learning. They are equipped with the knowledge, skills and methods they will need in their professional and civic life. The use of videos and movies is a highly useful instructional multimedia tool for learning about and teaching cultural differences. As cultural documents, videos and movies give substance and meaning to intercultural communication discussions in the classroom.

Some strategies and tools that can be used for teaching intercultural communication include: videos or movies, cooperative learning, improvisation, inquiry-based instruction, task-based instruction, production, interaction, negotiation, mediation and role play. By incorporating movies or videos several simple teaching strategies into your lessons, you will create a more dynamic classroom. Furthermore, your students are also encouraged to "explore the different elements of another culture and the correlation between language, identity and culture, while negotiating meaning in dealing with difficult situations (social conventions or living conditions, for instance) and differing points of view or perspectives".

### **DEVELOPING SOFT SKILLS IN THE ENGLISH LANGUAGE CLASSES**

*M. Pogodina*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Nowadays it is extremely important for a highly qualified specialist to have so-called "hard skills" and "soft skills". Hard skills are professional skills that can be taught to students at the lessons, lectures, and seminars. In order to acquire hard

skills, it is necessary to gain knowledge and learn certain instructions. Soft skills, also known as interpersonal skills, are universal competencies that are much more difficult to teach. They depend on a person's character, the ability to communicate, to get out of difficult situations and to take responsibility for tasks. Today, a highly qualified specialist should have the ability to work in a team and establish relationships. The most important soft skills are flexibility or adaptability, effective communication skills, problem solving, creativity, interpersonal skills and teamwork.

The teacher should pay a lot of attention to the development of soft skills in class. In language learning, soft skills are especially important because they are transferable. That is, if you can learn how to communicate effectively in one language, you can usually learn how to communicate effectively in other languages too. They are useful not only to strengthen the relationship with students and to better manage conflict situations but also to increase the effectiveness of language teaching methods. Integrating soft skills into teaching can bring benefits to both teachers and students. Soft skills help teachers to establish an effective dialogue with their students, to gain the attention and respect of the class, to reduce depression and stress among students. As for students, the importance of soft skills for them is obvious. They learn to establish healthy relationships, prevent negative situations and resolve conflicts, cultivate their critical thinking skills and become more creative.

Soft skills are essential for success in any field, and language learning is no exception. In today's world, where people are constantly connected to technology and their peers, it is more important than ever to be able to communicate effectively. This means that learners need to have good soft skills in order to be successful. By providing the right environment and using effective teaching methods, a teacher can help students reach their full potential.

## **COLLOCATIONS AS A PEDAGOGICAL APPROACH IN TEACHING ENGLISH TO MILITARY PERSONNEL**

*I. Shutenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Teaching English to military personnel on intensive language courses comes with its own set of challenges that necessitate tailored strategies to ensure rapid progress within a limited time frame.

One strategy that can be particularly effective in teaching vocabulary and developing students' ability to produce more fluent and natural-sounding speech is the utilization of collocations - word combinations that frequently occur together in natural language usage.

For Ukrainian military personnel, dealing with collocations in English can be challenging. Firstly, they may struggle with identifying appropriate word combinations as they tend to rely on direct translations from their native language. Secondly, understanding context-specific collocations related to the military domain may pose its own difficulties.

To address these challenges, several effective teaching methods and techniques can be employed. Contextualized examples and real-life situations provide learners with authentic exposure and allow them to understand how words naturally combine in different contexts. Interactive activities and exercises further engage learners by encouraging active participation and collaboration with peers. Additionally,

vocabulary building exercises focusing on common collocations relevant for military purposes enable learners not only to acquire new vocabulary but also practice using them accurately.

In conclusion, teaching English collocations to Ukrainian military personnel requires effective instruction and targeted practice, but it is possible to significantly accelerate military students' language proficiency growth.

## **ОБґРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ ЗГІДНО СТАНДАРТІВ НАТО**

*В.І. Семенюк; В.В. Василенко; Д.Б. Жушков, к.т.н., доц.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Виходячи із завдань МО України і виконуючи наказ командувача Повітряних Сил, що до 2026 року кожний військовий Збройних сил України має вільно розмовляти англійською мовою, на факультеті підготовки офіцерів запасу за контрактом ХНУПС розпочався перехід на викладання навчального матеріалу на заняттях англійською мовою.

У доповіді висвітлені труднощі та особливості проведення занять під час дистанційного навчання. Так, сьогодні заняття проводяться в on-line режимі за допомогою Google Meet і починаються з хвилини мовчання по вшануванню загиблих, а далі йде інформування щодо подій на фронтах на англійській мові. З метою поступового засвоєння матеріалу розроблено спеціальний інформаційний шаблон, у якому на екрані два тексти, ліворуч – той що читається англійською мовою, а праворуч – паралельно йде висвітлення червоним кольором українського тексту. Все це надає ВФ можливість сприймати матеріал не тільки на слух, а ще й зорово. Для доведення інформації залучаються найбільш підготовлені викладачі та студенти, з перспективою поступового залучення усього особового складу. Матеріали занять та допоміжні матеріали у вигляді презентацій, слайдів і відео роликів, поступово також переводяться на англійську мову.

Підводячи підсумок, слід відзначити, що запропоновані підходи та методи навчання, які задіяні на факультеті сприяють виконанню поставлених МО України завдань і надають більш якісну підготовку військовим фахівцям з англійської мови та стандартів НАТО під час дистанційного навчання.

## **CREATING AN ENGLISH-SPEAKING ENVIRONMENT AS A TOOL TO IMPROVE LANGUAGE LEARNING**

*N. Horbach; T. Kalchenko; Y. Bortnyk  
Kharkiv National University of Internal Affairs*

Learning a foreign language brings good results when students learn the language, hear and speak it in authentic everyday contexts and experience it in their familiar environment. This way, they learn a new language as naturally as their native language, which provides an optimal basis for subsequent language performance in authentic situations of everyday and professional communication. This is the most natural way to learn languages – intuitively and without rigorous study of grammar and vocabulary.

To activate, and optimize learning English or any other foreign language as well as to get quicker results, it is a good idea to surround students with a language (English) environment even when they are off class.

How to create an English-speaking environment?

1. Encourage students to take an active part in extracurricular activities that are conducted in English, for example, preparation and active participation in such events as debates, International scientific conferences, discussion clubs, and so on.

2. Have students start on their devices. What language is Facebook set to? What about phones? The Internet is an important thing. Therefore, to create an English-speaking environment, students need to start with their online communication. If students change the language settings of their phones, browsers, and social networks to English, the language will always be in front of their eyes, and this is a great way to reinforce new words – words familiar in their native language will be presented in English.

3. The modern world allows watching favourite films and programs in English. Encourage students to watch them without subtitles in their native language, since to distinguish spoken language from written language, our brain activates completely different processes, and by turning off subtitles, students will give their brain a workout that prepares them to understand and participate in real conversations.

4. Listening to English has a great influence on the process of language acquisition. Students should as often as possible listen to songs in English, favourite podcasts, or just online radio in English. Let the radio or podcasts play in the background as a backdrop to their daily activities at university or home. It works the same way as with a list of words on the bathroom mirror. Students will learn English subconsciously. For example, at our department, every day for several hours, students have the opportunity to listen to the English language from the TV installed in the corridor.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ВІЙСЬКОВИМ ФАХІВЦЯМ**

*О.В. Мокринський; В.В. Салогор*

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Метою викладання іноземної мови для військовослужбовців є підготовка фахівців до можливості спілкуватись в професійній галузі, як в усній так і письмовій формі. Знання іноземної мови грає важливу роль під час виконання службових обов'язків з залученням фахівців іноземних держав.

Під час підготовки військовослужбовців, основною метою ставиться розширення словникового запасу. Для цього використовують електронну техніку (комп'ютери) та інші технічні засоби. Для вільного володіння мовою, вдосконалення знань та нарощування практики говоріння, заняття проводять в режимі спілкування, вивчення текстів. Навчальні тексти містять професійний зміст, із застосуванням технічних термінів. Ілюстрації сприяють наочності, привабливості і виступають, як практична складова вправ.

Закріплення, розширення і поглиблення засвоєного матеріалу здійснюється в часи самостійних занять за допомогою використання технічних засобів передачі інформації.

Для розширення лексичного запасу розмовної мови у контексти включають прислів'я, приказки та стійкі словосполучення.

Контроль за засвоєнням пройденого матеріалу включає: поточний контроль, самоконтроль та підсумковий контроль.

Для військовослужбовців, які продовжують навчання іноземної мови після тривалої перерви, передбачений підготовчий курс, який включає в себе отримання базових знань. Цілеспрямована методика подачі матеріалу разом з аудіо супроводом створює цілісну дидактичну систему формування іншомовної компетентності слухачів відповідно до стандартизованого рівня.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ ВІЙСЬКОВИМ ФАХІВЦЯМ**

*М.В. Полоз*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

Вивчення іноземних мов є важливим елементом підготовки військових фахівців, оскільки сприяє ефективному виконанню завдань у сфері міжнародного співробітництва, навчання, виконання закордонних операцій, роботи з іноземною військовою технікою та озброєнням. Військові фахівці потребують специфічних навичок комунікації, які відрізняються від цивільного населення.

Важливо адаптувати мовні курси, з урахуванням потреб військових, наприклад враховувати необхідність використання специфічної військової термінології, що використовується в професійній діяльності, такі як командні накази, технічна термінологія, тощо.

Володіння іноземною мовою дозволяє військовим здійснювати ефективну комунікацію з партнерами та союзниками, сприяє розумінню культурних особливостей і традицій інших країн, що сприяє успішному виконанню спеціальних міжнародних завдань.

Важливо використовувати сучасні методи навчання: сценарії та рольові ігри, що відображають реальні ситуації з якими можуть стикатися військові під час виконання завдань. Наприклад застосування віртуальних тренажерів, комп'ютерних програм та інших технологічних засобів можуть сприяти більш ефективному вивченню іноземних мов військовими фахівцями, дозволяючи їм тренуватися в умовах, які максимально наближені до реальних.

Викладання іноземних мов військовим повинне бути орієнтоване на конкретні потреби військової служби, зокрема, на підготовку до спеціалізованих місій, ведення переговорів або роботу з партнерами та союзниками.

**СЕКЦІЯ 22**

**МОВНА ПІДГОТОВКА ТА СЕРТИФІКАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ ФАХІВЦІВ**

Керівники секції: к.т.н. доц. полковник Бекіров А.Е.;  
пр. ЗС України Глуховська М.С.  
Секретар секції: к.п.н. доц. пр. ЗС України Єрстова-Михалусь І.Б.

**LANGUAGE BARRIER ANALYSIS OF CADETS  
DURING ASSIGNMENTS ABROAD**

*A. Bekirov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*M. Hlukhovska<sup>2</sup>, Candidate of Philological Sciences*

*<sup>1</sup>Ministry of Defence of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to ensure the quality of educational activities and the quality of higher education internally, the Department of Aviation English of the University conducted a research. It was a survey of cadets who were on an assignment abroad as translators. The main purpose of the survey was to identify the main problems encountered by cadets during translation aboard. All types of activities that could pose difficulties for cadets were included and analyzed in the survey.

The difficulties encountered by cadets during their assignment abroad were speaking – 25% and listening comprehension of foreign language speech – 75%; reading and writing were not within the cadets' area of responsibility but were also analyzed: 1) during reading 20% of cadets had problems understanding technical or military terminology while processing information and 80% had difficulties understanding abbreviations; 2) during writing cadets mentioned that approximately 60% faced grammatical difficulties, specifically in the use of tense forms and word order in some sentences; 10% struggled with selecting appropriate vocabulary, 5% with composing reports and 25% had no problems; 3) during speaking 20% of cadets encountered no issues, 30% experienced a fear of speaking, 30% faced problems of choosing the correct grammatical construction, 10% had issues with the speed of thought formation and 10% reported difficulties with vocabulary but attempted to find synonyms; 4) during listening comprehension cadets who were translators identified three main problems: 75% struggled with pronouncing individual words, 25% had issues related to the speed of the foreign speaker's speech and 15% had difficulties in comprehending and processing much information heard in English.

Half of the cadets required 3-4 days to adapt to the English-speaking environment, while the other half needed a week. About 80% of cadets experienced a fear of speaking.

**THE RESULTS OF IMPLEMENTATION OF INTENSIVE FOREIGN  
LANGUAGE COURSE IN THE PEDAGOGICAL PROCESS  
OF FLIGHT FACULTY CADETS LANGUAGE TRAINING**

*I. Yerastova-Mykhalus, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The pedagogical experiment was conducted on the basis of the flight faculty of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University in order to find ways to modernize the process of language training of future specialists in the aviation

industry. The purpose of the experiment was to check the effectiveness of implementation of intensive foreign language course, which consisted of 3 modules: General English, Aviation English, Military Aviation English, in educational process of the 1st year cadets training.

The implementation of the intensive foreign language course allowed obtaining the following results:

- the language course syllabus for future specialists in the aviation industry has been modernized and optimized;

- the list of topics for language training of future specialists in the aviation industry has been adjusted, taking into account modern requirements for representatives of this profession;

- tasks used during the pedagogical process of formation of foreign language competence of future specialists in the aviation industry have been diversified and modernized;

- the methods of working with the textbooks "Headway", "English for Aviation", "Air Force" have been improved;

- extracurricular activities have been tested;

- the level of cadets' motivation to learn a foreign language at a high level has been increased;

- the level of foreign language proficiency of cadets has been improved from level 1;1+ to 1+; 2 (according to the STANAG 6001 evaluation system);

- directions for further optimization of the pedagogical process, which involves the creation of a study guide, a workbook and a glossary, have been determined.

### **MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES APPLICATION FOR ACADEMIC PERFORMANCE RATING OF CADETS AT HIGHER MILITARY ACADEMIES**

*N. Drob*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the conditions of modern information society, a global problem arises before education – increasing the quantity and improving the quality of teaching information in the invariant instructional time, for which this information should be learned.

One of the ways to solve this contradiction is the use of computer-based testing. It became obvious that tests allow obtaining objective assessments of the level knowledge level, skills, attitudes and perceptions to identify deficiency in training. Certainly, the most sustainable ways that provide time-saving are the intensification of the studying process, a change in the overall organization of training and the transition from the group study and its knowledge control to the individual, automated.

Attention is paid to another important aspect of using computer-based testing forms. The main result of this approach is that use of test cases doubles down the motivation for learning. The explicitly expressed process of increasing the motivation of students while performing test cases on the computer prompted an analysis of the main factors contributing to it.

Using computer-based tests in the learning process as one of the ways to control knowledge allows:

- in the shortest time span check the knowledge of a large group of cadets;

- identify deficiencies in the study of specific educational material and use the results to control the progress of the learning process;



- apply methods of mathematical statistics to assess the degree of mastering the educational material;
- receive an objective assessment of students' knowledge;
- to deprive the teacher of routine work on knowledge control in traditional ways: checking various written works, recitations, examinations, credits and etc.;
- to organize the educational process in such a way that the attention of students is emphasized on independent work.

### **REASONABILITY OF CREATING AN INTEGRATED LANGUAGE TEST TO DETERMINE THE ENGLISH LANGUAGE PROFICIENCY OF MILITARY AVIATION SPECIALISTS IN ACCORDANCE WITH NATO AND ICAO REQUIREMENTS**

*K. Misailova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In accordance with Annex 11 of the Chicago Convention on Air Traffic Services, which provides the coordination of actions between military authorities and air traffic services, there is a need for military aviation specialists to know and use the rules governing civil aviation operations, as well as to have Aviation English linguistic skills according to the International Civil Aviation Organization requirements (ICAO).

In order to establish the effective communication in the air, NATO has created the STANAG 3817 "Radiotelephony Phraseology" standard, which is the supplement to the ICAO 9432 "Manual of Radiotelephony", which introduces common regulatory rules and standards for conducting radio communications in the air. Accordingly, there is a need to make changes to the structure of the STANAG 6001 English proficiency test, or to create an integrated test with the elements of the ICAO test structure for Air Force personnel linguistic testing, which will increase their interoperability with NATO Air Forces representatives during flight control on international air routes.

We propose to include the following elements (according to the professional needs of aviation military specialists):

- to include test tasks (reading and listening) as well as speaking questions relating to military aviation topics;
- to include fragments of radio communications during non-routine and emergency situations in the air;
- to evaluate fluency, interaction and pronunciation skills during communication with the examiner;
- to pay more attention to grammar structures usage while speaking test evaluation.

### **FEATURES OF FORMING FOREIGN LANGUAGE VOCABULARY SKILLS AMONG CADETS AT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**

*O. Zelenska, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The process of teaching specialized foreign language vocabulary should be organized in such a way as to take into account the entire complex of factors influencing the recognition of some lexical units and the solid assimilation of others,

making the communicative process within the essential professional minimum and mastering professionally essential information effective.

Among the variety of linguistic material that cadets of non-linguistic higher education institutions are required to master, vocabulary occupies a special place, because increasing vocabulary and the ability to use it are prerequisites for mastering all types of linguistic activities. Lexical material intended for teaching cadets of flight specialties primarily contributes to their acquisition of speaking skills and competencies defined by the standards of the International Civil Aviation Organization (ICAO), as this is one of the main conditions for the integration of military aviation into international airspace.

In modern communicative methodology, aimed, in particular, at developing lexical skills, interactive teaching methods are of vital importance. Among the advantages of interactive teaching, we should highlight: establishing a friendly atmosphere among communication participants; the opportunity to overcome the fear of the language barrier; involving each cadet in work and providing an opportunity for weaker cadets to receive assistance from stronger ones. On the whole, formation of foreign language competence requires a combination of various methods and forms of work, which in combination ensure the comprehensive integration of all its components.

### **DEVELOPING AUDITIVE SKILLS BY APPLYING A VIDEO FILM IN A LANGUAGE CLASS**

*A. Savytska, Candidate of Pedagogic Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

A video film has long been in active use in pedagogy as one of the most common and effective educational facilities due to a wide range of its methodological and pedagogical potential capacity. As a methodologic tool, a video film can effectively be employed as information input, as a presentation, as an illustration or a demonstration. It provides an emotional impact, helps keep students' attention concentrated, increases motivation, etc.

Alongside with the above-cited advantages of the general spectrum, a video film presents a valuable resource for an English class as a means of communicative competence development via training listening skills. A video film may be used as language material for a whole skill-based lesson or a part of it. In both cases, a common PWA-pattern is strongly advisable as the one which allows employment of all possible learning opportunities – from building up students' vocabulary to initiating a discussion and further studies. There are the three stages of a PWA-pattern lesson: 1) pre-watch stage is designed to stir up students' interest, to boost motivation, to "tune" into the topic, to get students ready for watching: guessing the content of the film by its heading; presuming the plot after a chunk mute watching; learning new vocabulary, etc); 2) during while-watching stage students are tasked to do teacher-developed assignments, like gap-filling, multiple-choice exercises, sequencing the events according to the plot development, watch-assisted guessing of some words meaning, episodes headlining, making up questions; 3) after-watch stage is the most productive in terms of communicative competence development: answering questions might evoke a teacher-guided discussion or even a debate, arguing and advocating for one's point of view, etc.

Beside the in-class activities, a video may serve as a basis for further studies on the subject/topic: a project, a case-study or writing a summary of the watched video.

The exemplified activities are by no means conclusive and can be widely varied according to the goals and objectives set for the lesson by teacher.

## **LISTENING AND SPEAKING SKILLS DEVELOPMENT IN THE PROCESS OF AVIATION ENGLISH LEARNING**

*A. Shulha*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Listening is a means and purpose of learning of future aviators. Effective communication between pilots, air traffic controllers and maintenance personnel is of vital importance for the safety of flight. Listening as a learning activity stimulates communication activities, provides management of the learning process, as there is always feedback, and creates effective conditions for mastering a foreign language for the professional needs.

Listening is the purpose of learning when it is necessary to obtain meaningful information. Listening is aimed at understanding the main content of the text, selective understanding of the required information or a relatively complete understanding. By performing the task of understanding the main content of the text, cadets develop the ability to identify the topic or the problem of the listened message, the main ideas of the audio text, the main and secondary information. During the tasks for a relatively complete understanding of the content, cadets develop skills to extract the necessary information, facts and arguments in accordance with the questions, to determine the temporal and causal relationship of events and phenomena. Listening is a non-isolated type of speech activity, it is closely related to speaking – the expression of opinions by means of the language. Speaking and listening are two interrelated aspects of speech. Listening is not only a means of communication, but also preparation for the appropriate reaction to the information that was listened.

Therefore, listening prepares for speaking activities. To achieve the most effective result, listening to audio recordings of native speakers during classes (intensive listening), as well as listening to authentic texts (extensive listening) are the necessary aspects in the process of Aviation English teaching and learning.

## **BOOSTING LANGUAGE LEARNING WITH THE HELP OF GPT CHAT**

*S. Lotoshnikova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Language acquisition has always been a significant challenge, but recent advancements in artificial intelligence, particularly in the form of GPT (Generative Pre-trained Transformer) chat models, are revolutionizing the way individuals learn new languages.

Learning a new language is a multifaceted endeavor that involves vocabulary acquisition, grammar comprehension, and real-world application. GPT chat models offer a versatile and interactive toolset to support language learners at every stage of their journey.

One of the prominent advantages of using GPT chat in language learning is its conversational nature. Learners can engage in dynamic dialogues with AI-powered chatbots, practicing their conversational skills and receiving immediate feedback.

GPT chat models provide a personalized learning experience. By analyzing learner input and progress, these models adapt their responses and content to suit

individual needs. This adaptability ensures that learners receive tailored lessons and challenges, accelerating their language acquisition.

GPT chat technology offers 24/7 availability, allowing learners to practice and engage with the language at their own pace and convenience. This flexibility accommodates diverse learning styles and schedules.

However, it's important to note that GPT chat models are not without limitations, including potential inaccuracies and a lack of cultural context. Nevertheless, when integrated into comprehensive language learning programs, these models have the potential to significantly boost language acquisition.

While challenges exist, harnessing the power of GPT chat models represents a groundbreaking step toward more accessible and efficient language education.

## **FEATURES OF THE INTENSIVE FOREIGN LANGUAGE LEARNING COURSE IN WARTIME CONDITIONS**

*T. Balabukha*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In connection with the urgent need to improve the language training of military specialists, especially flight and aviation engineering staff, classes were held for the first time this year with the first year cadets of the flight faculty under the program of intensive language training. During one and a half months, classes were held six days a week, three pairs per day plus hours of self-training. Teachers and cadets were faced with the responsible task of dramatically increasing the level of foreign language knowledge.

At the beginning of the course, an entrance test was conducted, according to its results the cadets were divided into groups according to the level of knowledge. At the end of each academic week, intermediate testing was conducted.

The classes used both printed and electronic teaching aids, such as printed textbooks, electronic dictionaries, authentic films in the foreign language, Internet materials. In order to increase motivation for the work in pairs and groups, the teachers suggested the cadets to prepare presentations on the studied topics.

The computer language training class was actively used. Each group had the opportunity to use this class once a week.

Regardless of the difficulties faced by the cadets and teachers, namely anxiety, interruptions with electricity and the Internet, it should be noted that the cadets worked very actively and were motivated. At the beginning of the intensive course, the cadets were surveyed about their expectations from the course, and at the end, they shared their impressions of this type of training, together with the teachers, they analyzed all the pros and cons, interesting moments and difficulties they encountered.

## **SIGNIFICANCE OF TPACK IN LEARNING PROCESS**

*V. Velychko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The significance of Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) in the educational process cannot be overstated. In the contemporary circumstances, characterized by pervasive technological integration, the role of technology in teaching is indispensable. Prensky's classification of digital

users into digital natives and immigrants underscores the imperative for all educators, irrespective of generational categorization, to possess comprehensive knowledge not only of their subject matter and pedagogical strategies but also of the technological tools requisite for effective instruction.

The genesis of TPACK can be traced to Shulman's seminal work on pedagogical content knowledge, which underscores the exigency for educators to adeptly integrate technology into their instructional methodologies while attending to subject-specific nuances. TPACK represents a fusion of three fundamental knowledge domains: technological knowledge (TK), pedagogical knowledge (PK), and content knowledge (CK). Educators are tasked with harnessing their expertise across these domains to orchestrate learning experiences that are both efficacious and engaging.

TK encompasses proficiency in leveraging a diverse array of technological tools and platforms, spanning personal and educational contexts. PK encompasses a deep understanding of instructional techniques, methodologies, and processes. CK pertains to the breadth and depth of subject-specific knowledge that educators must possess. TPACK transcends the discrete components of TK, PK, and CK, constituting an integrated framework that fosters nuanced and effective pedagogical practices with technology.

In essence, TPACK embodies a holistic conception of educational praxis, wherein the seamless integration of technology, pedagogy, and content engenders transformative learning experiences.

### **CREATIVITY OF A TEACHER OF A HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN THE USE OF MODERN PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE KNOWLEDGE OF AVIATION SPECIALISTS IN ENGLISH**

*S. Denisova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

There are many factors that contribute to and create the basis for the development of aviation specialists' creative abilities. But the system-forming element of the entire process of formation of the creative personality of a future specialist is training with elements of a creative and non-standard approach in the system of training specialists in a higher education institution, because the ability to creatively and originally solve tasks at the training stage is valued more than ever, especially in the era of digital technologies.

In the modern world, the English language is a universal international means of communication, and therefore there are more and more new competitive information and communication technologies that, in combination with pedagogical technologies, acquire a universal character and offer the achievement of the best result at the fastest pace. The creativity of teachers in the selection of appropriate pedagogical technologies and their combination with the use of information and communication technologies has completely changed the way English classes are conducted. Digital solutions such as Mentimeter, Quizlet, LyricsTraining, YouGlish, YARN, ttsmp3.com, etc. make the process of learning new knowledge more enjoyable, interesting and motivating. Specially selected video materials embedded in the lesson plan can be useful for familiarization, for example, with the basic aircraft maintenance process. And after processing, future aviation specialists can make their own video with the same manipulations and personal comments in English, which will then be evaluated. This will allow the cadets to gain real experience of using the English language while performing a practical task.

## **APPLICATION OF GAMIFICATION METHODS IN THE PROCESS OF LEARNING AVIATION ENGLISH**

*I. Zhuk; A. Koval*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the educational context, gamification is used to qualitatively improve achievable processes, i.e. to improve cadets' engagement and increase motivation for results. Game mechanics, as practice shows, have a positive effect on the quality of education and the rate of residual knowledge.

The use of gamification in education increases the learning motivation of cadets by creating interest in achieving educational goals with the help of elements characteristic of games. One of the main goals of using game elements in education is to increase the level of motivation due to external factors.

The practice of using gamification elements in English language teaching has shown that teamwork involves relationships between participants in the game process. A team competition is a tool for increasing engagement and interaction through various informal forms of communication between learners.

An example is the use of joint project activities of cadets, such as compiling a glossary, a terminology dictionary, or a piece of writing based on electronic technologies. Such project work can also be organized with elements of gamification for subgroups of cadets of 3-4 people, who will simultaneously compile their project with subsequent presentation, mutual evaluation, rating, and awarding of winners. The use of gamification elements in the process of performing this task increases the learning motivation of cadets, as well as a competitive and creative nature.

Therefore, the purpose of using gamification in education is to help cadets achieve the educational goals of the course, to support their interest and motivation. Teamwork in the implementation of gamified learning contributes to increasing the involvement of cadets in the educational process by providing effective mechanisms of interaction during joint activities.

## **SAVING AND DEVELOPING OF PILOTS' LANGUAGE COMPETENCE AFTER AN INTENSIVE COURSE OF AVIATION ENGLISH**

*N. Zhuravlova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In the modern aviation industry, the ability to effectively communicate in English is vital for ensuring flight safety and coordination between various crew members and control services. Intensive courses in learning aviation English help pilots master the basic language skills and phrases necessary for communication in airspace, but post-course support becomes crucial for preserving and further developing language competence. After completing an intensive course, pilots may face the risk of losing language competence due to insufficient practice and use of the language in real situations.

Maintaining the level of aviation English after an intensive course can be achieved through the following methods:

- reading and listening, which can be provided by subscribing
- to aviation magazines, books, blogs, or other materials by well-known authors or publishers specializing in aviation, listening to audio podcasts, radio broadcasts, or educational materials with aviation themes to maintain English comprehension skills;

- conversational practice, namely attending international
- conferences, seminars, or exhibitions where one can communicate in English with professionals in the aviation industry;
- self-study of new words, phrases, and grammatical structures
- using textbooks or online resources.

Post-course support may include various strategies such as individual and group training, the use of specialized language programs, courses, as well as practice in real-life situations, for example, through flight simulators. It is important for such support to be systematic and accessible to ensure the stability of pilots' language competence.

Thus, by employing various strategies and methods, it is possible not only to save language competence but also to enhance its level during pilot activities.

## **THE APPLICATION OF A GROUP WORK AT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**

*V. Savytska*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern educational process demands an application of efficient technologies. Nowadays, learner – centered approach is crucial. However, who works more effectively: an individual or a group?

The effectiveness of implementing group work in English language classes is obvious. The methodological goal of developing communicative skills is achieved by working in groups. The time of active work and oral speech of each cadet in the class increases significantly compared to the traditional interaction scheme of "student-teacher". Additionally, working in small groups contributes to the creation of a more comfortable psychological climate, as the fear of making mistakes in front of a large audience and the teacher is minimized.

Group work significantly contributes to achieving the pedagogical goal – the development of communicative skills and so-called "soft skills". These, in a broad sense, include skills such as teamwork, a sense of responsibility for their own contribution and for the collective result, the ability to express and argue their own opinion, respect the alternative points of view and so on. When evaluating and monitoring group work, these skills and abilities should be taken into account.

For successful group work, an important factor is the composition of the group, which can be selected randomly or based on specific requirements: – by preference; – by different levels of language proficiency.

Working in groups creates a positive psychological climate. Students become members of a team, not opponents. There is also a change in the role of the teacher, who becomes a consultant and advisor, guiding the work and providing assistance.

## **EVALUATION OF SPEAKING SKILLS WITHIN THE COURSE OF AVIATION ENGLISH LANGUAGE IN MILITARY SPHERE**

*K. Todorova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force university*

Speaking aspect of English language examination is considered to be essential for future military pilots and air traffic controllers. There are distinct requirements to the level of mastering speaking skills according to the standards of ICAO which

must be combined with STANAG 6001 requirements. In order to ensure readiness for the final assessments it is necessary to hold ongoing assessment of the aspect.

The components comprised by speaking evaluation are: fluency, pronunciation, vocabulary, accuracy, interaction and communication. Accordingly, these components are described in the ICAO documentation correspondingly to the levels of English mastered. The final examination of the course supposes achieving operational level of English, which is the minimum for international flights permission. Respectively, the previous stages of speaking evaluation should comprise pre-elementary, elementary and pre-operational levels mastering, including the lexis related to military sphere.

The ways of assessment are supposed to combine intensive, responsive, interactive, extensive and imitative speaking activities, which helps to make assessment more variable, provides an opportunity to test different aspects of speaking while assessing other skills. It is important to highlight that the fact that the course is devoted to English language for special purposes, the vocabulary units of general English must be harmoniously complemented with the ones for special aviation and military purposes.

Finally, the regularity of the speaking skills formal evaluation must depend on the frequency of lessons and the amount of information provided, but no less than once per module.

## **THE IMPACT OF EFFECTIVE LANGUAGE TRAINING AND CERTIFICATION**

*K. Borysenko*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The impact of effective language training and certification is paramount in today's professional landscape. Similar to the modern educational process, which prioritizes efficient technologies and a learner-centered approach, language training emphasizes the necessity of both individual and group dynamics.

Implementing language training in group settings yields evident advantages. Collaborative efforts enhance communicative skills by fostering active participation and oral proficiency, akin to the benefits observed in group work within English language classes. Working in small groups not only amplifies individual engagement but also cultivates a more supportive atmosphere, minimizing performance anxiety often associated with traditional classroom settings.

Moreover, group language training contributes significantly to achieving pedagogical goals, akin to the development of communicative and 'soft skills' observed in collaborative learning environments. Evaluation of group language training should encompass the assessment of teamwork, individual accountability, expressive capabilities, and respect for diverse perspectives, similar to the metrics used in evaluating group work efficacy.

The composition of language training groups holds considerable weight in ensuring success. Whether formed randomly or based on specific criteria like language proficiency levels, group dynamics significantly impact the learning process's effectiveness.

Ultimately, the positive psychological climate fostered by group language training transforms participants into team members, aligning with the transformation observed in student roles during collaborative learning. In this context, instructors



assume the role of facilitators, guiding and supporting participants through the language learning journey, similar to the role shift seen in educators who adopt a consultancy and advisory stance in group learning environments.

## **EFFECTIVE METHODS OF FOREIGN LANGUAGE TRAINING IN HIGHER MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

*M. Trofymova*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Taking into account the full-scale invasion and in the interest of Ukraine's Euro-Atlantic integration, enhancing the effectiveness of language training for cadets at higher military educational institutions is emerging as a priority area in the training of future officers. Therefore, the continuous quest for effective methods to master English, which will aid cadets in developing their communication skills in another language, holds significant relevance.

The main task of professionally oriented foreign language learning is to bring the content and methods of teaching a foreign language closer to the practical needs of military personnel, especially to communicate freely with representatives of NATO countries during joint interaction. One of the methods that can help develop cadets' foreign language communicative competence is the interactive method of teaching English. This method focuses on extensive interaction not only with the teacher but also with each other, emphasizing the cadets' leading role in the learning process. The interactive teaching method encompasses a range of English language teaching technologies, such as project-based learning, brainstorming, case studies, roundtable discussions, situational analysis, role-playing games, etc. This method aims to enhance the engagement of course participants, transforming passive observers into active contributors within the classroom.

Thus, during interactive learning all participants engage in mutual interaction, exchanging information, solving problems collaboratively, simulating situations, evaluating both their own and others' actions, and immersing themselves in a genuine atmosphere of cooperation to solve a number of problems in accordance with their interests, needs, and requests.

## **СЕКЦІЯ 23**

### **МАТЕМАТИКА У ВІЙСЬКОВО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ**

Керівники секції: к.т.н. доц. полковник Долгий Ю.С.;  
к.т.н. доц. пр. ЗС України Фурсенко О.К.  
Секретар секції: к.ф.-м.н. доц. пр. ЗС України Удодова О.І.

#### **THE PROBLEM OF DISTRIBUTION OF COMBAT RESOURCES BETWEEN CONTACT POINTS**

*Yu. Dolguy<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Fursenko<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
N. Chernovol<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Training Command of Air Force Command of Armed Forces of Ukraine;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

When conducting hostilities in modern conditions, it is important to achieve an advantage at certain points of contact. The need for this is all the more important when combat resources are limited and the main goal is to inflict maximum losses on the enemy.

As an example, the task of maintaining the defence of two strongholds by side 1 from capture by side 2 until a specific moment in time is considered, provided that combat operations are initially deployed at one point. At the moment when side 2 attacks another stronghold, side 1 transfers some combat units from one stronghold to another. The purpose of the rollover is to hold the defences of both strongholds until some other point in time and, furthermore, to inflict the greatest losses on side 2 until that point in time. The number of enemy combat units that remained intact at the time of combat resources transfer and at the end of the battle are determined using Lanchester's systems of differential equations. Since the loss function of side 2 is quite complicated and the detection of admissible values of the problem parameter (the number of transferred combat units of side 1 from the first point to the second at the moment of the attack of side 2 on the second support point) is also difficult, a programming language proposed for solving specific examples is Python. The program gives an answer even if side 1 does not hold the defense of both strongholds until some given point in time.

#### **AN APPROXIMATE METHOD FOR SOLVING THE GAME OF COLONEL BLOTTO**

*O. Udodova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The modern development of mathematical methods and models and their applications in the military area requires the ability to choose a way of behaviour that considers all the capabilities of the enemy.

The classic game of Colonel Blotto and the solution method using matrix game theory are considered. The most popular solution method by reduction to a linear programming problem has significant difficulties for large-dimensional matrices.

Since the lower and upper price of the game are different, we have a mixed strategy game that can be solved by the iterative Brown-Robinson method. The

Brown-Robinson method makes it relatively simple to find an approximate solution, and the labour intensity of the method increases slightly with the increase in the size of the game. This method allows finding an approximate solution that gives an average payoff close to the price of the game and approximate optimal strategies of the players.

In addition, the method has the following advantages:

1. Focuses on random  $m \times n$  game.
2. Does not require the condition of non-negativity of the coefficients of the payment matrix.
3. Has easy implementation.

The practical value of this method increases when calculations are performed on a computer for many iterations, it requires a smaller amount of RAM than the simplex method, while a significantly larger number of iterations can be performed. The author calculated the problem for 100 iterations in C# and estimated the accuracy of the result directly during the iteration process using a dot diagrams.

### **THE USE OF MODERN ONLINE INTERACTIVE LEARNING TOOLS IN HIGHER AND APPLIED MATHEMATICS CLASSES**

*N. Lemesheva, Candidate of Physical and Mathematical Sciences; H. Antonenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern realities of life put forward new requirements for the organisation of the educational process and the quality of education. This is due to the development of science, technology, increasing amount of information and social changes associated with it. Some of the important key competences required for the life of a modern person, as stipulated by the Law on Education, are mathematical competence; competences in the field of natural sciences, engineering and technology. Therefore, the need to find ways to improve the quality of mathematics education is urgent. This is primarily due to the loss of interest of students in mathematics and the perception of it as a complex discipline in terms of content and understanding.

The use of modern online interactive learning tools, such as PhET, in higher and applied mathematics classes allows students to build their own understanding of scientific processes and phenomena. PhET is a set of interactive, research-based computer simulations for teaching and learning physics, mathematics, and other natural sciences. PhET simulations can be run online or downloaded for free from the PhET website. Animated, interactive environments – Simulations emphasise the connections between real-life phenomena and the underlying science and help make the visual and conceptual models of expert scientists accessible to learners. Before the simulations are posted on the website, they are pre-tested among students.

Users of the PhET project do not need to have special skills and are able to perform virtual experiments independently without the guidance of a teacher.

### **USING SOFTWARE TOOLS FOR SOLVING LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS**

*O. Honcharova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Linear programming problems (PLPs) are a special class of optimization problems. It is necessary to find the values of the variables of the problem that satisfy additional constraints in the form of linear equations or inequalities, in which

the linear function of these variables has an optimal value. The construction of mathematical models of some processes leads to such problems: the problem of optimal production planning, the problem of optimal bomb armament of an aircraft underweight and volume restrictions, etc.

There are well-known classic methods of solving the PLPs: the geometric method and the method of sequential improvement of the plan the simplex method. The idea of these methods is to "sort through" the values of the target function at the vertices of the region and select the optimal one from them. But when the number of variables (parameters) of the problem or the number of restrictions increases, practical calculations become more difficult.

The paper considers modern methods of solving linear programming problems using various software tools, particularly the use of the Solver add-on of the MS Excel processor. An important point in solving the PLPs is the analysis of how the solutions of the problem will change (under what conditions will not change) when the initial data are changed, the use of the add-on allows you to make such an analysis. There are also a few different universal mathematical packages: Wolfram Mathematica, MathCAD, etc., with the help of which it is possible to find solutions of PLPs.

The use of auxiliary computer tools allows you to simplify the direct calculation and focus on solution algorithms, graphical interpretation of problem conditions and results, post-optimal analysis, etc.

### **THREE STOCHASTIC APPROACHES TO LANCHESTER MODELLING IN THE WORK OF BRUCE W. FOWLER "THE PHYSICS OF WAR"**

*H. Antonenko*

*H. Bobrytska, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Deterministic, stochastic, and mixed approaches can be used for modelling combat operations based on Lanchester models. Stochastic modelling takes into account the random nature of combat, which makes this approach more accurate. Bruce W. Fowler's work presents three stochastic approaches in which combat models are analysed using the dynamics of averages, stochastic differential equations, and differential-difference equations. In the first approach, the author proposes to consider a model B of Lanchester battle, in which the number of combat units hit per salvo is a discrete random variable distributed according to a binomial distribution law. The disadvantage of this approach is that only one side is taken into account in turn. This disadvantage can be overcome by the second approach, in which the model is created using stochastic differential equations for Gaussian processes, where the probability of random variables is governed by the Fokker-Planck differential equation. The disadvantage of this method is that the above equation has been solved explicitly only for some cases. The third approach is based on the construction of a three-dimensional probability matrix and the solution of differential-difference equations, which result in a function that must be solved approximately using numerical methods. The disadvantage of this method is the cumbersomeness of calculations and, in some cases, the impossibility of calculations due to the limitations of modern computing technologies.

## THE POWER OF THE SET OF EXCEPTIONAL VALUES IN THE UNDERSTANDING OF THE VALIRON OF MEROMORPHIC FUNCTIONS

*Ya. Savchuk, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The growth characteristic of the entire function  $f(z)$  is the maximum  $M(r, f)$  of its modulus in the circle  $\{|z| \leq r\}$ . It turns out that a value is closely related to this characteristic

$$N(r, a, f) = \int_0^r \frac{n(t, a, f) - n(0, a, f)}{t} dt + n(0, a, f) \ln r,$$

where  $n(r, a, f)$  is a number of  $a$ -points, taking into account their multiplicity in the circle  $\{|z| \leq r\}$ , which for "majority"  $a$ -points is equivalent to  $\ln M(r, f)$ .

The growth characteristic of  $T(r, f)$  for a meromorphic in  $\mathbf{C}$  function, which can be considered a quotient of two integers, is determined in a different way, however, for the "majority" of  $a$ -points also  $N(r, a, f) \sim T(r, f)$  at  $r \rightarrow \infty$ . Those  $a$ -points for which this changes can naturally be called exceptional values. In particular, if  $\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{N(r, a, f)}{T(r, f)} < 1$  then  $a$  is called exceptional value in Valyron's sense. The set of all such values is denoted  $E_V(f)$ .

The set  $U \subset \mathbf{C}$  is called  $H$ -set, if there are  $\alpha > 0$  and numbers  $a_1, a_2, \dots \in \mathbf{C}$ , such that for an arbitrary  $a \in U$  bit holds  $|a - a_n| < \exp(-e^{n\alpha})$  for an infinite number of values of  $n$ .

It is known that for any  $H$ -set  $U$  there exists a meromorphic function of finite order such that  $U \subset E_V(f)$ . I have constructed  $H$ -set, that has the power of continuum. Thus it is shown that for meromorphic functions  $f(z)$  the set  $E_V(f)$  can have the power of a continuum.

## USING WOLFRAM MATHEMATICA IN GEOMETRY

*S. Vovchuk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Mathematica provides not only the ability to perform complex numerical calculations with graphical output, but also to perform particularly labor-intensive calculations. Using the Mathematica package makes teaching students the geometric sections of the discipline more visual and introduces students to the basics of geometric computerized modeling.

Mathematica efficiently performs both numerical and symbolic computations, has advanced 2D and 3D graphics, and a built-in high-level programming language.

When a rocket plane flies at supersonic speeds, the shock wave creates a sonic boom. The wave has a conical shape but reaches the earth's surface as a branch of a hyperbola.

Light beams from car headlights, electric flashlights, and spotlights have a parabolic shape. A parabolic antenna and field microphones used in sports competitions have parabolic cross-sections.

That's why I decided to develop an algorithm for defining the type of second-order curves for programming in Mathematica. For each case, the canonical equation of the curve is written out. All the main characteristics are found, and plots for all types of curves are constructed.

## **USING THE JASP PROGRAM FOR STATISTICAL DATA PROCESSING**

*V. Biletska*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In order to speed up the mathematical processing of data, analysis and graphic representation of the results of research work, it is advisable to use the latest technologies. One such tool for statistical analysis that will speed up the calculation process and make it more effective is the JASP package with a wide range of capabilities, which makes it an analogue of professional programs.

The interface language of this computer program is English. The program requires no programming knowledge, is intuitive but at the same time contains enough modules to perform frequency or Bayesian analysis, saves tables or ready-to-publish graphics, and so on.

To master this software, you can use an electronic guide for beginners or video tutorials on YouTube. In JASP you can load files created in other packages. JASP currently reads the following formats: .csv, .txt, .tsv, .ods, .dta, .sav, .zsav, .por, .sas7bdat, .sas7bcat, .xpt and of course the .jasp format. Data from an Excel file must be saved in .csv format before loading into JASP.

JASP is developed and maintained by the University of Amsterdam. JASP software ultimate version 0.18.3 released on January 12, 2024, compatible with Windows and other operation systems, but it's not supported by Apple tablets and Android phones. The package can be downloaded and installed for free at the link: <https://jasp-stats.org/>. Previous versions of JASP are also available on the site.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ ВИПРОБУВАНЬ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНІВ**

*О.М. Чередніков<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Ю.О. Камак<sup>1</sup>; В.М. Феденько<sup>1</sup>; М.М. Жданюк<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки;*

*<sup>2</sup>Головне управління державної авіації України*

Випробування є важливим та відповідальним державним завданням оцінювання якості озброєння та військової техніки (ОВТ). Випробування здійснюють для перевірки відповідності об'єктів заявленим тактико-технічним характеристикам (ТТХ) з урахуванням великої кількості чинників, які змінюються з часом в широких межах через дію кліматичних, механічних і інших зовнішніх та внутрішніх впливів.

В роботі визначено основні напрямки використання планів експерименту в випробуваннях авіаційної техніки:

– виділення значимих факторів, які суттєво впливають на технічну систему, яка вивчається (ранжування впливів);

– отримання математичних моделей об'єктів дослідження (апроксимаційні задачі);

– пошук оптимальних умов функціонування технічної системи, тобто визначення сукупності значень факторів, при яких вибраний критерій оцінки ефективності процесу має найкраще значення (екстремальні значення);

– побудова графіків умови-характеристики (візуалізація результатів випробувань);

– аналіз впливу умов та польотної конфігурації на характеристики літального апарата (оцінювання льотно-технічних характеристик).

Процес випробувань має регламентні обмеження в часі, чим забезпечується своєчасне виконання державних програм із прийняття на озброєння новітніх та модернізованих зразків ОВТ.

## **ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МОГУТНОСТІ БОЄПРИПАСІВ ОСКОЛКОВОЇ ДІЇ**

*Є.Ю. Діденко*

*Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії*

Могутність боєприпасів осколкової дії визначається кількістю, формою, розмірами та енергією осколків, які утворюються під час вибуху.

Імітаційне моделювання при визначенні могутності таких боєприпасів – це процес використання комп'ютерних програм або математичних моделей для симуляції вибухових процесів та розподілення осколків біля цілі (об'єкта ураження).

Під час імітаційного моделювання враховуються різноманітні фактори, такі як властивості боєприпасів, умови навколишнього середовища, конструктивні особливості об'єктів ураження тощо. В результаті можна отримати дані про кількість та характеристики осколків, радіус їх дії, розподіл енергії вибуху тощо.

Використання імітаційного моделювання для визначення могутності боєприпасів дозволяє отримати детальні дані про наслідки вибуху.

Основними складовими імітаційного моделювання для визначення могутності боєприпасів осколкової дії є:

– моделювання вибуху – створення комп'ютерної моделі самого вибуху, яка враховує характеристики боєприпасу, його конструкцію та хімічні властивості вибухової речовини;

– розподіл осколків – моделювання траєкторій просторового руху та енергії осколків, що утворюються в результаті вибуху;

– взаємодія з об'єктами ураження – моделювання того, як осколки взаємодіють з різними типами об'єктів, такими як бронетехніка, будівлі, люди тощо.

Використання імітаційного моделювання дозволяє здійснювати прогнозування та аналізувати різні сценарії без необхідності проведення ресурсомістких експериментів у реальному світі.

## **ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ЯК ЗАСІБ МОТИВАЦІЇ КУРСАНТІВ ДО ВИВЧЕННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ**

*Т.С. Кузьменко, к.ф.-м.н., доц.; С. І. Орлюк, к.ф.-м.н., доц.  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Вища математика є фундаментом до опанування усіх технічних дисциплін, що вивчаються курсантами у ВВНЗ. Важлива роль викладача математики полягає у зацікавленні предметом, донесенні до свідомості курсанта того, що ґрунтовне вивчення математики є базою для отримання знань, потрібних висококваліфікованому військовому фахівцю.

Дуже важливим фактором підвищення мотивації курсантів до навчання є прикладна наповненість дисципліни, коли на багатьох прикладах курсант має можливість побачити ефективність застосування відповідної теорії у військовій справі.

На кафедрі фундаментальних наук Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова постійно ведеться робота в цьому напрямку. В доповіді наводиться низка прикладів практичних задач військової тематики, які розв'язують курсанти під час вивчення математики.

Слід зауважити, що часто, перед тим як показати як працює математичний апарат у військовій справі, потрібний деякий навчальний час для інформування про певні технічні особливості функціонування та застосування військового озброєння. Як, наприклад, в математичній статистичній перед перевіркою гіпотези порівняння якості броні, необхідно пояснити як практично отримуються відповідні статистичні дані. Але такого часу катастрофічно не вистачає внаслідок їх суттєвого зменшення на всю дисципліну. А значить курсант може і не отримати додатковий поштовх до вивчення фундаментальної дисципліни, що є основою всієї технічної освіти.

## **МОДУЛІ ТА ЕКСТРЕМАЛЬНІ МЕТРИКИ ОДНОГО СКРУЧЕНОГО ТРИВИМІРНОГО РІМАНОВОГО МНОГОВИДУ**

*С.А. Охріменко, к.ф.-м.н., доц.  
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Конформні модулі та екстремальні метрики сімей кривих у ріманових многовидах є одним з найважливіших об'єктів та засобів досліджень у багатьох розділах сучасної математики, зокрема, у теорії аналітичних функцій, у комплексному аналізі, у геометричній теорії функцій, у теорії конформних та квазіконформних відображень, у теорії потенціалу, у теорії однолистих та багатолістих функцій, у конструктивній теорії функцій, у теорії ріманових поверхонь, у диференціальній геометрії та топології.

Вперше проблема знаходження екстремальної метрики та модуля сімей кривих, що лежать на неорієнтовному та скрученому рімановому многовиді розглядалась у роботах американського математика П. П'ю (PuP. Some inequalities sincertain nonorientable Riemann manifolds // *Pasif. J. Math.*-1952.-Vol.2, 1.-P. 55-71) та швейцарського математика К. Блаттера (Blatter C. Zur Riemannschen Geometrie in Grossenaufdem Mobiusband // *Compos. Math.*-1960.-Vol.15, 1.S. 88-107). Усі подальші результати у цьому напрямі одержані



П. М. Тамразовим (Тамразов П. Модулі та екстремальні метрики у неорієнтовних та скручених ріманових многовидах// Укр. мат. журн.-1998.-Т.50, 10.-С. 1388-1398) та його учнями (Тамразов П. М., Охріменко С. А. Парні добутки модулів сімей кривих на рімановому листі Мьобіуса// Укр. мат. журн.-1999.-Т.51, 1.-С. 110-116).

Досліджується проблема знаходження екстремальної метрики та модуля сімей кривих, що лежать на неорієнтовних та скручених тривимірних ріманових многовидах, а саме на скрученому тривимірному рімановому многовиді – скрученому циліндрі.

### **ВПРОВАДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ВИРІШЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ В ІНТЕРЕСАХ ЛОГІСТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ ВІЙСЬК (СИЛ)**

*О.В. Скиба, д.філос.; С.С. Брянкін; Д.В. Рибачок; І.О. Доманов  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки*

Спеціальне програмне забезпечення, що використовується в автоматизованих системах управління, призначених для використання в інтересах керівництва військами, передбачає проведення різноманітних обчислень: дальності ураження, рубежів знищення, прокладання маршрутів тощо.

Втім, деякі функції, які б могли теж виконувати програми з використанням математичного апарату, дуже часто залишаються нереалізованими. Це призводить до вимушеного використання людських ресурсів, розумової діяльності командирів і прийняття ними інтуїтивного і не завжди об'єктивного та раціонального рішення.

Зокрема, такі задачі, як забезпечення боєприпасами, паливом, речовим забезпеченням та іншими засобами, можна вирішувати шляхом впровадження математичних розрахунків у спеціальні програмні засоби автоматизованих систем управління. Для цього в основу має покладатися транспортна задача, яка враховуватиме: фактичну наявність боєприпасів (зброї, пального тощо) у підрозділах, які потребують поповнення; відстань від них до баз та складів; складність маршрутів доставки (наприклад, наявність загрози ураження противником, зони підтоплення та інші чинники); наявність та кількість відповідних боєприпасів (інших предметів постачання) на базах та складах.

Впровадження математичного апарату транспортної задачі в автоматизацію процесів планування логістичного забезпечення дозволить підвищити оперативність та ефективність підтримки дій військ (сил).

### **ПРИКЛАДНЕ СПРЯМУВАННЯ МАТЕМАТИКИ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ АВІАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮ**

*Т.М. Фесенко, к.т.н., доц.  
Національний університет “Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка”*

Військова освіта – це основа формування сильної армії та освічених військових фахівців. Отримання якісної військової освіти є актуальною проблемою у зв'язку з військовими діями, що відбуваються в Україні.

Вагомим компонентом базової підготовки сучасних фахівців авіаційного профілю є вивчення фундаментальних дисциплін, зокрема математики. Успішні фахівці вважають математику важливим предметом, покликаним закласти фундамент майбутніх професійних знань, навчити логічно мислити й встановлювати зв'язки між поняттями. Вони стверджують, що планомірна фундаментальна математична підготовка необхідна випускникам, зокрема, авіаційних закладів вищої освіти. Однією з проблем при вивченні саме цієї дисципліни є відсутність тісного зв'язку між фундаментальними математичними поняттями і практичними методами їх застосування, що суттєво впливає на спроможність військових фахівців застосовувати отримані математичні знання при розв'язанні задач та вирішенні проблем у швидкому відновленні та розбудові обороноздатності держави.

Отже, підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок, що для підвищення ефективності підготовки фахівців авіаційного профілю необхідно:

– забезпечення фундаментальності математичної освіти в військових вищих навчальних закладах;

– посилення професійної спрямованості викладання вищої математики через математичне моделювання професійних завдань.

### **МЕТРИКИ ОЦІНЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ МАСКУВАННЯ**

*С.А. Цибуля, к.т.н., ст.д.; О.М. Воробйов, д.т.н., проф.  
Національний університет оборони України*

З метою прискорення прийняття на озброєння ЗС України ефективних засобів маскування особового складу, ОВТ та об'єктів важливим є проведення об'єктивного оцінювання ефективності цих засобів. Під час цього процесу буде визначатися ймовірність виявлення та ідентифікації військових об'єктів, що маскуються, а також ймовірність виявлення самого засобу маскування.

Для виключення суб'єктивних факторів із цього процесу доцільним є використання автоматизованих засобів на основі моделей машинного навчання. Нейронні мережі, як ключовий тип моделей машинного навчання, використовуються у задачах комп'ютерного зору для виявлення та класифікації об'єктів. Щоб визначити ефективність таких моделей застосовуються метрики їх оцінювання, які відображають як здатність моделі точно визначати розташування і клас об'єктів, так і її ефективність у складних умовах. Поширеними метриками є: mAP (mean average precision – середня точність по площі), IoU (intersection over union – перекриття між передбаченою та істинною рамкою об'єкта), Recall (повнота визначення), Precision (точність визначення), F1 Score (середнє між точністю і повнотою), ROC-AUC (receiver operating characteristic-area under curve – площа під кривою помилок), Error Rate (відсоток помилок), Frame Rate (швидкість обробки).

Оскільки процес маскування ускладнює точне визначення контурів та класу об'єктів, ключовою метрикою в цих умовах є mAP, яка враховує як точність, так і повноту виявлення об'єктів. Таким чином, адекватний вибір метрик для оцінювання ефективності засобів маскування є важливим науковим завданням, що сприяє розробці ефективних засобів маскування.

**СЕКЦІЯ 24**

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЦИВІЛЬНІЙ АВІАЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ  
ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ФАХІВЦІВ**

Керівники секції: полковник Гладчук В.А.;  
д.т.н. проф. пр. ЗС України Шевяков Ю.І.  
Секретар секції: к.т.н. доц. пр. ЗС України Марчук І.А.

**ONE OF THE APPROACHES TO ASSESSING THE IMPACT  
OF PERSONNEL ERRORS ON THE FLIGHT SAFETY**

*V. Hladchuk<sup>1</sup>; A. Pryimak<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
P. Momot<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Among all the components of the activity of any technical system, the highest priority is given to the safety. The global aviation and transport system is no exception, as it is stated in Resolution A40-1 of the ICAO Assembly as well as in Doc. ICAO 10004 and Doc. ICAO 9750 developed on its basis. The resolution and relevant documents define ensuring flight safety (FS) as the strategic goal of ICAO. Therefore, it allows us to say that any more or less serious research aimed at improving the current system of ensuring safety is topical and requires appropriate support from the member state of this organization.

Statistics show that thanks to the defined strategy and the measures taken by the world aviation community to improve the current system of safety, it was possible to achieve significant positive results: the number of aviation incidents and accidents has sharply decreased, as well as the number of equipment failures. At the same time, it gave an opportunity to define the tendency of increasing number of negative events, which were caused by non-standard actions of the personnel, and, first of all, by the flight crew and maintenance personnel. That was a starting point for the beginning of the research at the Department of Aviation Transport of the ICA KhNAFU, the essence of which was to check the possibility and develop an effective tool for quantitative assessment of the impact of the human factor on the level of safety.

The main areas of activity within the framework of the specified research were: carrying out research on the causes of errors of aviation personnel, including the work within the framework of the activity of the scientific group of the department; study of approaches to the categorization of events related to flight safety with the aim of their distribution by groups; working out the technology for assessing the influence of the human factor during the operation and maintenance of civil aircraft on the level of flight safety.

## **MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL REPLENISHMENT OF CIVIL AVIATION AIRCRAFT**

*Y. Sheviakov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
Y. Kushneruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Aleksandrova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The paper considers the problem of replenishing the fleet of different types of aircraft in conditions when it is impossible to fulfil the transportation plan with the existing number of aircraft.

The optimal replenishment of aircraft of different types on the relevant routes is considered to be the number of aircraft that fulfils the transportation plan at the minimum total cost of their total reduced purchase and the total cost of transportation on all routes.

The article proposes a mathematical model of optimal replenishment of civil aviation aircraft, which is a linear programming model.

The parameters of the model are: type of aircraft and their existing number; number of all routes; price of the aircraft; its service life; serviceability of each type of aircraft; number of passengers and cargo that can be carried by each type of aircraft; maximum number of flights that can be performed by each type of aircraft per unit of time (month, quarter, year); cost of a flight of each type of aircraft on a certain route; minimum number of flights on a certain route per unit of time.

## **MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF AIRCRAFT ON ROUTES ACCORDING TO THE CRITERION OF MAXIMUM TOTAL PROFIT UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY**

*Y. Sheviakov, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
Y. Kushneruk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
V. Aleksandrova  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The article considers the problem of optimal allocation of aircraft of different types on routes according to the criterion of maximum total profit.

The optimal distribution of aircraft of different types on the relevant routes is considered to be such a number of them that ensures the maximum difference between the total income and the total cost and at which the plans for the transportation of passengers and cargo are fulfilled under conditions of uncertainty of the initial data.

The article proposes a mathematical model of the optimal distribution of aircraft by routes as a linear programming model.

The model parameters are: type of aircraft and their existing number; number of all routes; cost of tickets for each route, transportation fee per unit weight of cargo; number of passengers and cargo volumes and their most likely deviations for each route that can be carried by an aircraft of each type; maximum number of flights that can be performed by an aircraft of each type per unit of time (month, quarter, year); cost of a flight of an aircraft of each type on a certain route; minimum number of flights on a certain route per unit of time.

Moreover, a certain number of parameters can be specified in the form of interval numbers.

## **ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF ENVIRONMENTAL POLLUTION WITH PETROLEUM PRODUCTS**

*I. Marchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
T. Mukhina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The ecological consequences of environmental pollution, in terms of their scale and relevance, belong to global issues today. As a result of armed conflicts, oil spill problems become acute due to the destruction of fuel and lubricants storage, damaged equipment, and decommissioned weapons. One more serious ecological problem is air pollution by jet engines:  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O$ ,  $CH_4$  cause green house effect;  $NO_2$ ,  $SO_2$  and  $SO_3$  make acid rains; some combustion products are suspected in destroying ozone layer; cancerous combustion products of aerosols fall on the earth surface.

To minimize environmental pollution, it is necessary to analyze methods of combating the consequences of petroleum products spills that contaminate soil and water resources with harmful chemicals. The main oil spill clean up techniques include: 1) mechanical: petroleum products are collected manually or with the help of special equipment; 2) thermal: burning of petroleum products is carried out if their thickness meets the required criteria; 3) biological: specific microorganisms are employed; 4) physical and chemical: for thin layers of petroleum products, dispersants are applied, for example, based on synthetic polymers: polyacrylates, polyethylene glycols, polysorbates, and sorbents, including polymer sorbents such as polyurethane sponges or specialized polymer granules; mineral sorbents such as silicon dioxide; organic sorbents such as activated charcoal, wood fiber (saw dust), etc.

The ecological consequences of petroleum product spills are difficult to predict, as oil contamination disrupts many natural processes and interrelationships, significantly altering the living conditions of all species and accumulating in biomass. Typically, the effective mitigation of petroleum product spills involves the application of several clean up techniques.

## **WAYS OF THE REVIVAL OF AVIATION TRANSPORT SYSTEMS IN UKRAINE**

*M. Orlovskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; L. Shutska  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Under the conditions of martial law and under conditions of "closed skies" in Ukraine, it is currently not possible to use civil aviation transport. It should be noted that about a third of the aviation infrastructure has been partially or completely destroyed as a result of Russian aggression, and this figure is increasing every day. Despite the difficult times, the state of war and the destruction of infrastructure facilities, there are a number of refinements regarding the prospective development of the transport system in Ukraine.

Ukrainian carriers are looking for a place on the Western market. According to Avianews, "Rose of the Winds", Skyline Express Airlines and SkyUp transport European tourists to the southern resorts to the order of other airlines. The publication counted 14 Ukrainian passenger planes that fly between other countries.

Some Ukrainian freight carriers also continue to work in the West. The largest of them, Antonov Airlines, stores and maintains its aircraft in Leipzig, Germany, and transports military equipment for NATO.

2023 was a year of restructuring for the entire Ukrainian society: both at the level of personal security and at the level of the state in general. As long as the war continues and the "sky is closed" for civil aviation flights, it is impossible to talk about the full restoration of civil air transportation in Ukraine. But it is necessary to be preparing for the recovery of the air transportation industry now.

It is necessary to start the process of opening the sky with a risk analysis. The military men, the specialized ministry, Ukraerokh and other services, which regulate this issue, must fix special air routes for civil aircraft.

### **ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF DIESEL ENGINES FOR POWER SUPPLY SYSTEMS**

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Drokin  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

According to the regulatory documents, maintenance of diesel generators is regulated both by time and volume. The actual technical condition of the units is not taken into account, in this regard, the number of refusals and failures of equipment is unacceptably large. The practice of operation urgently requires a transition to maintenance on the actual technical condition of the equipment, when the volume and depth of work performed can be adjusted for each diesel generator separately. With increasing complexity of technology, the requirements for diagnostic support are expanded, which includes a set of estimated parameters, possible ranges of their change, methods used in assessing the technical condition of the diesel engine and its systems, algorithms, programs and technical diagnostic tools. The degree of reliability of the assessment of the technical condition of the diesel generator depends on how fully the monitored parameters reflect the technical condition of the monitored object.

The complexity of the design of the diesel engine, the abundance of components and assemblies subject to diagnosis, cause the need to create and develop technical diagnostics systems. Troubleshooting in diesel takes 50-80% of the total time it is under repair. In the presence of diagnostic systems, the search time can be reduced tenfold. In addition, the operation of diesel engines of the autonomous power supply system using technical diagnostics provides fuel savings of 2-5%, an increase in resource by 20-50% and a decrease in spare parts costs by 10-15%.

### **TRANSIENT PROCESSES IN LOAD UNITS OF POWER SUPPLY SYSTEMS**

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V. Kostenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Transients in power supply systems can be distinguished by the type of disturbances: small, large, long, etc.

Transients in load nodes can be viewed from two perspectives:

– the behavior of the actual load during transient processes and the impact of these processes on the work of consumers (for example, flashing of lamps during

voltage fluctuations in the network, damage to products when the speed of engines changes in case of changes in voltage or frequency during transient processes, etc.);

– the influence of transients in the load on the system mode (for example, self-starting of engines can lead to an unacceptable voltage reduction in the system, and in an incorrectly designed system – even to a violation of its stability).

Processes with slow deviations from the steady state can always be considered based only on static characteristics. Dynamic characteristics should be used to study processes during rapid changes.

Processes at impact loads of asynchronous motors can be divided into two groups:

– processes at slides less than nominal ones or which slightly exceed them. Such processes are caused by the shock load and accompany most of the real transient modes of operation of the induction motor. In this case, oscillatory processes are usually not detected;

– processes with achievement and even excess of critical slip. In these cases, the shock load can cause the engines to stop and the oscillatory processes are significant.

Deformation of static characteristics can be significant.

## **CONTROL OF ELECTRICITY CONSUMPTION TAKING INTO ACCOUNT ITS QUALITY**

*V. Rykun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is known that the deterioration of the quality of electrical energy significantly worsens the conditions of operation of electrical equipment both at electricity supply organizations and at consumers.

All this leads to the appearance of both technological and electromagnetic components of damage, which are manifested in the deterioration of the condition of electrical equipment (both in general and its individual elements), deterioration of working conditions.

For the normal functioning of equipment in a number of spheres of activity, high quality electricity and unacceptable interruptions in its supply are required. The further development of business services in the field of telecommunications, the Internet, finance, medicine and other areas is connected with ensuring a high level of reliability and quality of electricity, even in the event of an emergency shutdown of the power supply network.

Control of the quality of electric energy implies an assessment of the compliance of the indicators with the established norms, and further analysis of the quality of electricity and determination of the party responsible for the deterioration of these indicators.

Determining indicators of the quality of electrical energy is a non-trivial task. This is because most of the processes taking place in electrical networks are fleeting, and all standardized indicators of the quality of electrical energy cannot be measured directly, that is, they must be calculated, and the final conclusion can be given only based on statistically processed results. Therefore, in order to determine the indicators of the quality of electric energy, it is necessary to perform a large volume of measurements at a high speed and simultaneous mathematical and statistical processing of the measured values.

## **METHODS OF CONTROL OF ELECTRIC DRIVES**

*O. Ruchka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Malyk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Control of electric drives is reduced to start-up, speed control, braking, reversing and maintaining the drive mode in accordance with the requirements of the technological process. It can be carried out both with the help of automatic control devices, and through manual devices. Automatic control of electric drives is one of the main conditions for increasing the productivity of mechanisms. Automation simplifies the maintenance of mechanisms, makes it possible to remotely control electric drives. This is of particular importance for technical systems, where it is difficult to control engines in close proximity to them due to the territorial location and peculiarities of the technological process.

For automatic control of electric drives, relay-contact devices are used in combination with other automation tools: electric machine and magnetic amplifiers, electron-ion and semiconductor devices and logic elements. Contactless electric devices are increasingly used on controlled valves, which have a much shorter response time and a much longer service life compared to contactors and relays.

Among the existing schemes of automatic control of electric drives, the most common in application are control schemes "in the function of time" since they are used for high-power movement and have a number of significant advantages over other schemes of automatic control of electric drives.

## **METHODS OF VOLTAGE REGULATION IN POWER SUPPLY SYSTEMS**

*O. Ruchka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; R. Soshka  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the most important characteristics of the quality of electricity is the voltage deviation at the points of supply of electricity to consumers.

The load of most consumers changes continuously throughout the day and year. Changing the load leads to a change in voltage losses in networks and voltage deviations at electric power receivers. It is important for the consumer that voltage deviations are maintained at the supply points within such limits at which the normal operation of all electrical equipment is ensured, because each electrical installation has technical limits for deviations in the quality of electrical energy from the nominal values, in violation of which the equipment may be damaged or unable to perform its functions in full volume. The change in voltage relative to the nominal value  $U_{nom}$ , even within the established limits, adversely affects the operating modes, productivity and technical and economic indicators of all elements of the electrical system.

Voltage regulation is an important factor in the design and operation of electrical networks, not only in technical but also in electrical aspects, as it sometimes reduces the cost of operating the network.

The most effective way to regulate the voltage on the power plant buses and on the lower voltage buses of the step-down district substations, which act as a source of energy for consumers, is counter voltage control.

The variety of existing methods of voltage regulation allows maintaining the specified parameters of the electrical network, which significantly affects the trouble-free operation of the entire power supply system.



## **TAKING INTO ACCOUNT THE PARAMETERS OF SYNCHRONOUS MOTORS TO DETERMINE THE NUMBER AND POWER OF POWER TRANSFORMERS OF THE SUBSTATION**

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; S. Kyrpenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The relevance of the topic is explained by the need to reduce costs in the transmission and distribution of reactive energy in power supply systems of industrial enterprises.

It is shown that the balance of reactive power of the enterprise is determined by the application of power from synchronous motors, high-voltage capacitors, the input power transmitted to the enterprise from the power system.

The possibility of joint use of generation power from synchronous motors and capacitor banks to compensate for reactive power in 6-10 kV networks is shown.

An example of calculating the number and power of power transformers is given. The number and power of the transformers are selected taking into account the specific load density, and subsequently clarified. Calculated the highest reactive power, which is appropriate to transfer through all transformers. On this basis, the reactive power to be compensated on the 0.4 kV side by the capacitor banks is determined. The number and capacity of capacitor banks are determined. The total reactive power of all synchronous motors is calculated, which can be used to compensate for the reactive power, as well as the total load on the buses of the 10 kV switchgear.

## **ANALYSIS OF WAYS OF LEVELING THE LOAD SCHEDULES OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Shcherbyna  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

It is known that industrial consumers are characterized by sharply pronounced morning and evening highs and load reduction zones in the middle of the day, as well as a failure in the level of consumption at night. So, the level of consumption at night is 50-60%  $P_{\max}$ .

It is shown that balancing the load schedules helps to reduce the maximum load to 17% of  $P_{\max}$ . It is considered achievable to reduce the evening maximum of loads by 7-9% of  $P_{\max}$ , and the morning maximum by 3% by increasing the load during off-peak hours by 2-3%. This will save capital costs in the power system by reducing the introduction of new capacities in power plants.

An effective way to align the load schedule is to use organizational and technical measures. It is necessary to carry out repairs and maintenance of energy-intensive consumers during the hours of maximum loads. Long-term repairs should occur during the autumn-winter maximum. Use spare units to create intermediate stock during reduced load hours. A significant effect can be given by changing the course of the technological process to regulate power in enterprises. The installation of additional units and additional capacities of the industrial product is also an effective measure for regulating the power consumption.

It is important to assess the economic effect of balancing the load schedule. To do this, it is necessary to compare the cost savings in the power system with the additional costs in enterprises for regulation. The difference will be the economic effect.

## **RECLUSER: PURPOSE, POSSIBILITIES, APPLICATION**

*D. Shymuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Piruk  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recloser is a complete multifunctional autonomous device of external installation on supports of air power lines, combining advanced technologies of switching equipment and microprocessor relay protection.

The main task of the recloser is to disconnect the emergency section of the distribution network and at the same time ensure the normal functioning of the main highway and other lines departing from it. The operation of the recloser is based on the implementation of the principle of automatic control of emergency modes, which ensures the complete independence of the operation of the partition points from centralized control.

This principle is called the decentralized principle of management. It assumes that each recloser is an intelligent device that must analyze the emergency modes of a certain section of the network and automatically choose the most optimal solutions for restoring power to the emergency section or localizing the damage site, as well as providing power to intact sections.

The bases of partition of distribution network and decentralized principle of management by means of reclosers for normal and emergency modes are explained.

## **SIMULATION OF AIRBOARD RADAR SYSTEMS OPERATING IN THE DIRECTION OF THE EARTH'S SURFACE**

*O. Lykhodeev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recently, airborne radar stations using signals reflected or scattered by the earth's surface have been increasingly developed. The main tasks solved by these on-board radar stations are both aircraft navigation on the earth's surface (measuring motion parameters, determining and correcting location), and detection, recognition and classification of objects located on the earth's and water surfaces.

An analysis of the results of foreign and domestic research shows that the main directions for improving radar systems are the development of new methods for detecting land and sea objects, as well as the search for new systems for processing complex radar signals. This is due to the fact that recently in the leading countries of the world great attention has been paid to radio camouflage of objects, especially military equipment.

What all these systems have in common is that they either use a signal reflected by the earth's surface as an information signal, or solve the problem of detecting objects against the background of such a signal.

When simulating the operation of autonomous airborne radar stations, one of the main tasks is the construction of a mathematical model of the signal reflected from the extended earth's surface and its physical simulation.

This problem can be solved most effectively only by taking into account the features of the construction, operation and use of airborne radar stations.

## **ANALYSIS OF METHODS FOR QUASI-OPTIMAL DETECTION OF SIGNALS IN CONDITIONS OF STRUCTURAL AND PARAMETRIC UNCERTAINTY**

*V. Orlenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;  
S. Seleznev, Candidate of Technical Sciences  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Receivers of electronic support measures (ESM) are dealing with signal detection and their in-depth analysis in conditions where parameters of the signals to be intercepted are unknown in advance. These parameters include carrier frequency, bandwidth, time of arrival, pulse duration and repetition interval within bursts (parametric uncertainty), and, most of all, internal structures of signals (structural uncertainty).

Parametric uncertainty per se is usually not a problem when one needs to optimize signal reception at the background of thermal noise&interferences. However, the structural uncertainty of signals precludes the straightforward use of the optimal signal detection theory (ESM receiver does not possess the copy of the useful signal).

So far, optimization of the ESM receiver in terms of Woodward's optimal signal detection was not the issue since the power of signals intercepted by the ESM receiver is usually high enough due to the fact that intercepted signals do not suffer from the two-way attenuation as opposed to the radar. However, an advent of the so called low probability of intercept (LPI) radars and communications makes it necessary to face the problem of weak signal detection in conditions of parametric and structural uncertainty head on, i.e. the problem of quasi-optimal signal detection.

Quasi-optimal signal detection can be based on the so called autocorrelation receiving technique, which is widely known under different term: non-linear (auto-correlation) time-frequency analysis.

This brief study offers an approach, by which the well-known Choi-Williams time-frequency distribution is analyzed from the perspective of optimal signal detection.

## **WIRELESS ATTACKS ON AUTOMATIC AIRCRAFT LANDING SYSTEMS ILS**

*A. Chopenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Zhydko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the most important stages of an aircraft flight plan is the final phase of the flight and landing. The Instrument Landing System (ILS) provides the aircraft with correct horizontal and vertical guidance immediately before and during landing. The ILS in the receiving onboard equipment generates signals that contain a carrier-plus-sidebands (CSB) and sidebands – only (SBO). The configuration of the spectral energy in the combination of CSB and SBO signals, amplitudes, phase shifts of the sideband signals depend on the true displacement of the aircraft and can be used to obtain data on the reference descent trajectory passing through the axis of the runway).

The report shows that, to force the aircraft to land with a certain offset from the axial or not at the required glide angle, two types of wireless attacks are possible.

The overshadow attack is an attack where the attacker transmits specially crafted ILS signals at a power level such that the legitimate signals get overpowered by the attacker's signal at the receiver. In an attack, an attacker falsifies the signals received by the ILS, transmits pre-formed, specially created ILS signals with such a power level that the legitimate signals in the receiver are suppressed by the attacker's signal. To carry out a single-tone attack, an attacker needs to create signals in the receiving device, by selecting the amplitudes and phases between the attacking and legitimate ILS signal that reduce the level of one of the sideband components (90 Hz or 150 Hz) of the spectrum arriving at the receiving device and the computer. This will cause the aircraft to drift to the left or right of the runway or, similarly, to descend at glide angles that are more or less steep than recommended.

### **VULNERABILITY OF THE AIRCRAFT TO SPOOFING ATTACK DURING LANDING**

*V. Vdovonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Zhydko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Landing systems that use GNSS satellite positioning technology, GBAS and SBAS functional augmentation systems during an aircraft's final approach can be attacked by spoofing, by injecting false signals into the victim's GNSS receiver, causing the landing system to calculate incorrect position, velocity and time (PVT). Spoofing attacks are a major threat to civilian GNSS usage given the powerful impact that they have on a receiver.

The report shows that spoofing attacks (SA) can be divided into three categories.

In a Meaconing attack, a "playback attack", the original signal is re-emitted by interception, recording and subsequent retransmission. Such a SA does not use knowledge of the victim's original PVT. When the spoofer knows the exact location of the target receiver, receives information about the victim's PVT, false signals can be superimposed on real signals. To generate a false GNSS component signal, the so-called intermediate SA is performed. A kind of GNSS simulator is used to create false GNSS signals. A more sophisticated version of intermediate spoofing is sophisticated spoofing. SA is performed using several coordinated spoofers. The attacker has a complete idea of the location the plane. The spoofer generates a fake signal with a systematic delay and phase angle, which makes both the attack itself very difficult to execute and very difficult to detect by on-board equipment.

### **DETECTION OF SPOOFING DURING AIRCRAFT APPROACH AND LANDING**

*V. Vdovonkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Zhydko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In an increasingly congested airspace, the detection of a spoofing attack (SA), in which the location or time is mistakenly estimated by entering false signals into an aircraft's on-board navigation equipment, is critical to ensuring aviation security. In order to detect a false signal in time, it is necessary to develop effective countermeasures.

Many different anti-spoofing techniques have been developed in past years and best practices algorithms combine complimentary techniques to generate optimized protection. The report shows that following methods are possible to detect SA.

SA can be detected by monitoring the carrier-to-noise ratio ( $C/N_0$ ), signal quality estimates based on the automatic gain control (AGC) measurement channel, or by monitoring, as technique is based on power monitoring (RPM) method, a combination of AGC and ( $C/N_0$ ). The solution to protect against SA is the use of the Signal Quality Monitoring (SQM) technique, which is based on the peculiarities of the shape of the correlation function. SQM techniques have been widely developed and presented in many different formats. The SQM-based method reveals the asymmetry of the correlation function. The SQM is very powerful in detecting matched-powered spoofing attacks. SA detection is enabled by the joint use of SQM and RPM signal quality monitoring. One way to detect man-in-the-middle attacks is to monitor Doppler shift, pseudo range. Approaches based on Kalman filters and receiver integrity monitoring (RAIM) can be used to detect and mitigate SA. Machine learning methods that use artificial intelligence allow detecting SA, any deviations of the analyzed signals from the expected behavior, and classifying them as legitimate or false.

### **SMALL-DIMENSIONAL MODULAR DEVICE FOR THE PURPOSE OF FUELING AIRCRAFT AND TRANSFER THE FUEL**

*A. Biekirov, Candidate of Technical Sciences; G. Sigaylo; N. Dobrov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Small-dimensional modular device for the purpose of fueling aircraft (A/C) and transfer and cleaning the fuel is a small-sized station that is designed to solve the problems that arise when refueling an aircraft in emergency conditions, failure of standard refueling systems, as well as for pumping or refueling A/C with fuel out of base.

In comparison with existing refueling devices, the presented device has the following advantages: the device can be powered from the aircraft's on-board power supply system, an autonomous battery or the car's electrical network; the presence of two independent pumps of different types increases the reliability of the device, ensuring fuel pumping in case of failure of one of the pumps; a block of filters with various filter elements allows you to clean the fuel from both mechanical impurities and water; the presence of a suction unit with a filter allows fuel to be taken from large and non-standard tanks.

The design of the device uses elements that are already used in aviation technology, thanks to which the device has high reliability, durability and maintainability.

The developed device is compact, small in size, can be moved by two workers, placed in a passenger car trailer, and has adjustable productivity. It is not necessary to fill the pump with fuel before work. It can be used for refueling A/C both with jet fuel and gasoline.

### **DETERMINATION OF THE HELICOPTER MAIN ROTOR BLADES TRACKING**

*A. Biekirov, Candidate of Technical Sciences; G. Sigaylo  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

One of the most important issues that arises during the helicopters maintenance is the issue of balancing the main and steering (tail) propellers. Existing balancing systems use different techniques to solve the same problem – reducing the destructive vibrations generated by the main and steering propellers.

To date, the following methods of determining the proper tracking ("conicity") of helicopter rotors are known and used:

- the contact method of "correcting a cone" using a "torch";
- non-contact method using optical systems for measuring the run-out of separate main rotor blades (MRB) from the rotation plane;
- non-contact method using a mirror (strobe effect);
- non-contact method using equipment with optical heads – video cameras.

All the listed methods are relatively dangerous or require the use of specialized expensive equipment.

A new proven method for determining the proper tracking of helicopter MRB is proposed using an inexpensive, reliable and easy-to-use device that can be used remotely from a maintenance base. This method is non-contact and involves the use of a camera and a laptop (computer or tablet) with a regular graphic editor program. The main requirement is that the camera must be able to photograph an object measuring 750×750 mm at a distance of 15-25 m with sufficient clarity and resolution from 180 to 300 DPI to obtain a print measuring 210×297 mm (A4 sheet).

## **FORMATION OF INTERCULTURAL TOLERANCE AT AVIATION ENGLISH LESSONS**

*I. Yerastova-Mykhalus, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The objective processes of globalization that are happening in all spheres of Ukrainian society lead to the strengthening of international relations and cooperation, particularly in the military sphere during peacekeeping missions, joint military exercises, etc. Therefore, the higher education system of our country faces the task of training specialists in the military sphere who would be able to cooperate with foreign partners in an intercultural environment.

This problem is especially topical for the future military specialists in the aviation industry, whose professional activity features a large amount of cooperation and professional communication with foreign partners from all over the world according to ICAO standards. In addition, the topicality of the formation of intercultural tolerance of military specialists in aviation sphere is confirmed by the heading of our country to join NATO. This fact makes it necessary to train military specialists who would be able to work effectively in an intercultural environment, to interact with representatives of other countries during joint exercises, to be respectful of the views, traditions and beliefs of other people that can reduce the number of armed conflicts.

The level of formation of the intercultural tolerance affects the readiness of future specialists in the aviation industry to carry out professional cooperation on the basis of mutual respect and intercultural tolerance in order to build friendly professional relations with partner countries.

Solving this problem is possible by organizing the process of forming intercultural tolerance at the Aviation English classes as a holistic pedagogical process. It can be done on the basis of strengthening interdisciplinary links, introducing appropriate step-by-step pedagogical technology, using the latest teaching methods, ensuring appropriate pedagogical conditions, and also during extracurricular work, which will contribute to the professional and personal development of future specialists in the aviation industry.

**THE UKRAINIAN LANGUAGE FOR FOREIGN STUDENTS TEXTBOOK  
"UKRAINIAN GRAMMAR IN USE"**

*O. Ivashyna*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

"Ukrainian Grammar in Use" is a textbook on the Ukrainian language for foreigners, which aims to contribute to the process of language training of foreign students and carry out work on the formation of speaking and writing skills. The grammar parts which are included in the textbook, include the vocabulary minimum necessary and sufficient for the formation of speaking skills: the ability to understand oral speech, speak and read within the limits of the studied topics, using various language skills. While selecting the lexical material, the following principles were taken into consideration: the principle of methodological expediency and the principle of communicative value. Successful learning of educational materials of "Ukrainian Grammar in Use" textbook, provides such a level of communicative competence that allows foreign students to communicate in the Ukrainian language in the most relevant situations of social, everyday and socio-cultural spheres of communication. The linguistic value of the textbook is that the studied language is used as a tool for learning and mastering educational subjects. An innovative component are the bilingual (Ukrainian and English) comparative tables, which demonstrate a new direction in the development of language didactics, which examines educational forms, methods and tools in their systematic combination. The proposed manual causes significant changes in the definition of goals, structure, content, forms and methods of training, and also uses a competency-based approach to training. "Ukrainian Grammar in Use" includes all sections of the academic discipline "Ukrainian as a foreign language" and aims to form communicative intercultural competence.

**SPECIFICITY OF FOREIGN LANGUAGE VOCABULARY TEACHING  
FOR STUDENTS OF AVIATION SPECIALTIES  
OF CIVIL AVIATION INSTITUTE**

*P. Krasnopyorov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The vocabulary includes words, set expressions, speech clichés, phraseological units, idiomatic expressions. All of them are united by the term "lexical units". It is obvious that sufficient foreign language vocabulary of students is one of the main indicators of their level of mastery of the studied foreign language. We can definitely say that such a vocabulary reserve should be divided into a much larger receptive (for reading and listening) and a significantly smaller reproductive (for speaking and writing), as recommended in all foreign language teaching methodology manuals. The foreign language vocabulary of non-linguistic tertiary education students should be approximately 2,500 lexical units, according to approximate estimates. The development of an adequate methodology for learning vocabulary in conditions of lack of opportunities for sufficient repetition in foreign language communication of each lexical unit that is introduced in the initial process, depends on the optimal methodical distribution of the vocabulary minimally suitable for learning. Each of the categories of vocabulary to which this minimum is allocated must be learned through the use of specific procedures of voluntary or

involuntary learning, so that these procedures make it possible to compensate the lack of repetitions in communication, which are necessary for the full mastery of some lexical units that belong to certain categories. In the conditions of our Institute of Civil Aviation, the courses "Foreign language" and "Foreign language of professional communication" are taught for students of the specialty "Flight operation of aircraft". Students study these courses during the first 4 semesters of study. The task of the courses "Foreign language" and "Foreign language of professional communication" is to teach students of this specialty both general and special vocabulary in order to better prepare students for further study of the courses "Aviation English".

### **TRACKING SYSTEM RESEARCH ACCORDING TO THE RADIAL VELOCITY OF A SMALL AIR OBJECT**

*A. Chopenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Zhydko  
Institute of Civil Aviation Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current stage of the development of "small aviation" is due to the rapid use of unmanned aerial vehicles (UAVs), which are widely used not only in the military sphere, but also in the interests of the national economy.

At the same time, the processes of accurate determination of UAV air movement parameters in urban conditions are an urgent task. In modern times, air traffic parameters are determined on the basis of various methods, among which radar methods are widely used in systems for tracking the radial speed of UAVs. The current stage of development of air traffic control systems makes it possible to propose a digital system for tracking the radial speed of UAVs using digital signal processing methods. These systems belong to digital tracking systems, the quality indicators of which are largely determined by correction filters.

Therefore, taking into account the requirements for the accuracy of the functioning of these systems, it is advisable to determine the structure and parameters of the correction filter based on the methods of optimal discrete filtering. The report substantiates the mathematical model of the radial velocity tracking system, synthesizes the structure of the correction filter and determines its parameters according to the requirements for the accuracy of the system's functioning. This makes it possible to formulate recommendations for hardware implementation of the system as a whole.

The functioning of the tracking system in both transient and stable mode was investigated using software created in the MatLab software environment.

### **METHODOLOGY FOR SYNTHESISING THE RATIONAL STRUCTURE OF THE AVIATION ENGINEERING SERVICE OF AVIATION UNITS**

*M. Sukhanov, Candidate of Technical Sciences; I. Sukhanov; O. Pekh  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current generation of civil transport aircraft were designed for at least 20 to 25 years and up to 90 000 flights. These design service goals are exceeded by many operators of jets and turboprops. Future aircraft types are designed for at least the same goals, but structure with higher fatigue life (endurance), higher damage tolerance capability and higher corrosion resistance are required to minimize the maintenance costs and to comply with the requirements of the operator and the enhanced airworthiness regulations.



Today's engine designers need to manage the conflicting goals: increasing performance while reducing fuel consumption and noise. To meet these challenges, engine designers need better tools to simulate performance prior to prototyping.

The wing loads were analysed and its cross section was calculated for maximum loads.

Designed cross section.

This means that we can reduce the spar end area and even the feathering area to get an optimal design.

We have analysed the engine for our newly designed aircraft . We have designed the fuel system and engine mount for aircraft. The checking calculations with the software satisfy the newly designed features. Altitude performance of the fuel system is very efficient. The engine mount has rather excellent load carrying ability. Fail safe structures work really good in the situation of breakage of any load carrying links.

The lubrication system as well as the fire-protection and neutral gas system assures more safety in the flight operation.

## **RESEARCH OF MODERN METHODS AND TOOLS WEB APPLICATION TESTING**

*S. Bulba, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
O. Soloviova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Y. Semerenko, S. Obiedkov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The rapid development of the Internet and the large number of its users require an increasing need for companies to create their websites. Having a website allows you to quickly convey information about yourself and your products. But during development, there is a need to test the application to prevent errors in work. Therefore, it is necessary to review modern methods and means of testing web applications.

The report discusses such modern testing methods as: functional testing, user interface testing, performance testing, security testing, automated testing. Each of the above methods should be used at the moment when finding the error will prevent large costs for its correction.

Modern testing tools include: Selenium WebDriver, Cypress, JUnit/TestNG, Postman, JMeter, SoapUI. Each of the above methods has both advantages and disadvantages, so it is necessary to choose tools depending on the tasks and limitations.

Therefore, modern methods and means of testing web applications were investigated. Their advantages and disadvantages are considered.

## **AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR A PRIVATE HOUSE**

*O. Soloviova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Semerenko  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's world, the tendency to simplify and automate everyday tasks is increasing every year. Technologies of remote and contactless control are tightly integrated into the daily life of a modern person. These technologies help to both save time and allow you to be independent of your location. The development of a

"smart home" management system is being considered, which will allow automating everyday tasks, controlling both devices and sensors of its own development, as well as devices of third-party manufacturers in the "black box" mode. The existing market implementation ideas of the "smart house" system are considered. We will identify the advantages and disadvantages of the analyzed systems.

A "smart home" is technically a collection of systems of devices and sensors, united in a common structure by some common bus and managed by a control center. An overview of the platforms for building bus control systems used in automation is carried out.

After analyzing the existing solutions, several main problems inherent in the existing systems were highlighted: in most cases – the closedness of data exchange protocols, which leads to the impossibility of using sensors and devices of one system in another; almost all solutions require the laying of cable networks for integration into the existing structure of the premises and connection to communications laid at the construction stage; high market value even in the basic configuration and without taking into account installation work.

## **ANALYSIS OF DATABASE DEVELOPMENT TRENDS**

*V. Tretiak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*Yu. Semerenko; I. Kovalchuk; V. Fadiiev*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of database (DB) technologies is defined by a wide range of trends that continue to influence this dynamic sector, including:

Cloud-based databases: The popularity of cloud solutions for data storage and processing is noticeably increasing. This contributes to improving the scalability, availability, and flexibility of databases.

Distributed databases: The use of distributed architectures ensures efficient and high availability of data across geographically distributed territories.

Big data and analytics: Integrating databases with powerful analytics tools enables efficient processing and detailed analysis of large volumes of data.

Artificial intelligence (AI) and machine learning: Utilizing AI technologies optimizes interaction with databases, automating query optimization and enhancing productivity.

Graph databases: The usage of graph databases is growing for effectively addressing tasks related to modeling and analyzing data relationships.

Container technologies and orchestration: applying containers (e.g., Docker) and orchestration systems (e.g., Kubernetes) simplifies the deployment and management of databases.

Enhanced security: emphasis on improving database security measures in response to the growing cyber threats.

Real-time technology development: increased demand for databases capable of interacting with data in real-time mode.

Blockchain in databases: using blockchain technology to ensure the reliability, integrity, and security of data.

These trends reflect the movement of the database industry towards greater productivity, efficiency, and ensuring a high level of data security and availability.

## **TASK OF DETERMINING SHORTEST PATHS BASED ON A RANKING APPROACH**

*O. Soloviova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; D. Kyrychenko; Yu. Semerenko; Z. Zakirov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The known approaches to solving the problem of determining shortest paths are considered. The following cases are distinguished: when all edges in the graph have positive weights, when there are edges with negative weights in the graph but no negative-length cycles, and when there are cycles of negative length in the graph.

The following methods are used to solve these problems: index, matrix, and hardware methods. All of these methods are used to solve two types of problems: finding the shortest path between a given pair of vertices and finding the shortest paths between all pairs of vertices in the graph.

For solving the problem of finding the optimal path between a pair of vertices, the index and hardware methods are the best. For solving the problem of determining optimal paths between all pairs of vertices in the graph, matrix methods are the best.

The mathematical formulation of the problem of determining optimal paths based on a ranking approach is presented, which provides a broader interpretation of the principles of dynamic programming. This approach entails that the local extremum of a discrete state of the next rank can be obtained based on the extremums of all discrete states of the previous rank, and the global extremum is the value of all local extremums of all ranks.

It is shown that the construction of local extremums of different discrete states of the same rank can be carried out simultaneously, and this can be used to implement a cyclic model of parallel computations. Parallel implementations of the Ford-Fulkerson and Dijkstra algorithms are proposed.

## **ANALYSIS OF DATABASE PROTECTION METHODS**

*D. Holubnychyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
D. Tretiak; A. Alpieieva; I. Vdovonkov  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Database (DB) security is an important aspect of ensuring the safety and confidentiality of information, including:

Authentication and authorization: authentication involves verifying the identity of a user before granting access to the database.

Authorization: Determines the level of access a user has, i.e., what they can do within the database;

Data encryption: applying data encryption in the database helps protect confidential information resources from unauthorized access;

Monitoring and auditing: maintaining audit logs to record events and actions in the database;

Regular monitoring of audit logs to detect suspicious or unauthorized activities;

Physical security: protecting physical database devices, including servers and data storage, from unauthorized access or destruction;

Vulnerability protection: regularly identifying and fixing vulnerabilities in database software;

Backup and recovery: regularly creating backups of the database and its configurations;

Access rights management: detailed configuration of access rights to specific tables, fields, or operations for each user;

Use of tunneling and VPN: using virtual private networks (VPNs) and tunneling to protect traffic between applications and databases.

These methods of protecting databases are often used in combination to create a comprehensive approach to data security.

### **ANALYSIS OF METHODS FOR PREDICTING AND DETECTING CORROSION ON AIRCRAFT**

*M. Momot, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*O. Mandzyuk; F. Nikonorov*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Corrosion, especially hidden corrosion, remains a significant problem in the operation of aircraft, primarily due to the difficulty of its detection and assessment.

Corrosion is the leading cause of structural problems (80% of all problems) associated with aging aircraft, resulting in dozens of incidents each year caused by this phenomenon.

This indicates the need for inspection methods for timely detection of this type of damage, preferably effective, fast, accurate and inexpensive.

Also, for this purpose, corrosion prevention and control programs have been introduced based on the recommendations of specific aircraft manufacturers, which regulate the frequency of inspections, applied methods and methods of corrosion detection.

To this end, numerous approaches to corrosion prediction and detection have been developed and can be found in the literature. They include many different measures, but most of them use complex algorithms.

It is proposed to monitor operating conditions using environmental sensors to predict corrosion.

The challenge is to translate operating conditions into a corrosion intensity index that can be used to monitor the environmental impact on an aircraft structure.

The intensity of environmental exposure can be used to plan corrosion inspections and maintenance.

### **ONE OF THE VIEWS ON IMPROVING THE SYSTEM OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPARATUS FOR TECHNICAL JUSTIFICATION OF RESEARCH OF PROSPECTIVE UNMANNED AVIATION COMPLEXES**

*M. Momot, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Achieving the necessary level of technical equipment of aviation groups with the rational use of resources is the main goal of systematic studies on tactical-technical-economic justification (TTEJ) of prospective samples of unmanned aircraft complexes (UAC).

According to the results of the analysis, it is possible to highlight the main directions of work on the creation of an improved scientific and methodological apparatus of systematic research of this kind:

– further deepening of the systemic approach in creating a scientific and methodological apparatus based on the formalized process of functioning of a prospective combat UAC as part of an aviation group, taking into account the systemic links of military-theoretical, -technical and -economic aspects of its creation and use;

– bringing the system of TTEJ criteria of a prospective combat UAC in line with the goal of creating armed formations, taking into account new approaches to the formation of the military and technical policy of the state;

– further widespread implementation of mathematical modeling of the processes of the operation of the UACs, which determine the connection of the main TTEJ with the result of its combat use;

– implementation of improved methods of posing and solving mathematical problems of optimizing the quantitative and qualitative composition of a prospective UACs with minimization of the number of iteration procedures, methods of interpreting the solution of such problems for the formation of an optimal TTEJ of a prospective UACs.

### **DIGITAL TECHNOLOGIES FOR ADVANCING AWARENESS AND KNOWLEDGE OF HUMAN RIGHTS IN UKRAINIAN MILITARY**

*Y. Sheviakov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Aleksandrova<sup>1</sup>; N. Kononova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*  
<sup>2</sup>*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

Human rights are most often violated during armed conflicts, and the war in Ukraine is no exception. For military personnel, knowledge and awareness of human rights and adherence to the legal code of conduct are important to ensure that they continue to maintain public trust and the rule of law even in crisis situations.

Moreover, such knowledge and awareness significantly increase the chances that decisions taken in the field will not violate human rights and will not contradict human rights implementation and enjoyment.

Ukrainian human rights organizations have shown a general lack of knowledge about human rights among military personnel in Ukraine, as well as an insufficient number of human rights courses for students of military universities.

Human rights education is very relevant, so the development of a training course and the launch of an asynchronous online human rights course will provide an opportunity to gain and deepen knowledge of human rights and international humanitarian law in the armed forces, as well as among leaders, teachers and military personnel, students of military higher education institutions of Ukraine.

### **DIRECTIONS OF IMPLEMENTATION OF ONLINE LEARNING TECHNOLOGIES FOR FOREIGN APPLICANTS**

*Y. Sheviakov<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
V. Aleksandrova<sup>1</sup>; L. Grynevych<sup>2</sup>, Doctor of Economic Sciences, Professor*

<sup>1</sup>*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*  
<sup>2</sup>*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

In recent years, the educational space has undergone significant changes with the advent of online learning technologies that have revolutionized traditional ways of teaching and learning. This transformation had the greatest impact on foreign

acquirers. It is an urgent issue to determine directions in which online learning technologies can be implemented to meet the needs of foreign students, contributing to their academic success and cultural integration. Based on the research conducted as part of the Swedish-Ukrainian project Building Remote Work Capabilities in Higher Education Institutions in Ukraine, the following directions can be identified:

1. Implementation of the principles of inclusive design of the online platform for training foreign applicants.
2. Integration of language support functions into the learning module.
3. Online trainings on intercultural communication.
4. Personalized training and adaptation of educational technologies to the individual needs and preferences of the student
5. Online learning platforms that facilitate the creation of virtual communities.

Implementation of online learning technologies has a huge potential to support academic success and cultural integration of foreign students. The future of education is increasingly interconnected with the use of online learning technologies – this is not only a matter of innovation, but also a commitment to equity, diversity and inclusion in education.

## **USING AMAZON WEB SERVICES SECURITY SERVICES IN CLOUD COMPUTING**

*O. Sievierinov<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Y. Semerenko<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics;  
<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Currently, companies around the world are increasingly meeting a range of organizational needs through the use of cloud computing technologies. Cloud computing offers a variety of services, such as a computing platform, computing power, storage, and web applications. The leading providers of these services are Amazon, IBM, "Dropbox", "iCloud" from Apple, Google applications, "Azure" from Microsoft. Because they provide different services to choose from for different groups of users, the possibility of data being at risk when working in cloud computing systems is huge. Therefore, security issues when implementing cloud technologies must be solved in the first place.

To consider information security services in cloud computing, the AWS (Amazon Web Services) EC2 (Elastic Compute Cloud) solution was chosen, which offers the widest computing platform with more than 750 types of instances and a selection of the latest processors, storage, network and operating system.

The choice of AWS security services depends on the specific use case, the nature of the applications, and the security requirements of the organization. There are several recommended AWS core security services to use: AWS Identity and Access Management (IAM); Amazon Virtual Private Cloud (VPC); AWS Key Management Service (KMS); AWS CloudTrail; Amazon GuardDuty; Amazon Inspector; Amazon CloudWatch; AWS WAF (Web Application Firewall); AWS Security Center; Amazon S3 (Simple Storage Service) access control; Amazon Macie; AWS Shield (for DDoS protection). The combination and extent to which these services are used depends on the complexity of the architecture, data privacy, and specific security and compliance requirements applicable to the organization.

## ASPECTS OF THE HUMAN FACTOR IN MAINTENANCE AND INSPECTION OF AIRCRAFT

*A. Pryimak<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;*

*Y. Ratnakar<sup>1</sup>; V. Dombrovskiy<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;*

*<sup>2</sup>Aviation company "SmartLynx", Riga*

A person has an extremely high potential to influence flight safety (FS), therefore the risk factors associated with his direct activity in the aviation industry must be taken under control in a special manner. Mainly this applies to flight crews that, according to various data, account for 40 to 75% of all registered aviation accidents and incidents. At the same time, insufficient attention is paid to the issues of erroneous actions of technical personnel, which is evidenced by the almost complete absence of generalized data on this problem.

However, we should not talk about the complete absence of such data. In the period from the beginning of the 1980s, several studies of the problem of human errors in the maintenance and inspection of aircraft (maintenance and Ins. ACFT) were conducted. In particular, they included:

studies that were based on the analysis of 93 aviation accidents (AA) that occurred in the period 1959-1983 (Sears, R.L., 1985).

According to the author, the problem of problem of maintenance and Ins. was the cause of about 12% of the events studied by him.

– research done by the NTSB in 2000, which involved a detailed study of the causes of 14 major accidents.

The results of the study revealed that in 7 cases (50%), maintenance problems were the main factors contributing to the occurrence of AA.

The research results allow us to make the following conclusions:

1. The problems with maintenance and Ins. ACFT is a serious factor affecting the safety and it requires close attention.

2. As aircraft designs, training of pilots, ATCs etc. are improved, the quantity of events connected with errors during maintenance and Ins. ACFT will only grow.

## TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEMS

*V. Reshetnik<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*

*S. Bzot<sup>1</sup>; I. Lapta<sup>2</sup>; O. Prendetskiy<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics;*

*<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Decision Support System (DSS) is an information system designed to assist in decision-making through data processing and analysis. Its main objective is to provide users with tools and resources for effective analysis of complex situations and making informed decisions. DSS may include various functions such as data collection and processing, modeling alternative scenarios, considering various factors and constraints, determining optimal decision options, and providing recommendations for better understanding and problem-solving. This system typically employs various methods and techniques such as data analysis, mathematical modeling, intelligent analysis, and others to aid users in the rational and efficient decision-making process amidst uncertainty and complexity.

The trends in the development of Decision Support Systems (DSS) encompass various aspects, considering modern technological, social, and economic changes. Key trends in this area include: integration with big data, artificial intelligence and machine learning, mobile technologies, interactive and visualization tools, geospatial technologies, recommendation systems, focus on ethics and data security, process automation.

These trends reflect the increasing role of technology in improving decision-making processes and ensuring their adaptation to modern requirements and conditions.

## **SYSTEM OF WAYS OF AVIATION TERM FORMATION**

*V. Sviatchenko, Candidate of Philological Sciences  
Separated structural subdivision Sloviansk Professional College  
of National Aviation University*

The following ways of term formation can be defined: lexical and semantic, morphological, lexical and synthetic. Lexical and semantic term formation is a method of linguistic nomination, which supposes semantic development of the word to be the main means of creating a new term. When the morphological method of term formation is applied, a new term is formed on the basis of one or more derivative stems with the help of word-forming affixes, word composition and stem composition. With the help of the lexical and synthetic method two- or multi-member terminological combinations are formed.

The development of ways of term formation, such as abbreviation and contraction, is characterized quantitatively by an increase in the number of formed terms, and qualitatively by a reduction in their material form.

Monosyllabic terms are not abbreviated, as they are already quite convenient and concise to use, and multi-component terms, undergoing compression, form new words that reflect the same features as the original term.

The terminological context is characterized by semantic and syntactic compression, due to which multi-component terminological combinations function in a compressed form.

The analysis of the Ukrainian aviation term system allows us to conclude that scientists are carrying out certain activities in terms of the study, generalization and development of the Ukrainian aviation terminology.

## **FEATURES OF RESOURCE MANAGEMENT IN THE VPN FLOW MODEL**

*D. Holubnychyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

A virtual private network is based on logical connections between specified users of a corporate computer network with packet switching, isolated on a logical level from other users of the same network.

The relevance of the covered topic lies in the development of the theory of VPN planning, which is understood as a set of mathematical models and research methods intended for use by VPN service providers in solving the tasks of optimal distribution of available network resources at various stages of operation of virtual networks.

During the life cycle of VPN services, the provider must be able to implement the following functions: entering data about the VPN service; VPN modification, planning, auditing, activation, monitoring; VPN usage reporting.



Distribution of public network resources across different virtual private networks can be implemented using the classic approach of emulating private lines from one VPN endpoint to all other endpoints (sites). This approach uses a pipe model. The term "point-to-point VPN" is also used to describe a VPN based on a streaming model. The VPN channel model is similar to a leased (private) line service.

In contrast to the channel model, the flow model does not require knowledge of the traffic matrix of the virtual network, it is only necessary to specify the total traffic at the entrance and exit of each VPN endpoint.

An approach to the planning of virtual private networks has been developed, which takes into account the interests of consumers and VPN service providers as a whole, which allows you to get a complete system and technical solution - from the analysis of the needs for VPN services to the planning, creation and further maintenance of corporate networks.

### **ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ**

*Н.В. Кононова<sup>1</sup>; О.М. Красносова<sup>2</sup>, к.е.н., доц.*

*<sup>1</sup>Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця;*

*<sup>2</sup>ДУ "Центр оцінювання діяльності наукових установ та наукового забезпечення розвитку регіонів України НАН України"*

Сучасний період стає епохою тотальної діджиталізації всіх сфер життєдіяльності в Україні і сфера освіти не є виключенням. Нові технології, повсюдне використання інноваційного програмного забезпечення та різноманітних гаджетів, глобалізація сервісів, перехід сфери освіти в режим онлайн – все це необхідно враховувати у ході вибору інструментарію, який здатен передати новітні знання майбутнім фахівцям цивільної авіації. З'явилась стійка тенденція на автоматизацію багатьох складових освітнього процесу. Серед них, в умовах обмеженості можливостей живого спілкування і неможливості демонстрації ефективних прийомів і дій в залежності від ситуації, що може скластися за певних обставин, слід приділити особливу увагу таким інструментам, як моделювання поведінкових навичок, що будуть затребувані для вирішення оперативних завдань фахівцями цивільної авіації у відповідності до їх фахового профілю.

В складі інструментів означеного напряму освітнього процесу окремо визначимо ті, які мають допомогти отримати вичерпну теоретичну інформацію та набути певні практичні навички. Щодо максимальної зацікавленості слухачів в отриманні теоретичних знань у ході дистанційного освітнього процесу доцільно зробити його максимально наочним за рахунок використання не тільки презентацій, але й короткотривалих відео сюжетів, що відповідають змістовному контенту та дають змогу аналізувати конкретні ситуації. В практичній складовій освітнього процесу вибір інструментарію має надавати перевагу ігровим методам навчання, які дозволяють продукувати ефективні навички. Саме інструментарій визначає ефективність підготовки фахівців.

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ТЕС З ВОДНЕВИМ ПАРОГЕНЕРАТОРОМ**

*П.В. Гризодуб; О.С. Гризодуб*

*Відокремлений структурний підрозділ “Слов’янський фаховий коледж  
Національного авіаційного університету”*

Розвиток сучасної вітчизняної електроенергетики супроводжується необхідністю підвищення її конкурентоспроможності. При цьому створення нових технологій виробництва теплової та електричної енергії передбачає застосування альтернативних видів палива. Одним із таких палив є водень. Досвід практичного отримання водню показує, що поширення цього виду палива на теплових електричних станціях значно утруднено з огляду його високої вибухопожежонебезпеки, складності отримання, зберігання та транспортування.

В даний час розробляються теплові схеми мікрогазотурбінної установки (мікро-ГТУ) з воднево-кисневим парогенератором, парогазові установки (ПГУ) з воднево-кисневим парогенератором та проміжним перегрівом пари, паротурбінні установки (ПТУ) з воднево-кисневим парогенератором, ПТУ з воднево-кисневим парогенератором і проміжним перегрівом пари. Аналіз показав, що схема ПТУ з воднево-кисневим парогенератором та проміжним перегрівом пари та пароохолоджувачем є найбільш перспективною для створення мікрогенераційних теплових схем електричних станцій (до 100 кВт) з воднево-кисневим парогенератором.

В доповіді запропоновані варіанти теплових схем установок малої потужності на основі водневого генератора, які можуть застосовуватися на стадії проектування, обґрунтування та будівництва ТЕС потужністю до 100 кВт. Ключовими показниками теплової економічності схемних рішень є ККД та питома витрата палива під час виробництва електричної енергії. ККД може змінюватись в залежності від кліматичних умов та режимів роботи генератора водню.

## **APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MODEL OF MUSIC GENERATION**

*Y. Pochtarova*

*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

Analyzing the effect of model parameters on the quality and variety of generated music requires a deep understanding of both the technical aspects of modeling and musical concepts. The right choice of parameters can determine the success of music generation with the help of artificial intelligence and open new horizons for creativity in the music industry.

In the context of artificial intelligence music generation, one of the key model parameters is the size of the training data set on which the model is based. More extensive data sets can give the model more context to explore diverse musical styles and identities. However, careless use of large data sets can lead to overtraining of the model, which in turn can affect the quality and variety of the music generated.

The second important parameter is the architecture of the model. Model architecture is one of the key parameters affecting the quality and variety of AI-generated music. One of the most popular architectures for music generation is Generative Adversarial Networks (GANs).

GANs consist of two main components: a generator and a discriminator. The generator is responsible for creating new examples of data, in our case music, while the discriminator tries to distinguish between real and generated examples. Both components are trained together in a competitive training process, where the generator tries to "fool" the discriminator, and the discriminator in turn tries to distinguish between real and generated examples.

The main idea is to train the generator to produce data that the discriminator cannot distinguish from the real data, and the discriminator tries to correctly classify the real data from the generated data.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ВИКОРИСТАННЯ SMART АНТЕННИХ РЕШТОК В ЗАДАЧАХ ЗАХИСТУ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ ВІД ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ**

*А.В. Марчук, к.т.н.; М.О. Юркевич*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

Одним з методів боротьби з впливами через напрямок бокових пелюстків антенної системи є інтелектуальні (smart) фазовані антенні решітки, що змінюють напрямок бокового пелюстка. У цьому випадку сигнал глушіння може бути спрямований в "нуль" діаграми спрямованості і система не буде приймати цей сигнал. Звичайно на практиці нуль не є абсолютним, але при рівнях в мінус десятки децибел сигнал практично не діє на нашу систему.

Була розроблена математична модель smart антенної решітки з електронним управлінням боковими пелюстками діаграми спрямованості і проведено дослідження поведінки бокових пелюстків. Для моделювання були використані зразки антенних решіток з різними типами антенних елементів, їх кількістю і різними відстанями між ними.

Аналіз отриманих результатів моделювання показує, що використання системи подавлення зовнішніх впливів за рахунок адаптивного повороту бокового пелюстка працює. При цьому слід звернути увагу на те, що провали в діаграмах спрямованості досить глибокі, але по куту інтервал значного загасання зовнішнього сигналу невеликий. Цей недолік не є надто суттєвим, тому, що навколо провалу приблизно до рівня в сотні децибел є достатня область по куту значень подавлення в десятки децибел. На рівні мінус 20дБ область по куту складає приблизно 20 градус в отриманих результатах моделювання.

Слід зазначити, що при зближенні кута променя зловмисника до головного напрямку корисного сигналу якість подавлення знижується, це накладає суттєве обмеження на використання smart антенних решіток для зменшення впливу від глушіння.

## **ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПЛОТУВАННЯ ЛІТАКОМ У МОМЕНТ ЙОГО ПРИЗЕМЛЕННЯ І НА ЕТАПІ ПІСЛЯПОСАДКОВОГО ПРОБІГУ**

*Л.В. Капітанова, д.т.н., доц.; В.І. Рябков, д.т.н., проф.*

*Національний аерокосмічний університет імені М.С.Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"*

Посадка літака є найважчим і найнебезпечнішим етапом його польоту і багато в чому залежить від кваліфікації пілота. Саме від його професійної підготовки залежать: величини переваг при посадці, найбільш оптимальний час включення в роботу колісних гальм, відсутність викочування

за межі ЗПС тощо. Тому завдання забезпечення посадок без авіаційних подій є надзвичайно актуальним.

Посадкова дистанція складається з кількох ділянок (рис.1) (табл.1).

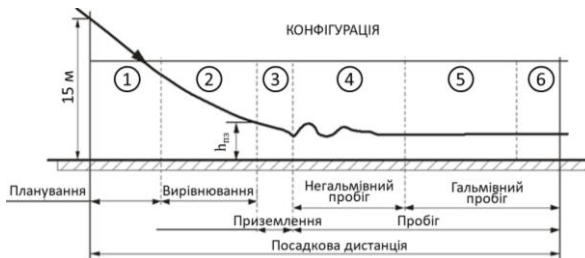


Рисунок 1 – Основні ділянки посадкової дистанції

Таблиця 1 – Зміни конфігурації на основних етапах посадкової дистанції

| Параметри літака                     |             | Номери посадкової конфігурації |                               |                             |  |                         |                      |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--|-------------------------|----------------------|
|                                      |             | ①                              | ②                             | ③                           | ④  | ⑤                       | ⑥                    |
| Положення руля висоти                |             | $\delta_{\text{бал}}^0$        | $\Delta\delta_{\text{р.в}}^0$ | $\Delta\delta_{\text{р.в}}$ | $\delta_{\text{бал}}^0$                          | $\delta_{\text{бал}}^0$ | 0                    |
| Положення погашувачів піднім-ої сили | на крилі    | прибр.                         | прибр.                        | відхл.                      | відхл.   | відхл.                  | відхл.               |
|                                      | на закрилка | прибр.                         | прибр.                        | відхл.                      | відхл.   | відхл.                  | відхл.               |
| Кут тангажа літака                   |             | $\theta_{\text{пл}}$           | $\theta_{\text{пос}}$         | $\theta_{\text{торк}}$      | $\theta_{\text{торк}} \dots \theta_{\text{зп}}$  | $\theta_{\text{проб}}$  | $\theta_{\text{ст}}$ |
| Кут атаки крила                      |             | $\alpha_{\text{пл}}$           | $\alpha_{\text{пос}}$         | $\alpha_{\text{торк}}$      | $\alpha_{\text{торк}} \dots \alpha_{\text{пос}}$ | $\alpha_{\text{проб}}$  | $\alpha_{\text{ст}}$ |

Найбільш швидкоплинним та таким, що істотно впливає на всі параметри посадки, є момент приземлення (3) на ЗПС після вирівнювання.

Запропоновано встановлення додаткових енергетичних камер в системах амортизаційних стійок шасі. Такі камери сприймають складові посадкової швидкості, суттєво знижують експлуатаційне навантаження та запобігають можливому викочуванню літака за межі ЗПС.

## АНАЛІЗ РІВНЯ РИЗИКУ ВИТОКУ КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЧЕРЕЗ МЕТАДАНИ ФАЙЛІВ ВЕБ-ДОДАТКУ

*В.Є. Качан; А.В. Марчук, к.т.н.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

У сучасному світі безпека веб-додатків стає однією з найбільш критичних проблем кібербезпеки, оскільки вони обслуговують велику кількість користувачів, що постійно зростає. OWASP, організація, яка спеціалізується на безпеці програмного забезпечення, виділяє 10 найпоширеніших уразливостей веб-додатків. Вона надає докладний опис цих уразливостей та рекомендації

щодо їх усунення. Однією з проблем, яка порушує конфіденційність у веб-додатках, є витік інформації з метаданих файлів.

Вразливий додаток Juice Shop, створений OWASP, демонструє цю вразливість на наочному прикладі.

Зловмисник може зайти в акаунт користувача, скинувши його пароль і для цього потрібно лише проаналізувати ресурси додатку та його логіку.

Для вирішення проблеми захисту такого додатку ресурсами OWASP не має конкретного рішення, окрім рекомендацій, наданих в описі проєкту-додатку OWASP ZAP.

Розрахунок конкретного ризику даного недоліку безпеки пропонується виконувати із використанням калькулятора визначення критичності рівня вразливості CVSS, за наданими метриками. В розрахунку використовуються лише базові метрики.

Згідно проведеного аналізу, вектор CVSS має наступний вигляд CVSS:4.0/AV:N/AC:L/AT:N/PR:N/UI:A/VC:H/VI:H/VA:H/SC:N/SI:N/SA:N/MVC:H. Це дає можливість зробити оцінку вразливості. Вона складає – 8.6 / High.

Отриманий результат можна використовувати при розробці конкретних безпекових рішень, направлених на виявлення та знищення критичних метаданих у файлах веб-додатку.

## **USING THE DJANGO FRAMEWORK WHEN DEVELOPING A WEB APPLICATION**

*S. Lukiyanchuk*

*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

The main goal of the work is the analysis of directions for the automation of coal accounting processes and the creation of acts of acceptance and transfer, as well as ensuring the adoption of appropriate management decisions.

The study showed that the most practical architecture for solving business problems is the client-server architecture that uses web technologies. This is due to the possibility of using templates, quick integration, lack of binding to platforms, cost-effectiveness of development. Therefore, it was proposed to implement web solutions in the Python programming language and the Django framework, which ensures reliability, speed and ease of use. Django has an extensive set of built-in capabilities, including robust security tools, an ORM (Object-Relational Mapping) system for convenient integration with databases, and an administrative interface for effective data and other resource management. In addition, Django has an efficient templating engine, making it easier for developers to create dynamic web pages. The capabilities of the Django framework demonstrate its effectiveness in the development of web applications. An extended ecosystem of applications and support for asynchronous programming make Django more flexible and adaptable to modern requirements in the field of web development.

Thus, it is proposed to implement the basic functionality for the accounting of coal production, the creation of acts of acceptance and transfer of products, the formation of summary statistics based on Django.

## **FEATURES OF USING THE .NET PLATFORM FOR THE SOFTWARE DEVELOPMENT**

*M. Kolesnyk; D. Holubnychyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

Current opportunities in the field of information technologies allow software developers to solve a wide range of problems. The .NET platform allows developers to use three programming languages for development: C#, F#, and Visual Basic (VB). Each language has its own features and capabilities, but the largest share of use falls on the C# language. C# is a simple, modern and object-oriented C-like programming language that allows you to solve a variety of software development tasks.

One of the biggest uses for C# and the .NET platform in general is developing cross-platform and cross-device applications. These types of applications include:

1. Web applications. The main tool for web development in C# is the ASP.NET Core framework, which allows you to develop a server-side application in the form of a Web-API or a complete solution.

2. Desktop applications. The main frameworks for developing desktop applications in C# are Windows Forms, Windows Presentation Foundation and Universal Windows Platform.

3. Cross-platform applications. The .NET platform allows you to develop cross-platform applications that are supported on operating systems such as Windows, MacOS, iOS, and Android using the MAUI framework. This framework uses XAML or Blazor Hybrid to develop user interfaces.

4. Game development. The C# language is the most common language for use with the Unity game engine and has extensive community support.

Also, .NET and C# in particular offer tools and capabilities for machine learning and IoT development, but in these areas .NET is inferior to other languages and tools.

## **PROVIDING RECOMMENDATIONS BASED ON USER DATA USING MACHINE LEARNING**

*I. Katsiia*

*Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

In today's digital space, the most effective systems are those that can retain the user's attention for the longest time and, during this retention period, offer content that will most accurately match the user's preferences and force them to make choices beneficial to both the system developers and interested third parties.

To build such a system or application, it is vital to develop a recommendation system that will analyze the data produced by the user while using the system in a way defined by the developers. This task is non-trivial and finding relationships between completely different factors can be too complex and resource-consuming for an ordinary analyst.

For the task we have chosen, namely the construction of a recommender system, the following methods and algorithms are best suited, namely the KNN algorithm

and clustering, as well as three main approaches that are distinguished in the construction of such systems. They include collaborative, content-based and hybrid approaches.

A collaborative approach to building recommendations is based on collecting information about the user, about his tastes and choices, and then, with the help of the algorithms mentioned above, sorting users into groups based on defined characteristics and offers the same set of data to the specific groups of users.

Content-based approach, on the other hand, is concentrated on the study of subjects that the user is interested in and their characteristics. After collecting the information, objects are identified by having characteristics like those the user was interested in and are offered to him.

The hybrid approach is the combination of the two previous approaches and gives the most accurate recommendations, focusing on both users and objects at the same time.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

|                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>A</b>                | Atamanskyi D. ....288   | Baturynskiy M. .... 60  |
| Adamenko A. ....537     | Atyakshev O. ....471    | Beilis L. .... 15       |
| .....542                | Avilov A. ....494       | Bekirov A. .... 162     |
| Adardasov M. ....345    | .....495                | ..... 743               |
| Afanasiev V. ....71     | Azizullayev M. ....107  | Bekirov A. .... 183     |
| .....74                 | .....111                | Belevshchuk Y. .... 303 |
| Afanasyev Yu. ....364   | <b>B</b>                | Belikov I. ....575      |
| Agafonov Y. ....490     | Babak V. ....132        | Belivtsov A. .... 201   |
| .....492                | Babayev S. ....22       | Belous M. .... 320      |
| .....495                | Babenko D. ....261      | Belous N. .... 320      |
| .....497                | Babenko O. ....15       | ..... 361               |
| Ageenko I. ....397      | .....19                 | Berdochnyk A. .... 80   |
| Akhremenko K. ....311   | Babich A. ....166       | ..... 81                |
| Akhundov R. ....25      | .....167                | ..... 124               |
| Aktianov V. ....519     | .....171                | ..... 394               |
| Akymenko K. ....170     | .....183                | Berdochnyk D. .... 124  |
| Aleksandrov O. ....46   | .....202                | Berdochnyk V. .... 80   |
| .....55                 | .....203                | ..... 81                |
| Aleksandrov S. ....52   | Babych O. ....540       | Berestova A. ....577    |
| Aleksandrova P. ....60  | .....659                | Berezansky O. .... 164  |
| Aleksandrova V. ....764 | .....665                | ..... 175               |
| .....781                | Babych A. ....702       | ..... 181               |
| .....781                | Bakumenko B. ....461    | Berezhny O. .... 195    |
| Aliexsieiev V. ....248  | Balabukha O. ....246    | Berezhnyi A. .... 240   |
| Alistratov O. ....284   | .....437                | ..... 469               |
| Alonkyn M. ....319      | Balabukha T. ....748    | Berezovoy V. .... 177   |
| .....345                | Balakireva S. ....366   | Berlov G. .... 142      |
| Alpieieva A. ....779    | .....367                | Beskubskiy V. .... 82   |
| Andreichenko P. ....132 | Baliuk R. ....286       | ..... 102               |
| Andrieiev S. ....209    | Balko V. ....377        | Bespalko O. .... 54     |
| Andrieiev V. ....623    | Balychev S. ....232     | ..... 141               |
| Andrieieva A. ....621   | .....236                | ..... 142               |
| Andrievskiy V. ....349  | Barabash O. ....291     | ..... 143               |
| Andriyashchenko E. 470  | Baranik O. ....161      | ..... 145               |
| Anisimov Z. ....78      | Barchuk S. ....181      | ..... 146               |
| Anisov D. ....85        | .....194                | ..... 333               |
| Antonenko H. ....755    | Bardatska I. ....655    | ..... 392               |
| .....756                | Barkhatov O. ....568    | ..... 603               |
| Antonyuk N. ....82      | Barkhudaryan M. ....559 | ..... 679               |
| Arabadzhyyev T. ....709 | Barsukov O. ....166     | ..... 704               |
| Araslanov M. ....296    | .....167                | Bezdelnyi V. .... 122   |
| .....297                | .....169                | Bezpalyy V. .... 81     |
| Araslanov M. ....301    | Barvinok R. ....293     | ..... 83                |
| Arschawa A. ....162     | Basova D. ....665       | ..... 84                |
| Artiukhova V. ....699   | Batozhok A. ....194     | ..... 85                |
| Artiunov S. ....494     | Baturynskiy M. ....59   | Bezverkha D. .... 101   |



|                    |     |                     |     |                        |     |
|--------------------|-----|---------------------|-----|------------------------|-----|
| Bezverkhyi S. .... | 605 | Bondarenko S. ....  | 255 | Chaun Y. ....          | 81  |
| Bidun A. ....      | 245 | Borets M. ....      | 468 | .....                  | 83  |
| Biekirov A. ....   | 773 | Borisov V. ....     | 247 | Chebanenko V. ....     | 76  |
| Bieliaiev P. ....  | 266 | Borodavka V. ....   | 633 | Chechui O. ....        | 339 |
| .....              | 394 | Borovyi V. ....     | 292 | .....                  | 340 |
| Bieliakov R. ....  | 531 | Borozenets I. ....  | 364 | Chekanov A. ....       | 434 |
| Bielimov V. ....   | 394 | Boroznyak K. ....   | 133 | Chekunov V. ....       | 342 |
| .....              | 515 | Bortnyk Y. ....     | 740 | Chekunova O. ....      | 338 |
| Bielous M. ....    | 47  | Bortsova M. ....    | 605 | Cherednychenko O. .... | 475 |
| .....              | 48  | Borysenko K. ....   | 752 | Cherednyk D. ....      | 462 |
| Bielous N. ....    | 47  | Borysenko M. ....   | 490 | .....                  | 466 |
| Biernik Y. ....    | 278 | .....               | 492 | Cherepenko I. ....     | 105 |
| Biesova A. ....    | 391 | Borysenko O. ....   | 294 | Cherkashina Yu. ....   | 735 |
| .....              | 584 | .....               | 279 | Cherkashyn S. ....     | 419 |
| Biesova O. ....    | 551 | Boyko I. ....       | 260 | Cherkasov V. ....      | 374 |
| .....              | 552 | Boyko M. ....       | 91  | Chernokulskyi A. ....  | 625 |
| .....              | 553 | Bratko V. ....      | 293 | Chernovol N. ....      | 754 |
| .....              | 554 | Bratus O. ....      | 118 | Chernysh V. ....       | 475 |
| .....              | 555 | Brechka M. ....     | 416 | Chernyshova T. ....    | 694 |
| .....              | 556 | Bryk T. ....        | 734 | Chertok O. ....        | 47  |
| Bilan D. ....      | 67  | Budanov P. ....     | 576 | .....                  | 48  |
| Bilchich N. ....   | 339 | .....               | 577 | .....                  | 53  |
| Biletska V. ....   | 758 | Budur I. ....       | 692 | .....                  | 61  |
| Bilous E. ....     | 191 | .....               | 695 | Chopenko A. ....       | 771 |
| Bilous I. ....     | 129 | Budyk V. ....       | 469 | .....                  | 776 |
| Bilous S. ....     | 134 | .....               | 473 | Chumak S. ....         | 411 |
| Bilukha U. ....    | 339 | Bugara I. ....      | 131 | Chyhryn R. ....        | 124 |
| Bilyk A. ....      | 521 | .....               | 132 | .....                  | 125 |
| Bindalov V. ....   | 497 | .....               | 133 | Chystov V. ....        | 358 |
| Blashchuk S. ....  | 322 | Bugayev S. ....     | 200 | <b>D</b>               |     |
| .....              | 337 | Bukhalov I. ....    | 287 | Danylishyn I. ....     | 711 |
| .....              | 338 | Bulatsyk V. ....    | 102 | Danyliuk V. ....       | 557 |
| Bodiak O. ....     | 50  | Bulba S. ....       | 777 | Datsenko A. ....       | 163 |
| .....              | 51  | Burkovskyi S. ....  | 59  | Davydenko L. ....      | 446 |
| Bogaychuk M. ....  | 130 | Burtsev V. ....     | 249 | Davydyuk E. ....       | 121 |
| Boiko M. ....      | 166 | Busylko O. ....     | 462 | Deineko S. ....        | 21  |
| Boiko S. ....      | 692 | .....               | 466 | Deinezhenko I. ....    | 179 |
| Boiko V. ....      | 77  | Busylko A. ....     | 471 | Demediuk D. ....       | 318 |
| .....              | 207 | Butko I. ....       | 602 | Demenko A. ....        | 714 |
| .....              | 654 | Buzenovska K. ....  | 100 | Demenko M. ....        | 261 |
| Boklah I. ....     | 286 | Buzenovskiy V. .... | 100 | Denisova S. ....       | 749 |
| Bolshakova I. .... | 344 | Bystrova S. ....    | 702 | Denysenko S. ....      | 302 |
| Bondar B. ....     | 541 | Bzot S. ....        | 783 | Denysenko O. ....      | 667 |
| Bondarchuk B. .... | 184 | Bzot V. ....        | 521 | Derkach D. ....        | 141 |
| Bondarenko A. .... | 245 | <b>C</b>            |     | Derbynch M. ....       | 134 |
| Bondarenko D. .... | 125 | Chaban A. ....      | 629 | Diatlova I. ....       | 691 |
| Bondarenko S. .... | 242 | Chaika O. ....      | 709 | Digtyar M. ....        | 185 |
| .....              | 251 | Chaun Y. ....       | 78  | .....                  | 187 |

|                      |     |                     |     |                     |                   |     |
|----------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-------------------|-----|
| Dmitriev A.....      | 119 | Dzhus R. ....       | 128 | Galitsky O. ....    | 252               |     |
| Dmitriev A.....      | 120 | Dzhus V. ....       | 247 | .....               | 254               |     |
| Dobrov N.....        | 773 | .....               | 248 | Galkin Yu.....      | 288               |     |
| Dodukh O. ....       | 309 | Dzhus V. ....       | 572 | Garbuz S.....       | 711               |     |
| Dolgopyaty Y. ....   | 348 | .....               | 573 | Gariachiy M. ....   | 332               |     |
| Dolhopatyay Ya. .... | 331 | Dzihora O. ....     | 305 | Gasanov A.....      | 107               |     |
| Dolhyy Yu. ....      | 754 | .....               | 310 | .....               | 108               |     |
| Dolynskyi M.....     | 468 | .....               | 562 | .....               | 111               |     |
| Dolyna M.....        | 233 | Dziuba I. ....      | 337 | Gava A. ....        | 68                |     |
| Dombrovskyi V. ....  | 783 | .....               | 378 | Gavrilyuk E. ....   | 464               |     |
| Donchenko M. ....    | 276 | Dziuba O. ....      | 520 | Gavura I. ....      | 172               |     |
| Doncov S.....        | 239 | <b>E</b>            |     |                     | Gerasymov S. .... | 256 |
| Dondiuk V. ....      | 621 | Eidelshtein G. .... | 196 | Gladkov V. ....     | 189               |     |
| .....                | 622 | .....               | 197 | Gladyshev M. ....   | 337               |     |
| .....                | 633 | .....               | 198 | Glushko V. ....     | 132               |     |
| Donnyk O. ....       | 77  | .....               | 199 | Godunov R. ....     | 228               |     |
| Dorosh I.....        | 135 | Eliseev E. ....     | 95  | Golota A. ....      | 714               |     |
| Doska O. ....        | 246 | .....               | 98  | Golovash I. ....    | 735               |     |
| Dovbnia O. ....      | 50  | .....               | 99  | Golub Z. ....       | 87                |     |
| .....                | 51  | .....               | 101 | Gonchar V. ....     | 90                |     |
| Dovhaliuk D. ....    | 237 | <b>F</b>            |     |                     | Goncharov S.....  | 309 |
| Drahunov A. ....     | 573 | Fadieiev V.....     | 778 | Goorin O. ....      | 563               |     |
| Drannyk P.....       | 257 | Falendushev B. .... | 667 | Gordienko R.....    | 259               |     |
| Drob E. ....         | 396 | Fedko V. ....       | 554 | Gornak O.....       | 88                |     |
| Drob N.....          | 744 | Fedo T.....         | 420 | Gorobinsky M. ....  | 250               |     |
| Drob Y.....          | 335 | Fedorchak B.....    | 579 | Gotsylyak S. ....   | 446               |     |
| Drokin R.....        | 766 | Fedorchak V.....    | 33  | Grabovsky T.....    | 280               |     |
| Drol O.....          | 18  | Fedorov A. ....     | 293 | Grachov O. ....     | 183               |     |
| .....                | 200 | Fedorov O. ....     | 675 | Grechka O. ....     | 256               |     |
| Drozd K. ....        | 357 | Fedyuk S. ....      | 86  | Grib D. ....        | 283               |     |
| Drozdov S.....       | 123 | .....               | 87  | .....               | 299               |     |
| Dub D. ....          | 121 | .....               | 93  | .....               | 302               |     |
| Dubina Y. ....       | 534 | .....               | 98  | Gridina V. ....     | 165               |     |
| Dubinin Ye. ....     | 469 | Felonenko B.....    | 364 | Gritsai P. ....     | 196               |     |
| Dubinsky D.....      | 91  | Fesenko O. ....     | 188 | Grygorova I. ....   | 736               |     |
| Dubnyuk A. ....      | 85  | Filippenkov O. .... | 412 | Grynevych L. ....   | 781               |     |
| .....                | 86  | .....               | 562 | Grytsyshyn V. ....  | 94                |     |
| .....                | 87  | Firsovskyi O.....   | 82  | Gubareva O. ....    | 293               |     |
| Dubovy I.....        | 289 | Fishchuk O.....     | 199 | .....               | 295               |     |
| Dudenko M.....       | 473 | Fisun M.....        | 266 | Guliev A. ....      | 108               |     |
| Dudenko S. ....      | 53  | Fomuk N. ....       | 127 | Gurin A. ....       | 459               |     |
| Dudush A.....        | 260 | Fot D. ....         | 87  | Gurin O. ....       | 414               |     |
| Durovych S.....      | 467 | Frolov A.....       | 476 | Gut T. ....         | 134               |     |
| .....                | 473 | Fursenko O. ....    | 754 | Gutchenko A. ....   | 20                |     |
| Dyachuk P. ....      | 521 | Fustii V. ....      | 396 | Guzchenko S. ....   | 710               |     |
| Dyakiv O. ....       | 404 | <b>G</b>            |     |                     | <b>H</b>          |     |
| .....                | 405 | Gaibadulov B.....   | 250 | Halahanuyuk A. .... | 279               |     |
| Dzhuraev R.....      | 98  | Galitsky O. ....    | 250 | Halepa O. ....      | 198               |     |

|                         |     |                      |     |                      |     |
|-------------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| Halepa O.....           | 200 | Hrichaniuk O. ....   | 492 | Ivashchuk B.....     | 203 |
| Haponov O. ....         | 145 | .....                | 494 | Ivashyna O. ....     | 775 |
| .....                   | 146 | Hridasov I. ....     | 513 | <b>J</b>             |     |
| Hariachyi M.....        | 678 | .....                | 514 | Jigiray V.....       | 459 |
| Harmash A.....          | 308 | .....                | 515 | Jigirey I. ....      | 471 |
| Harmash N.....          | 365 | .....                | 517 | <b>K</b>             |     |
| Harmash S. ....         | 195 | Hridin V.....        | 513 | Kachan M.....        | 20  |
| Harmash V.....          | 669 | Hrinchenko V.....    | 330 | Kachaylo R.....      | 532 |
| Hasanov A. ....         | 23  | .....                | 331 | Kadubenko S. ....    | 411 |
| .....                   | 109 | Hrinivetska O.....   | 183 | Kaduk S.....         | 189 |
| .....                   | 596 | Hromyko O. ....      | 79  | Kadura P.....        | 318 |
| .....                   | 632 | Hruboy Y.....        | 169 | Kalachova V.....     | 379 |
| Hashimov E. ....        | 110 | Hruntkovskiy O. .... | 702 | .....                | 534 |
| .....                   | 477 | Hryb D. ....         | 282 | Kalambet A. ....     | 319 |
| .....                   | 632 | Hrynychuk T. ....    | 193 | Kalan D. ....        | 678 |
| Hatchenko Y.....        | 18  | Hryshko A.....       | 711 | Kalchenko T. ....    | 740 |
| Hava A.....             | 103 | Hrytsenko P. ....    | 69  | Kaliberda M. ....    | 192 |
| .....                   | 104 | Hryzo D. ....        | 715 | Kalimulin T.....     | 601 |
| Havrutenko O. ....      | 600 | Hryzo A. ....        | 287 | Kalinichenko O. .... | 658 |
| Heorhiiev Yu. ....      | 176 | .....                | 290 | Kalinin I. ....      | 196 |
| .....                   | 204 | Hudkov M.....        | 114 | Kalinovskiy D. ....  | 367 |
| .....                   | 205 | Hula R. ....         | 691 | Kalkamanov S. ....   | 67  |
| .....                   | 206 | Hurieiev I.....      | 282 | .....                | 68  |
| Hishko H. ....          | 543 | Hurin A.....         | 562 | Kalkamanov S.....    | 82  |
| Hladchuk V.....         | 763 | .....                | 563 | .....                | 93  |
| Hlukhovska M. ....      | 743 | Husak M. ....        | 165 | .....                | 123 |
| Hnatyk D. ....          | 130 | Husar R.....         | 279 | Kalnyi S. ....       | 576 |
| Hnusenko-Lantukh O..... | 162 | Huseynov B. ....     | 109 | .....                | 577 |
| Holovatyuk B. ....      | 169 | Huzchenko S.....     | 543 | Kalnytskyi P.....    | 414 |
| Holovina O. ....        | 162 | Huzhenko I.....      | 682 | Kalugin D.....       | 238 |
| Holovko B. ....         | 181 | Hyshko G.....        | 622 | Kalynovskiy Yu. .... | 700 |
| Holubnychyi D. ....     | 779 | <b>I</b>             |     | Kalyta O. ....       | 242 |
| .....                   | 784 | Iasechko M. ....     | 414 | .....                | 249 |
| .....                   | 790 | Ihnatovych D. ....   | 342 | .....                | 251 |
| Holubtsov S. ....       | 67  | Ihonin A.....        | 672 | .....                | 257 |
| Honchar V. ....         | 101 | Ilenko Ye. ....      | 125 | Kamal'tynov G.....   | 299 |
| Honcharenko K.....      | 361 | Isaev D.....         | 248 | .....                | 300 |
| Honcharov V. ....       | 668 | Ischuk V.....        | 104 | .....                | 302 |
| Honcharova M.....       | 296 | Ivahnenko T.....     | 360 | Kamchatny M.....     | 249 |
| Honcharova O.....       | 755 | Ivanchenko V.....    | 653 | Kamyshnikov V. ....  | 200 |
| Horbach N. ....         | 740 | Ivanchyshyn V.....   | 538 | Kandyrin M.....      | 305 |
| Horbenko V. ....        | 182 | Ivanilov V.....      | 311 | .....                | 562 |
| Hordiienko A.....       | 541 | Ivanov A. ....       | 336 | Kapashyn M. ....     | 123 |
| Hordiienko O.....       | 146 | Ivanov O. ....       | 404 | .....                | 494 |
| .....                   | 147 | .....                | 405 | Kapranov V.....      | 62  |
| Hrabovetskyi A.....     | 204 | Ivanov V. ....       | 674 | Kapustyansky D. .... | 467 |
| Hramak O. ....          | 288 | Ivanyuk V. ....      | 177 | Karateiev S.....     | 188 |
| Hresko R.....           | 139 | Ivashchuk B. ....    | 179 | Karavaev R.....      | 476 |

|                      |     |                       |     |                       |     |
|----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| Karlov D. ....       | 318 | Khizhnyak I. ....     | 286 | Klimashevskiy K. .... | 130 |
| .....                | 320 | .....                 | 294 | Klimashevskiy M. .... | 145 |
| .....                | 553 | .....                 | 602 | .....                 | 146 |
| .....                | 558 | Khizhnyuk O. ....     | 189 | Klimchenko V. ....    | 297 |
| .....                | 560 | .....                 | 190 | .....                 | 298 |
| Karlov K. ....       | 176 | .....                 | 191 | .....                 | 301 |
| Karlov V. ....       | 551 | Khlopiachy V. ....    | 204 | Klimishen O. ....     | 161 |
| .....                | 552 | Khmel E. ....         | 185 | .....                 | 182 |
| .....                | 553 | Khmelevska O. ....    | 360 | Kliushnikov I. ....   | 75  |
| .....                | 554 | Khmelevskiy S. ....   | 172 | .....                 | 76  |
| .....                | 555 | .....                 | 356 | Klivets S. ....       | 393 |
| .....                | 556 | .....                 | 360 | .....                 | 443 |
| .....                | 557 | .....                 | 381 | .....                 | 445 |
| Karmannyi Ye. ....   | 18  | Khoina S. ....        | 193 | Klymchenko S. ....    | 660 |
| .....                | 461 | Kholodniak M. ....    | 18  | Kmetiuk D. ....       | 712 |
| .....                | 534 | Khrapchynskiy V. .... | 46  | Koba A. ....          | 307 |
| .....                | 535 | Khudarkovskiy K. .... | 515 | Kobiakov S. ....      | 737 |
| Karpenko O. ....     | 560 | .....                 | 516 | Kobzev A. ....        | 513 |
| .....                | 566 | Khudaverdova A. ....  | 702 | Kobziev V. ....       | 267 |
| .....                | 574 | Khudokononko A. ....  | 162 | Kocherhina N. ....    | 673 |
| Kartovetskyi D. .... | 474 | Khudov H. ....        | 276 | Kochetkov M. ....     | 344 |
| Kasatkin M. ....     | 74  | .....                 | 278 | .....                 | 345 |
| Kashayev I. ....     | 462 | .....                 | 280 | Kochuk S. ....        | 177 |
| .....                | 464 | .....                 | 281 | .....                 | 178 |
| Kashchenko E. ....   | 347 | .....                 | 282 | .....                 | 209 |
| Kashchenko V. ....   | 319 | .....                 | 515 | Kokodii M. ....       | 561 |
| Kashkanov A. ....    | 459 | .....                 | 563 | Kolesnik E. ....      | 123 |
| Kashko V. ....       | 93  | .....                 | 601 | Kolesnik O. ....      | 58  |
| .....                | 106 | Khudov H. ....        | 602 | .....                 | 291 |
| Kasian V. ....       | 143 | Khulap S. ....        | 202 | .....                 | 302 |
| Katkov V. ....       | 570 | Khyzhniak A. ....     | 164 | Kolesnikov N. ....    | 138 |
| .....                | 573 | Kibitkin O. ....      | 203 | Kolesnyk M. ....      | 790 |
| Katsiia I. ....      | 790 | Kibitkin S. ....      | 170 | Kolmohorov O. ....    | 543 |
| Katunin A. ....      | 647 | .....                 | 173 | Kolmykov M. ....      | 70  |
| Kaviuk V. ....       | 459 | .....                 | 182 | Kolodyazhnyi O. ....  | 86  |
| .....                | 469 | Kiiko A. ....         | 560 | .....                 | 87  |
| Kazmirov I. ....     | 162 | .....                 | 565 | .....                 | 93  |
| .....                | 186 | .....                 | 566 | .....                 | 98  |
| Kedrovskiy Y. ....   | 194 | Kirash M. ....        | 640 | Kolokoltsev B. ....   | 130 |
| Kerest D. ....       | 125 | Kirichenko D. ....    | 260 | Kolomiets A. ....     | 248 |
| Khabosha S. ....     | 368 | .....                 | 335 | Kolomiets N. ....     | 520 |
| .....                | 622 | Kirichenko M. ....    | 424 | Kolomitsev O. ....    | 389 |
| .....                | 624 | Kiriienko I. ....     | 379 | .....                 | 391 |
| .....                | 626 | Kirilyuk R. ....      | 67  | .....                 | 392 |
| Kharatian E. ....    | 630 | Kisil O. ....         | 254 | .....                 | 393 |
| .....                | 736 | Kitov V. ....         | 437 | .....                 | 394 |
| Kheilyk V. ....      | 420 | Kivshar O. ....       | 346 | .....                 | 443 |
| Khitalenko D. ....   | 411 | Klevtsov S. ....      | 259 | .....                 | 445 |

|                      |     |                      |     |                       |     |
|----------------------|-----|----------------------|-----|-----------------------|-----|
| Kolomiitsev O. ....  | 647 | Koshovi V. ....      | 642 | Koziuberda M. ....    | 361 |
| Kolomiitsev O. ....  | 56  | Kostenko I. ....     | 327 | Kozlov D. ....        | 20  |
| .....                | 540 | Kostenko P. ....     | 319 | Kozlova O. ....       | 535 |
| .....                | 541 | .....                | 358 | .....                 | 600 |
| Kolomiitsev V. ....  | 389 | Kostenko V. ....     | 766 | .....                 | 602 |
| Kolosov V. ....      | 476 | Kostianets O. ....   | 279 | .....                 | 603 |
| Kolotukhina Y. ....  | 191 | Kostyria O. ....     | 287 | Kozyr A. ....         | 205 |
| Koltsova O. ....     | 186 | .....                | 290 | Kozyrev R. ....       | 228 |
| Komar S. ....        | 127 | Kostyuchenko Y. .... | 192 | Kramar O. ....        | 331 |
| Komarov E. ....      | 327 | Kotelevets A. ....   | 304 | .....                 | 344 |
| Komarov V. ....      | 389 | Kotlyar M. ....      | 74  | .....                 | 348 |
| Kombarov S. ....     | 245 | Kotsiuba V. ....     | 320 | Krasnokutskyi V. .... | 472 |
| .....                | 259 | .....                | 339 | Krasnopyorov P. ....  | 775 |
| Komin D. ....        | 332 | Koval A. ....        | 750 | Krasnorutskyi A. .... | 92  |
| Kompaniets O. ....   | 68  | Koval I. ....        | 233 | Krasnorutskyi A. .... | 169 |
| Kondra O. ....       | 737 | .....                | 238 | .....                 | 171 |
| Kondratiuk M. ....   | 232 | Koval O. ....        | 665 | .....                 | 174 |
| Kondratiuk V. ....   | 705 | .....                | 666 | Krasnoshapka I. ....  | 294 |
| Kononov V. ....      | 653 | Kovalchuk A. ....    | 549 | .....                 | 310 |
| Kononova N. ....     | 781 | .....                | 554 | Krasulin O. ....      | 289 |
| Kononova O. ....     | 676 | .....                | 559 | Kravchenko I. ....    | 493 |
| Konov D. ....        | 332 | Kovalchuk I. ....    | 778 | Kravchenko I. ....    | 705 |
| .....                | 335 | Kovalchuk V. ....    | 93  | Kravchuk A. ....      | 184 |
| Konovalenko B. ....  | 367 | Kovalchuk Ye. ....   | 655 | Kravchuk I. ....      | 85  |
| Konstantinov O. .... | 124 | Kovalenko D. ....    | 309 | .....                 | 462 |
| Koplik O. ....       | 20  | Kovalenko M. ....    | 124 | .....                 | 466 |
| Kopylov O. ....      | 551 | .....                | 379 | Kravchuk O. ....      | 462 |
| Korepanov V. ....    | 174 | .....                | 389 | .....                 | 466 |
| Kornienko L. ....    | 570 | .....                | 677 | .....                 | 552 |
| Korniienko A. ....   | 168 | Kovalenko O. ....    | 106 | .....                 | 553 |
| Korobetskyi O. ....  | 71  | Kovalevska V. ....   | 678 | Kravchuk V. ....      | 130 |
| .....                | 553 | Kovalevskyi S. ....  | 287 | Krepko A. ....        | 320 |
| .....                | 558 | Kovaliov D. ....     | 343 | .....                 | 362 |
| .....                | 560 | Kovtoniuk I. ....    | 118 | .....                 | 368 |
| Korobko S. ....      | 623 | .....                | 123 | Krepko E. ....        | 201 |
| .....                | 626 | Kovtun A. ....       | 203 | Kriuchkov D. ....     | 255 |
| Korobkov Y. ....     | 249 | Kovtunov A. ....     | 267 | .....                 | 257 |
| Korol R. ....        | 517 | .....                | 492 | .....                 | 258 |
| Korolyuk N. ....     | 356 | Kozachenko Y. ....   | 88  | Krotiuk V. ....       | 700 |
| .....                | 373 | Kozak V. ....        | 67  | .....                 | 701 |
| Korolova Y. ....     | 577 | .....                | 68  | Kruk B. ....          | 414 |
| Korostilenko V. .... | 188 | .....                | 82  | Kruk R. ....          | 200 |
| Korostylov G. ....   | 475 | .....                | 83  | Kruts O. ....         | 134 |
| .....                | 476 | Kozhushko M. ....    | 714 | .....                 | 135 |
| Korsunov S. ....     | 428 | Kozhushko Ya. ....   | 605 | .....                 | 136 |
| Korzhov A. ....      | 563 | Koziel V. ....       | 652 | Krykhtin Yu. ....     | 492 |
| .....                | 564 | Koziuberda K. ....   | 363 | .....                 | 660 |
| Kosenko V. ....      | 18  | .....                | 377 | Krykun V. ....        | 304 |

|                       |     |                     |     |                     |                   |     |
|-----------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-------------------|-----|
| Kryvchach S. ....     | 70  | Kulyk O. ....       | 329 | Lakhmaniuk V. ....  | 174               |     |
| Kryvchun V. ....      | 261 | Kulynko V. ....     | 179 | Lantukh V. ....     | 191               |     |
| Kryvka Ye. ....       | 641 | Kuravska N. ....    | 621 | Lapii S. ....       | 241               |     |
| Kryvonos V. ....      | 172 | .....               | 622 | .....               | 305               |     |
| .....                 | 204 | .....               | 623 | Lapshyn V. ....     | 646               |     |
| Kryzhanovskiy F. .... | 89  | .....               | 624 | Lapta I. ....       | 783               |     |
| Kubrak V. ....        | 322 | .....               | 625 | Laptevi I. ....     | 405               |     |
| .....                 | 337 | .....               | 627 | Larin V. ....       | 600               |     |
| Kucherenko Yu. ....   | 50  | .....               | 628 | Larvenchuk D. ....  | 126               |     |
| .....                 | 54  | .....               | 629 | Latonov O. ....     | 246               |     |
| .....                 | 55  | Kurenko V. ....     | 154 | Lavrenko V. ....    | 136               |     |
| .....                 | 56  | Kurman O. ....      | 171 | .....               | 137               |     |
| .....                 | 58  | Kurylko A. ....     | 432 | Lavrov O. ....      | 52                |     |
| Kucheriavyi O. ....   | 80  | Kushch P. ....      | 253 | .....               | 56                |     |
| .....                 | 103 | .....               | 254 | Lazareva A. ....    | 378               |     |
| Kucheruk L. ....      | 70  | .....               | 255 | Lekakh A. ....      | 463               |     |
| Kudriashov G. ....    | 253 | Kushneruk Y. ....   | 764 | Lemesheva N. ....   | 755               |     |
| Kudriavtsev A. ....   | 72  | Kushnieruk Yu. .... | 663 | Leonenko O. ....    | 461               |     |
| .....                 | 73  | Kushnir M. ....     | 190 | Leonov I. ....      | 279               |     |
| Kudryashov G. ....    | 249 | Kushpeta R. ....    | 706 | .....               | 557               |     |
| .....                 | 251 | Kutsenko V. ....    | 469 | Leontiev O. ....    | 119               |     |
| .....                 | 253 | .....               | 475 | .....               | 120               |     |
| .....                 | 276 | Kuzhel I. ....      | 517 | .....               | 122               |     |
| Kudryashova V. ....   | 169 | Kuznecov V. ....    | 165 | Leschyk O. ....     | 566               |     |
| Kudryavtsev A. ....   | 70  | .....               | 295 | Leshchenko R. ....  | 156               |     |
| .....                 | 620 | .....               | 538 | Leshchenko S. ....  | 58                |     |
| .....                 | 621 | .....               | 541 | .....               | 59                |     |
| .....                 | 628 | Kuznetsov Y. ....   | 194 | .....               | 60                |     |
| .....                 | 629 | Kuznietsov O. ....  | 552 | .....               | 291               |     |
| .....                 | 630 | .....               | 553 | .....               | 302               |     |
| .....                 | 631 | .....               | 555 | .....               | 302               |     |
| .....                 | 633 | .....               | 556 | .....               | 537               |     |
| Kudryavtseva N. ....  | 694 | Kvitkin K. ....     | 380 | Leshchenko Ya. .... | 201               |     |
| Kukhareno V. ....     | 182 | .....               | 538 | Letuchyi V. ....    | 623               |     |
| Kukobko S. ....       | 250 | .....               | 541 | Leushin S. ....     | 550               |     |
| Kulahin K. ....       | 380 | Kyianytsia V. ....  | 416 | .....               | 557               |     |
| Kulahin O. ....       | 604 | Kylynychuk B. ....  | 137 | Levchenko R. ....   | 171               |     |
| Kulieshov O. ....     | 393 | Kyravskiy M. ....   | 277 | Levchenko V. ....   | 284               |     |
| .....                 | 443 | Kyrpenko S. ....    | 769 | Lezik O. ....       | 419               |     |
| .....                 | 445 | Kyrpenko V. ....    | 709 | Liashchenko R. .... | 167               |     |
| Kulieshova T. ....    | 443 | Kyrychenko D. ....  | 367 | .....               | 168               |     |
| .....                 | 445 | .....               | 779 | Liashenko O. ....   | 277               |     |
| Kulikova G. ....      | 693 | Kyslyi V. ....      | 701 | .....               | 293               |     |
| Kulish H. ....        | 133 | <b>L</b>            |     |                     | Liebidiev V. .... | 335 |
| Kulyas S. ....        | 457 | Lahutin G. ....     | 619 | .....               | 336               |     |
| Kulyk M. ....         | 164 | .....               | 620 | Lieboshina N. ....  | 738               |     |
| Kulyk O. ....         | 322 | .....               | 621 | Liesnikova K. ....  | 388               |     |
| .....                 | 327 | .....               | 623 | Likhoy O. ....      | 102               |     |
|                       |     |                     |     | Limonchenko D. .... | 242               |     |

|                      |     |                       |     |                        |     |
|----------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| Linevych M. ....     | 202 | Lytvynenko M. ....    | 365 | Mazhara I.....         | 88  |
| Lishchenko V. ....   | 304 | Lytvynenko Y. ....    | 85  | .....                  | 89  |
| Lisohorskyi B. ....  | 304 | Lytvynova D. ....     | 670 | .....                  | 90  |
| .....                | 563 | <b>M</b>              |     | Medinets I. ....       | 545 |
| Lisovenko V. ....    | 266 | Maharramov R. ....    | 110 | .....                  | 706 |
| Litovchenko V. ....  | 165 | Makarenko V. ....     | 105 | Medved I. ....         | 416 |
| Litvinenko A. ....   | 178 | Makarov S. ....       | 334 | Medvid A. ....         | 205 |
| Liutov V. ....       | 368 | Makhovkyi A. ....     | 164 | Mehelbei V. ....       | 417 |
| Logachev S. ....     | 517 | Makogon R. ....       | 186 | Mehelbei H. ....       | 533 |
| Logachov S. ....     | 604 | Makovetskyi V. ....   | 471 | Melanchuk O. ....      | 204 |
| Logvinenko Y. ....   | 197 | Makoveychuk O. ....   | 602 | Melenti D. ....        | 235 |
| Lopatin A. ....      | 324 | Maksimov M. ....      | 364 | Meleshenko O. ....     | 244 |
| Lotoshnikova S. .... | 747 | Maksymkin Y. ....     | 286 | Melnik N. ....         | 89  |
| Luchen O. ....       | 326 | Maksymov M. ....      | 77  | Melnikov I. ....       | 322 |
| Luchyk S. ....       | 704 | Malankevych I. ....   | 342 | .....                  | 346 |
| Lukashenko T. ....   | 167 | .....                 | 343 | Melnikov O. ....       | 94  |
| Lukashuk O. ....     | 556 | Maliarenko O. ....    | 283 | .....                  | 340 |
| Lukianchuk V. ....   | 232 | .....                 | 285 | Melnyk I. ....         | 348 |
| .....                | 233 | Malik O. ....         | 204 | Merochkin O. ....      | 621 |
| .....                | 236 | Maliuha V. ....       | 236 | Meshkov A. ....        | 309 |
| .....                | 238 | .....                 | 282 | Miasoiedov Ya. ....    | 640 |
| .....                | 239 | Malyk R. ....         | 768 | Mihal K. ....          | 624 |
| .....                | 240 | Malyshchuk O. ....    | 296 | .....                  | 626 |
| .....                | 241 | .....                 | 301 | Mikhailov M. ....      | 363 |
| Lukianchukov A. .... | 286 | Malyshok K. ....      | 193 | .....                  | 377 |
| .....                | 304 | Mandzyuk O. ....      | 780 | Mikhailovsky R. ....   | 692 |
| Lukianenko V. ....   | 701 | Mangela A. ....       | 99  | Mikhalova L. ....      | 459 |
| Lukianiuk R. ....    | 277 | Manoilo S. ....       | 513 | Milko A. ....          | 286 |
| Lukiyanchuk S. ....  | 789 | Marchenko A. ....     | 143 | Milko K. ....          | 676 |
| Lukyanenko V. ....   | 699 | Marchenko B. ....     | 254 | Minko P. ....          | 643 |
| Lupandin V. ....     | 531 | Marchenko D. ....     | 143 | Mironenko V. ....      | 292 |
| .....                | 533 | Marchenko O. ....     | 72  | Miroshnichenko O. .... | 75  |
| .....                | 537 | .....                 | 73  | Miroshnychenko D. .... | 95  |
| Lutsenko A. ....     | 260 | Marchuk I. ....       | 765 | Misailov V. ....       | 538 |
| Lutsenko O. ....     | 347 | Markov A. ....        | 97  | Misailova K. ....      | 745 |
| Luzgar A. ....       | 336 | Markov O. ....        | 531 | Mishcheryakov Y. ....  | 307 |
| Lvov A. ....         | 389 | Martynenko P. ....    | 414 | Misiuk H. ....         | 239 |
| Lyashenko V. ....    | 165 | Martynenko S. ....    | 76  | Misyura O. ....        | 15  |
| .....                | 538 | Maslov V. ....        | 561 | .....                  | 379 |
| .....                | 541 | Matvieiev Y. ....     | 194 | Mogilatenko A. ....    | 699 |
| Lyaskovsky V. ....   | 706 | Matvienko O. ....     | 642 | Mohovik A. ....        | 166 |
| Lykhodeev O. ....    | 770 | Matvienko A. ....     | 190 | Mokrytskyi M. ....     | 83  |
| Lysechko V. ....     | 328 | Matyukh Y. ....       | 347 | Molchanov D. ....      | 250 |
| .....                | 329 | .....                 | 349 | .....                  | 260 |
| Lysenko E. ....      | 359 | Maydanichenko D. .... | 164 | Momon V. ....          | 87  |
| Lystopad V. ....     | 70  | .....                 | 196 | Momot M. ....          | 780 |
| Lytvynchuk D. ....   | 76  | Mazhara I. ....       | 85  | Momot P. ....          | 763 |
| Lytvynenko M. ....   | 365 | .....                 | 87  | Morgun E. ....         | 249 |

|                        |     |                       |     |                     |     |
|------------------------|-----|-----------------------|-----|---------------------|-----|
| Morhunova A. ....      | 709 | Nasirov R. ....       | 648 | Okunev E. ....      | 578 |
| .....                  | 667 | Naskalov D. ....      | 671 | Oleinikov A-M. .... | 82  |
| Moroz A. ....          | 247 | Natarova A. ....      | 561 | Oleksenko O. ....   | 303 |
| Morozyuk A. ....       | 163 | Naumenko A. ....      | 656 | .....               | 549 |
| Mosharenkova T. ....   | 655 | Nazarov V. ....       | 418 | .....               | 550 |
| .....                  | 657 | Nechytailo S. ....    | 243 | Oleksyn M. ....     | 246 |
| .....                  | 708 | Nehiiievych K. ....   | 348 | Oleynikov A-M. .... | 102 |
| Mosharenkov V. ....    | 655 | Neimyrook O. ....     | 712 | Oliynyk O. ....     | 137 |
| .....                  | 657 | Nekova P. ....        | 323 | Oliynyk V. ....     | 105 |
| Mosiienko V. ....      | 311 | Nemchyn A. ....       | 259 | .....               | 187 |
| Moskalets A. ....      | 619 | Nemov O. ....         | 99  | Oliynyk Yu. ....    | 21  |
| .....                  | 621 | Nemynushchyi S. ....  | 92  | .....               | 280 |
| Mosolov V. ....        | 261 | Nepokrytov D. ....    | 346 | Oliynyk I. ....     | 95  |
| Movchan P. ....        | 473 | Nerubatskyi V. ....   | 73  | .....               | 96  |
| Mudryk I. ....         | 207 | Nesmiian O. ....      | 364 | .....               | 102 |
| Mudryk V. ....         | 61  | Nesterenko A. ....    | 140 | .....               | 103 |
| Mukhina T. ....        | 567 | Neveskyi A. ....      | 114 | .....               | 104 |
| .....                  | 573 | Nevmerzhitsky I. .... | 306 | .....               | 105 |
| .....                  | 765 | Nevzorov R. ....      | 67  | Oliynyk O. ....     | 138 |
| Murzin M. ....         | 513 | Nesmyrna V. ....      | 719 | Olkhovikova A. .... | 665 |
| Musairova Yu. ....     | 620 | Neymirok O. ....      | 294 | Omelchuk I. ....    | 198 |
| .....                  | 627 | Nikiforov I. ....     | 693 | Onishchenko V. .... | 127 |
| .....                  | 629 | .....                 | 706 | .....               | 129 |
| .....                  | 630 | Nikolaev I. ....      | 239 | Onypchenko P. ....  | 79  |
| Musevych V. ....       | 90  | .....                 | 240 | Onyshchenko R. .... | 97  |
| Musienko O. ....       | 175 | Nikolaiets D. ....    | 191 | Onyshchuk O. ....   | 319 |
| .....                  | 460 | Nikolaychuk R. ....   | 181 | .....               | 331 |
| .....                  | 463 | Nikonorov F. ....     | 780 | Onyshchuk Y. ....   | 186 |
| Myhaliuk A. ....       | 144 | Nos A. ....           | 556 | Oparin D. ....      | 266 |
| Mykhailichenko D. .... | 81  | .....                 | 574 | Openko P. ....      | 146 |
| .....                  | 83  | Nos I. ....           | 165 | .....               | 147 |
| Mykhailovskiy D. ....  | 203 | Nosyk A. ....         | 54  | Orel V. ....        | 620 |
| Mykhailovsky D. ....   | 521 | Novichenko S. ....    | 237 | Orlenko V. ....     | 771 |
| Mykhailychenko D. .... | 95  | Novichkov O. ....     | 397 | Orlovskiy M. ....   | 765 |
| Mykhalevsiy D. ....    | 328 | Novichkov V. ....     | 389 | Osiievskiy S. ....  | 359 |
| Mykuliak Y. ....       | 96  | Novichonok S. ....    | 461 | .....               | 367 |
| Myronenko I. ....      | 646 | .....                 | 462 | Osovytskyi M. ....  | 78  |
| Myronenko R. ....      | 388 | .....                 | 464 | .....               | 81  |
| .....                  |     | .....                 | 465 | .....               | 83  |
| <b>N</b>               |     | Nykytiuk O. ....      | 340 | Ostapenko Y. ....   | 106 |
| Nadozhyn V. ....       | 419 |                       |     | Otreshko N. ....    | 126 |
| Naduvanyj R. ....      | 532 | <b>O</b>              |     | .....               | 129 |
| Nahirnyi O. ....       | 188 | Obiedkov S. ....      | 777 | .....               | 129 |
| Nahybin Ye. ....       | 641 | Oboronov M. ....      | 256 | Ovcharenko O. ....  | 250 |
| Nakonechnyi O. ....    | 416 | .....                 | 428 | .....               | 713 |
| Nalyvaiko T. ....      | 673 | Ocheredko V. ....     | 282 | Ovcharenko Y. ....  | 125 |
| Naraevskiy O. ....     | 130 | Ochkurenko O. ....    | 284 |                     |     |
| Nasibov Y. ....        | 23  | Ohievych V. ....      | 628 | <b>P</b>            |     |
| .....                  | 398 | .....                 | 629 | Palahuta V. ....    | 234 |
|                        |     |                       |     | Panchenko A. ....   | 627 |



|                      |     |                      |     |                        |     |
|----------------------|-----|----------------------|-----|------------------------|-----|
| Panchenko A.....     | 629 | Plaksyi O.....       | 727 | Povzyk D.....          | 366 |
| Panko M. ....        | 255 | Pleshkunov S. ....   | 138 | Pozdniak V.....        | 300 |
| Paperova D. ....     | 203 | Poberezhnyi L. ....  | 303 | Pozdnjak V. ....       | 329 |
| Parkhomenko D. ....  | 396 | Pochtarova Y. ....   | 786 | .....                  | 334 |
| Parkhomenko M. ....  | 374 | Podhornyi M. ....    | 382 | .....                  | 336 |
| .....                | 376 | Podorozhniak A. .... | 680 | Prendetskyi O. ....    | 783 |
| .....                | 377 | Podrigalo M. ....    | 469 | Prisyazhny V. ....     | 569 |
| Pasichnik V.....     | 296 | .....                | 474 | Prodeus K. ....        | 86  |
| Pasichnyk V.....     | 713 | Pogodina M.....      | 738 | Prokhorenko S.....     | 411 |
| Pastushchuk D. ....  | 120 | Pohodina M.....      | 242 | Prokofiev V. ....      | 21  |
| Pavlichenko O. ....  | 329 | Pohorelov V. ....    | 140 | Prokopenko D. ....     | 290 |
| Pavlii L. ....       | 392 | Pohorilyi O. ....    | 447 | Prokopenko L. ....     | 284 |
| .....                | 518 | Polaykov D. ....     | 138 | .....                  | 288 |
| Pavlii V.....        | 325 | Polikanov O. ....    | 94  | .....                  | 293 |
| .....                | 392 | Polishchuk V.....    | 194 | Prosyanyk V. ....      | 18  |
| Pavliuk S. ....      | 671 | Polshyna L. ....     | 59  | .....                  | 460 |
| Pchelnikov S.....    | 93  | Poltavets A.....     | 709 | Prudenko A. ....       | 470 |
| Pedko A. ....        | 71  | Pomazuyev V.....     | 106 | Pryimak A. ....        | 763 |
| .....                | 94  | Pomerantsev A. ....  | 156 | .....                  | 783 |
| Pekh O. ....         | 776 | Pomogaibo V. ....    | 498 | Prysyazhny A. ....     | 569 |
| Pelekhatyi A. ....   | 622 | Pomohaiev I. ....    | 249 | Prysyazhnyi A. ....    | 554 |
| Penay C. ....        | 96  | .....                | 250 | .....                  | 557 |
| Perelot V. ....      | 72  | Ponomar A. ....      | 562 | Prysyazhnyuk V. ....   | 540 |
| Perepelytsia O. .... | 60  | Ponomarenko A. ....  | 302 | Pshenychnykov D.....   | 94  |
| Pershin A. ....      | 388 | Ponomarov A. ....    | 241 | Puchkov E. ....        | 356 |
| Pershin O. ....      | 388 | Ponomarova T. ....   | 672 | Pushylin O. ....       | 84  |
| Pershyna E. ....     | 50  | Popadyuk K. ....     | 171 | Pustovarov V.....      | 391 |
| Peshkov V. ....      | 187 | Poplavets S. ....    | 543 | Pustovit N.....        | 733 |
| Petrenko O. ....     | 245 | .....                | 544 | Pustovit V.....        | 628 |
| Petrov V.....        | 72  | Popov V. ....        | 181 | Puzhai-Chereda S. .... | 71  |
| .....                | 73  | .....                | 233 | Pylypenko D.....       | 649 |
| .....                | 73  | .....                | 238 | Pylypenko V.....       | 303 |
| Petrova L. ....      | 704 | Popov M. ....        | 236 | Pylypovych O. ....     | 293 |
| Petrushenko I. ....  | 552 | .....                | 535 | Pyvovar I. ....        | 340 |
| .....                | 564 | .....                | 541 |                        |     |
| .....                | 568 | .....                | 542 | <b>R</b>               |     |
| Petrushenko M.....   | 556 | .....                | 542 | Radzievsky V. ....     | 397 |
| Petrychenko M. ....  | 128 | Popova N. ....       | 236 | Rafalskyi Y. ....      | 284 |
| Petukhov V. ....     | 514 | .....                | 342 | .....                  | 285 |
| .....                | 517 | Popova V. ....       | 349 | .....                  | 662 |
| Pichugin I. ....     | 465 | Porokhonchuk O. .... | 236 | Raikov R. ....         | 308 |
| Piechkin A. ....     | 266 | .....                | 535 | .....                  | 311 |
| Pidlisnyi O. ....    | 343 | .....                | 538 | Rakhimova C.....       | 103 |
| Piruk A. ....        | 770 | .....                | 540 | Rakovskiy O.....       | 284 |
| Piskun S. ....       | 349 | .....                | 542 | Rakytianskyi S. ....   | 727 |
| Piskunov S.....      | 411 | Poromov K.....       | 188 | Ralko V. ....          | 76  |
| .....                | 412 | Potapov Z.....       | 193 | Ramshov D.....         | 266 |
| Plaksiuk A. ....     | 623 | Potiahach T. ....    | 490 | Ratnakar Y. ....       | 783 |
| .....                | 624 | .....                | 513 | Ratykh O. ....         | 331 |

|                     |     |                      |     |                      |     |
|---------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| Ratysh O. ....      | 344 | Rudenko A. ....      | 705 | Savytska A. ....     | 746 |
| .....               | 345 | Rustamov A. ....     | 107 | Savytska V. ....     | 751 |
| Razuvalov Y. ....   | 187 | .....                | 111 | Sedletskiy V. ....   | 306 |
| Rebrii I. ....      | 732 | Ryapolov E. ....     | 251 | Seleznev S. ....     | 771 |
| Reiser V. ....      | 196 | Rybachuk O. ....     | 600 | Seleznev S. ....     | 51  |
| Rekalo O. ....      | 124 | Rybalka G. ....      | 297 | Semeniuk A. ....     | 193 |
| Reshetnik V. ....   | 783 | .....                | 303 | Semenov M. ....      | 169 |
| Reshetnyak K. ....  | 343 | Rybalka V. ....      | 183 | Semenyuk R. ....     | 140 |
| Revin O. ....       | 516 | Rykun V. ....        | 640 | .....                | 141 |
| .....               | 678 | .....                | 641 | .....                | 142 |
| Reznichenko A. .... | 243 | .....                | 766 | .....                | 144 |
| Reznichenko O. .... | 234 | Rykun V. ....        | 767 | Semerenco Y. ....    | 777 |
| Reznikov S. ....    | 127 | Ryzhkov O. ....      | 295 | .....                | 778 |
| .....               | 128 |                      |     | .....                | 779 |
| Reznychenko O. .... | 643 | <b>S</b>             |     | .....                | 782 |
| .....               | 260 | Sadovyi K. ....      | 310 | Serdyuk O. ....      | 282 |
| Rezunenکو A. ....   | 492 | Safarova G. ....     | 518 | Sereda V. ....       | 198 |
| .....               | 495 | .....                | 541 | Serediuk A. ....     | 76  |
| Riabkov V. ....     | 328 | Saidov A. ....       | 136 | Servatynskiy M. .... | 396 |
| Rodionov O. ....    | 68  | Saidova O. ....      | 323 | Servetnik I. ....    | 140 |
| Rodiuk O. ....      | 103 | Sakovych L. ....     | 682 | Servetnyk M. ....    | 417 |
| Rodiukov A. ....    | 465 | Salimonovych B. .... | 627 | Shadrin M. ....      | 181 |
| Rohoza O. ....      | 674 | Salna N. ....        | 303 | Shakhrai V. ....     | 144 |
| Rohozin I. ....     | 457 | Salnyk O. ....       | 282 | Shapovalov D. ....   | 103 |
| .....               | 465 | .....                | 358 | Shapovalov O. ....   | 245 |
| .....               | 469 | .....                | 620 | Shapovalova T. ....  | 347 |
| .....               | 469 | .....                | 631 | Sharapa I. ....      | 545 |
| Rohulia O. ....     | 234 | Saltovsky D. ....    | 461 | Shchegolkov O. ....  | 579 |
| Romanenko A. ....   | 620 | .....                | 462 | Shcherba D. ....     | 191 |
| Romanenko I. ....   | 308 | .....                | 466 | Shcherbak O. ....    | 337 |
| .....               | 309 | Samarskyi D. ....    | 288 | .....                | 338 |
| Romaniuk M. ....    | 242 | Samoilenko D. ....   | 192 | Shcherbak V. ....    | 701 |
| Romaniuk A. ....    | 46  | Samokish A. ....     | 362 | .....                | 712 |
| Romanov S. ....     | 306 | .....                | 364 | Shcherbinin S. ....  | 332 |
| Roshchupkin E. .... | 254 | Samoylov K. ....     | 373 | .....                | 333 |
| .....               | 257 | Samsonov V. ....     | 57  | Shcherbyna A. ....   | 769 |
| Rubalka G. ....     | 494 | Samus I. ....        | 186 | Shchukin D. ....     | 193 |
| Ruban V. ....       | 325 | Sapelnikov O. ....   | 74  | Shelest S. ....      | 291 |
| Rublov V. ....      | 693 | Sapelnikov O. ....   | 655 | Shelest O. ....      | 669 |
| Rublova R. ....     | 693 | Sarantsev V. ....    | 518 | Sheliakin O. ....    | 161 |
| Rublyov V. ....     | 126 | Savchenko G. ....    | 288 | Sheludko H. ....     | 732 |
| .....               | 129 | Savchenko O. ....    | 732 | Sheludko M. ....     | 130 |
| Ruchka O. ....      | 642 | Savchenko V. ....    | 118 | .....                | 131 |
| .....               | 643 | Savchuk A. ....      | 469 | Shepel O. ....       | 161 |
| .....               | 768 | Savchuk O. ....      | 704 | Sheremet M. ....     | 119 |
| .....               | 768 | .....                | 713 | .....                | 120 |
| Rud R. ....         | 104 | Savchuk Ya. ....     | 757 | Shetelia Y. ....     | 432 |
| Rudakov I. ....     | 391 | Saveliev A. ....     | 261 | Shevchenko A. ....   | 345 |
| .....               | 393 | Savoteev A. ....     | 180 |                      |     |

|                     |     |                     |     |                     |     |
|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|
| Shevchenko A.....   | 418 | Shymko A.....       | 259 | Slanchenko Yu. .... | 179 |
| Shevchenko O.....   | 46  | Shymuk D.....       | 646 | Slobodyanuk V.....  | 319 |
| .....               | 58  | .....               | 648 | .....               | 358 |
| .....               | 59  | .....               | 649 | Slusarev M. ....    | 205 |
| .....               | 122 | .....               | 769 | Sluzhenko V.....    | 539 |
| .....               | 329 | .....               | 770 | Slyusarenko B. .... | 139 |
| .....               | 711 | Shynkarenko O. .... | 447 | Smetana Y.....      | 286 |
| Shevchenko Y.....   | 278 | Shyshyna I. ....    | 285 | .....               | 305 |
| Shevchuk A. ....    | 306 | Shyt O.....         | 598 | Smik R. ....        | 74  |
| Shevchuk O. ....    | 167 | Siadrysty S.....    | 659 | Smyk R.....         | 137 |
| Sheviakov Y. ....   | 764 | Sidchenko S. ....   | 58  | Smyk S.....         | 73  |
| .....               | 781 | .....               | 59  | Snezhko D.....      | 139 |
| Shevtsov V. ....    | 472 | .....               | 60  | .....               | 140 |
| .....               | 404 | .....               | 515 | .....               | 141 |
| Sheygas O.....      | 90  | .....               | 516 | .....               | 144 |
| .....               | 91  | Sidorenko I. ....   | 192 | Snisarenko A. ....  | 490 |
| .....               | 99  | Sidorov V.....      | 301 | .....               | 494 |
| Shilo S. ....       | 382 | Sievierinov O. .... | 341 | Snitsarenko V.....  | 47  |
| Shirokiy A. ....    | 104 | .....               | 782 | .....               | 358 |
| Shmakov V.....      | 92  | Sigaylo G.....      | 773 | Snizhko D.....      | 143 |
| .....               | 93  | Silaev V.....       | 119 | Snovydyvych R. .... | 260 |
| Shmatkov Yu.....    | 624 | Sillanov A.....     | 554 | Sobole M.....       | 254 |
| Shmeretskiy R. .... | 88  | Simonov S.....      | 46  | Sobolieva S. ....   | 707 |
| Shmyglenko O.....   | 397 | .....               | 55  | Sokol O. ....       | 461 |
| Shostak A. ....     | 209 | Sinchuk A. ....     | 47  | .....               | 462 |
| Shtepa D. ....      | 140 | .....               | 48  | .....               | 466 |
| Shubin E. ....      | 55  | Sinenko D. ....     | 71  | Sokolova D.....     | 169 |
| .....               | 58  | .....               | 80  | Sokova T. ....      | 437 |
| Shubina G.....      | 328 | Siniaiev A. ....    | 141 | Solnyshkova S.....  | 572 |
| Shulezhko V. ....   | 244 | Sirenko A.....      | 304 | Solomaha O.....     | 89  |
| .....               | 247 | Sitkov O.....       | 101 | .....               | 90  |
| .....               | 256 | .....               | 88  | .....               | 96  |
| Shulha A.....       | 747 | Sitkov O.....       | 89  | Solomonenko Y.....  | 290 |
| Shulga D.....       | 342 | Sivik O.....        | 123 | Solonets O.....     | 380 |
| Shulha O.....       | 77  | Sivook E. ....      | 143 | .....               | 604 |
| .....               | 364 | Siyanko O. ....     | 711 | Soloviova O.....    | 777 |
| Shulha V.....       | 332 | Sizon D. ....       | 15  | .....               | 779 |
| Shumylo D.....      | 259 | .....               | 49  | Sopivnyk I.....     | 145 |
| Shuryhin O. ....    | 664 | Skavronov O.....    | 311 | .....               | 146 |
| Shutenko I. ....    | 739 | Skopintsev O.....   | 244 | Sopivnyk V. ....    | 122 |
| Shutko K.....       | 300 | .....               | 256 | Sorochkin M.....    | 195 |
| .....               | 302 | Skorbach Y. ....    | 676 | Sorochkin O. ....   | 195 |
| Shutov R. ....      | 625 | Skorenkiy P.....    | 118 | Soroka D. ....      | 308 |
| Shutska L.....      | 765 | Skoryi Y.....       | 168 | Sorozhkin A. ....   | 356 |
| Shvets S.....       | 397 | .....               | 562 | Soshka R. ....      | 768 |
| Shvydky A.....      | 254 | Skoryk A.....       | 252 | Sosulin M. ....     | 164 |
| Shygun D.....       | 162 | Skrypach S.....     | 468 | .....               | 175 |
| Shylo S. ....       | 375 | Slabyk R. ....      | 131 | .....               | 196 |

|                       |     |                     |     |                       |     |
|-----------------------|-----|---------------------|-----|-----------------------|-----|
| Sotnikov O.....       | 531 | Strutsinsky O. .... | 554 | Tarshyn V.....        | 68  |
| .....                 | 533 | .....               | 555 | .....                 | 277 |
| .....                 | 534 | .....               | 557 | .....                 | 357 |
| .....                 | 535 | Sukhanov I. ....    | 776 | Teliukov R.....       | 307 |
| .....                 | 536 | Sukhanov M.....     | 776 | Telyatnik B.....      | 86  |
| .....                 | 537 | Sukhanov O. ....    | 180 | .....                 | 89  |
| Spirin D. ....        | 447 | Sukharevsky O. .... | 243 | .....                 | 90  |
| Spirkin E.....        | 121 | Sukhoteplyi V. .... | 341 | .....                 | 96  |
| .....                 | 122 | .....               | 347 | .....                 | 101 |
| Stadnichenko V. ....  | 420 | .....               | 349 | Telyukov S. ....      | 21  |
| Stadnik V.....        | 320 | Suniuk M. ....      | 205 | .....                 | 710 |
| .....                 | 362 | Surgay M. ....      | 246 | Terebukha I. ....     | 239 |
| Stadnyk V.....        | 368 | Sushko A.....       | 95  | Terentieva I. ....    | 464 |
| Staroseltsev D.....   | 294 | .....               | 105 | .....                 | 465 |
| Starovoyt V.....      | 292 | Sviatchenko V.....  | 784 | Tereshchenko A. ....  | 136 |
| Startsev D. ....      | 412 | Sviridenko M. ....  | 474 | .....                 | 137 |
| Startsev M. ....      | 144 | .....               | 459 | Tereshchenko O. ....  | 127 |
| Startsev V. ....      | 443 | Svistelnik K. ....  | 184 | .....                 | 129 |
| .....                 | 445 | Svitla S.....       | 185 | Tereshchenkov T. .... | 677 |
| .....                 | 459 | Svitly E. ....      | 185 | Tishkin V. ....       | 492 |
| .....                 | 460 | .....               | 192 | .....                 | 495 |
| .....                 | 461 | Svyd I.....         | 330 | Titova A. ....        | 18  |
| Starushko A. ....     | 473 | .....               | 331 | .....                 | 460 |
| Stasev Y.....         | 361 | Svystunov D.....    | 61  | .....                 | 463 |
| .....                 | 363 | Sydorenko D.....    | 416 | Tiutiunnyk O. ....    | 335 |
| .....                 | 377 | Sydorenko R. ....   | 531 | Tiutiunnyk V. ....    | 266 |
| Stasev Yu.....        | 361 | .....               | 532 | .....                 | 297 |
| Stashchak O. ....     | 201 | .....               | 534 | .....                 | 298 |
| Statkus A. ....       | 579 | Synhaivskiyi A..... | 296 | .....                 | 299 |
| Stepanenko N. ....    | 175 | Sypalo M.....       | 173 | .....                 | 300 |
| Stepanenko V. ....    | 472 | Syrgai I. ....      | 125 | Tkachenko V.....      | 493 |
| .....                 | 473 |                     |     | Tkachuk O.....        | 244 |
| .....                 | 565 | <b>T</b>            |     | Tkachuk S. ....       | 71  |
| .....                 | 566 | Tabunenko V. ....   | 620 | Tkalych A.....        | 292 |
| Stepanko O. ....      | 95  | .....               | 628 | Tkachyk V.....        | 240 |
| .....                 | 98  | .....               | 631 | Todorov O. ....       | 625 |
| .....                 | 99  | Tahyan K. ....      | 281 | .....                 | 627 |
| .....                 | 101 | .....               | 297 | .....                 | 628 |
| Sternat D.....        | 258 | .....               | 298 | .....                 | 631 |
| Stoianovskiyi D. .... | 466 | .....               | 299 | Todorova K. ....      | 751 |
| Stoliar O. ....       | 325 | .....               | 300 | Tokar O. ....         | 420 |
| Storozhenko K.....    | 292 | Talibov A.....      | 25  | Tokarev V. ....       | 703 |
| Stovba R. ....        | 307 | .....               | 596 | Tokariev S. ....      | 641 |
| Stoyan M. ....        | 568 | .....               | 632 | Tolkachenko Y.....    | 396 |
| Stoyanovsky D. ....   | 462 | Tananin E.....      | 102 | Torba O. ....         | 296 |
| Stoychev D. ....      | 622 | Tantsiura O. ....   | 532 | Torchylov O. ....     | 90  |
| Stoyko D.....         | 175 | Taran D.....        | 362 | .....                 | 91  |
| Strigun V. ....       | 293 | Taran I.....        | 600 | .....                 | 99  |
|                       |     | .....               | 604 |                       |     |

|                    |     |                     |     |                     |     |
|--------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|
| Tretiak D. ....    | 779 | Udodova O. ....     | 754 | Vershynhora A. .... | 177 |
| Tretiak V. ....    | 237 | Ukrainets E. ....   | 121 | Vetrov R. ....      | 206 |
| .....              | 778 | .....               | 122 | Viedienieva R. .... | 75  |
| Trifonenko K. .... | 19  | Ursol O. ....       | 125 | .....               | 78  |
| Trofimenko Y. .... | 266 | Ushan V. ....       | 71  | Vishar O. ....      | 258 |
| Trofimova Y. ....  | 339 | .....               | 80  | Viter A. ....       | 189 |
| Trofymov I. ....   | 285 | Usyk V. ....        | 579 | Vitruk D. ....      | 308 |
| .....              | 286 | Uvarov V. ....      | 621 | Voinov V. ....      | 424 |
| Trofymova M. ....  | 753 | .....               | 623 | Voitenko S. ....    | 657 |
| Trojan K. ....     | 330 | .....               | 624 | .....               | 658 |
| .....              | 331 | .....               | 625 | .....               | 659 |
| Trushyn S. ....    | 259 | .....               | 626 | Volkov A. ....      | 420 |
| Tryfonenko K. .... | 50  | .....               | 628 | Volkov Yu. ....     | 171 |
| Tryhub Y. ....     | 122 | <b>V</b>            |     | Volodin M. ....     | 50  |
| Trystan A. ....    | 57  | Vakhniuk S. ....    | 470 | Volokhov Y. ....    | 191 |
| Tsemma O. ....     | 182 | .....               | 471 | Voluyvach S. ....   | 241 |
| .....              | 206 | .....               | 474 | Vorobel M. ....     | 336 |
| Tsiupka P. ....    | 58  | Vakuliuk M. ....    | 145 | Vorobey A. ....     | 96  |
| .....              | 59  | Vasilenko V. ....   | 294 | Vorobiov B. ....    | 668 |
| .....              | 60  | Vasilets V. ....    | 243 | Vorobiov O. ....    | 602 |
| Tsuprikov R. ....  | 306 | Vasiliadi M. ....   | 161 | .....               | 603 |
| Tsuria E. ....     | 397 | Vasiuta K. ....     | 17  | .....               | 625 |
| Tsvitun A. ....    | 136 | .....               | 277 | .....               | 629 |
| Tulenko M. ....    | 319 | .....               | 358 | .....               | 631 |
| .....              | 330 | .....               | 532 | Vorobiov Y. ....    | 336 |
| .....              | 331 | .....               | 358 | .....               | 366 |
| .....              | 345 | Vasylchenko D. .... | 195 | Vorobyov E. ....    | 62  |
| Tupitsya I. ....   | 172 | Vasylenko E. ....   | 201 | .....               | 335 |
| .....              | 175 | Vasylenko R. ....   | 177 | Voronin A. ....     | 194 |
| .....              | 179 | .....               | 207 | .....               | 404 |
| .....              | 200 | Vasylenko V. ....   | 21  | .....               | 405 |
| Tupitsya O. ....   | 200 | Vasyliev B. ....    | 236 | Voronin V. ....     | 237 |
| Turinskyi Y. ....  | 358 | .....               | 267 | Voronov D. ....     | 322 |
| Turkovskiy O. .... | 46  | Vasylyshyn V. ....  | 323 | Vorotintsev V. .... | 346 |
| Tutunnyk O. ....   | 345 | .....               | 324 | Vovchuk S. ....     | 758 |
| Tymchuk H. ....    | 166 | .....               | 325 | Vovk O. ....        | 78  |
| Tymofieiev S. .... | 418 | .....               | 326 | .....               | 80  |
| Tymoshenko O. .... | 97  | Vdovonkov I. ....   | 779 | .....               | 104 |
| Tymoshenko P. .... | 125 | Vdovonkov V. ....   | 576 | Voytenko K. ....    | 241 |
| Tymoshenko S. .... | 193 | .....               | 772 | Voznyi O. ....      | 19  |
| Tytarenko A. ....  | 179 | Vdovychenko M. .... | 376 | .....               | 54  |
| Tytarenko R. ....  | 248 | Vdovyonkov V. ....  | 551 | .....               | 55  |
| .....              | 255 | Vedmid O. ....      | 380 | Vursta K. ....      | 255 |
| Tyurina V. ....    | 535 | Velychko V. ....    | 748 | Vursta Yu. ....     | 254 |
| .....              | 536 | Veprytskyi O. ....  | 702 | Vyhivskiy O. ....   | 253 |
| .....              | 537 | Verbitsky A. ....   | 471 | .....               | 255 |
| <b>U</b>           |     | Verhasov A. ....    | 164 | Vykydanets V. ....  | 250 |
| Udnikov O. ....    | 660 | Veriutin V. ....    | 187 |                     |     |

|                            |     |                      |     |                     |     |
|----------------------------|-----|----------------------|-----|---------------------|-----|
| Vysotsky O. ....           | 306 | Zakharchenko V. .... | 279 | Zilnyk M. ....      | 375 |
| .....                      | 307 | .....                | 343 | Zilnyk S. ....      | 375 |
| Vysotskyi I. ....          | 396 | Zakharchuk O. ....   | 567 | Zinchenko A. ....   | 693 |
| Vysotskyi O. ....          | 334 | Zakharov V. ....     | 188 | .....               | 706 |
| .....                      | 336 | Zakirov S. ....      | 538 | Zlyvka H. ....      | 210 |
| <b>Y</b>                   |     | Zakirov Z. ....      | 56  | .....               | 711 |
| Yachenok V. ....           | 174 | .....                | 779 | Zolocheskyi V. .... | 711 |
| Yahodka N. ....            | 666 | Zakutin K. ....      | 248 | Zorkin R. ....      | 727 |
| Yakovets O. ....           | 620 | Zalevsky G. ....     | 279 | Zots F. ....        | 277 |
| Yakym M. ....              | 304 | .....                | 288 | .....               | 289 |
| Yandola K. ....            | 699 | .....                | 294 | .....               | 290 |
| Yankovyi O. ....           | 534 | Zalkin S. ....       | 515 | Zozulia V. ....     | 165 |
| Yaremko T. ....            | 86  | .....                | 516 | Zubareva A. ....    | 201 |
| Yarosh S. ....             | 69  | Zapara D. ....       | 17  | Zvyagintsev D. .... | 134 |
| .....                      | 232 | Zapeka V. ....       | 655 | Zvyhlianych S. .... | 495 |
| .....                      | 234 | .....                | 661 | Zyuma V. ....       | 163 |
| .....                      | 235 | .....                | 662 | <b>A</b>            |     |
| Yaroyvi M. ....            | 709 | Zarichniak E. ....   | 627 | Абрамов Д.В. ....   | 488 |
| Yaroyvi S. ....            | 292 | .....                | 628 | Аврамчук О.С. ....  | 717 |
| Yashchenok V. ....         | 118 | .....                | 629 | Акимов О.О. ....    | 406 |
| Yatsenko K. ....           | 464 | .....                | 630 | Алексеева О.А. .... | 155 |
| Yatsiv D. ....             | 381 | Zarubin D. ....      | 711 | .....               | 722 |
| Yatymov D. ....            | 437 | Zasjadko A. ....     | 295 | Ангельська В.Ю. ... | 229 |
| Yavtushenko V. ....        | 20  | Zastyoba O. ....     | 183 | .....               | 715 |
| .....                      | 710 | Zayika R. ....       | 247 | Андреев І.М. ....   | 592 |
| Yelin V. ....              | 498 | Zbezhkowska U. ....  | 319 | Андрієнко А.М. .... | 482 |
| Yerastova-Mykhalus I. .... | 743 | .....                | 532 | Андрієнко М.О. .... | 400 |
| .....                      | 774 | Zelenska O. ....     | 745 | Андрієнко О.В. .... | 400 |
| Yerilkini A. ....          | 70  | Zenova Y. ....       | 373 | .....               | 477 |
| Yeroshenko V. ....         | 92  | Zenovych O. ....     | 176 | .....               | 681 |
| Yudin S. ....              | 598 | Zhadanov E. ....     | 130 | Андрощук О.Й. ....  | 154 |
| Yufa E. ....               | 310 | Zhikhariev O. ....   | 343 | Андрухов С.М. ....  | 219 |
| Yukhno V. ....             | 465 | Zhilin Y. ....       | 517 | Андрущак В.М. ....  | 644 |
| Yula O. ....               | 397 | Zhuikov D. ....      | 280 | Антонюк А.В. ....   | 352 |
| Yurchenko V. ....          | 156 | Zhuk I. ....         | 750 | Аювджи А.В. ....    | 637 |
| Yurkovska O. ....          | 193 | Zhuk V. ....         | 185 | <b>B</b>            |     |
| Yurkovskiy I. ....         | 121 | .....                | 186 | Бабіч А.Г. ....     | 372 |
| Yushchenko A. ....         | 98  | Zhukov D. ....       | 49  | .....               | 374 |
| <b>Z</b>                   |     | Zhuravlova N. ....   | 750 | .....               | 386 |
| Zaderei K. ....            | 276 | Zhuykov D. ....      | 290 | Багач Р.В. ....     | 634 |
| Zaderienko S. ....         | 210 | Zhuykov V. ....      | 498 | .....               | 637 |
| Zadorozhna A. ....         | 495 | Zhydko Y. ....       | 771 | .....               | 638 |
| .....                      | 519 | .....                | 772 | Базіло С.М. ....    | 484 |
| Zagursky S. ....           | 129 | .....                | 776 | Байцур М.В. ....    | 486 |
| Zahoruiko I. ....          | 432 | Zhylin Ye. ....      | 514 | Балабуха О.С. ....  | 425 |
| Zaitsev D. ....            | 434 | .....                | 515 | Балагура М.В. ....  | 39  |
| Zakharchenko I. ....       | 337 | .....                | 604 | Балим Д.Ф. ....     | 633 |
| .....                      | 378 |                      |     | Балковий А.В. ....  | 501 |

|                        |     |                      |     |                        |     |
|------------------------|-----|----------------------|-----|------------------------|-----|
| Барабаш О.В.....       | 316 | Бондаренко С.В. .... | 148 | Володько С.П.....      | 427 |
| .....                  | 484 | .....                | 149 | Воробійов О.М.....     | 762 |
| Баркатов І.В.....      | 34  | Бондаренко Ю.Л. ...  | 608 | Ворошилов К.А. ....    | 422 |
| .....                  | 726 | Борисенко М.В. ....  | 34  | Воскобійник В.А. ..    | 450 |
| Баталов М.А. ....      | 312 | Борозняк С.С. ....   | 697 | <b>Г</b>               |     |
| Башкиров О.М. ....     | 481 | Борохвостов І.В..... | 448 | Гаврутенко О.А. ....   | 599 |
| Бедрій Н.А.....        | 511 | Борщ В.В.....        | 30  | Гаврутенко О.А. ....   | 607 |
| .....                  | 718 | Бояров В.Т. ....     | 152 | Галкін Ю.О. ....       | 412 |
| Безверхий С.А. ....    | 617 | .....                | 217 | Галкін .....           | 429 |
| Белей В.В.....         | 422 | Бритов Д.М. ....     | 354 | Галузінський А.Г. .... | 435 |
| Бережний А.О. ....     | 7   | Брянкін С.С. ....    | 761 | Гамалій Н.В. ....      | 524 |
| .....                  | 231 | Бубенщиков Р.В. .... | 148 | Ганієва І. О.....      | 610 |
| Беспалко І.А. ....     | 605 | Бугайов М.В. ....    | 442 | Гелуненко М. О. ....   | 371 |
| .....                  | 606 | Будзінська О.О. .... | 25  | Герасименко В.В. ...   | 211 |
| Беспалько О.В. ....    | 208 | Бужужу Ааз-Еддін .   | 643 | Герасимов О.О. ....    | 375 |
| .....                  | 225 | Букін О.В. ....      | 585 | Герашенко М.О. ....    | 509 |
| Беляк С.П.....         | 369 | Буліч І.О.....       | 153 | Германенко Л.М. ....   | 274 |
| Биков В.М. ....        | 509 | Бурцева В.В. ....    | 684 | Гладич Р.І.....        | 25  |
| Білобородов О.О. ....  | 271 | Буряк О.О. ....      | 708 | Гладіщук О.В.....      | 614 |
| .....                  | 315 | <b>В</b>             |     | Гламаздін В.В. ....    | 582 |
| .....                  | 452 | Варава В.В. ....     | 526 | Глоба О.В. ....        | 268 |
| .....                  | 528 | Варакута В.П. ....   | 34  | Гнатів А.В. ....       | 633 |
| Білобородова Л.В. .... | 548 | Василенко В.В. ....  | 740 | .....                  | 635 |
| Білоус І.І. ....       | 615 | Василенко О.А. ....  | 116 | .....                  | 636 |
| Білоус К.М.....        | 512 | Василець Д.О.....    | 274 | Голова М.А. ....       | 312 |
| .....                  | 718 | Васильєв В.А. ....   | 439 | Головко М.І.....       | 589 |
| Білоус О.В. ....       | 401 | Васюта К.С. ....     | 231 | Головко О.С. ....      | 695 |
| Більченко М.А. ....    | 422 | Вервейко О.І. ....   | 30  | Головчанський Д.А.     | 644 |
| .....                  | 431 | Веровок М.В. ....    | 314 | Голота А.А. ....       | 729 |
| Блискун О.Є. ....      | 211 | Верховодов І.А.....  | 635 | Голіяннич Б.В. ....    | 525 |
| Бобровницький О.В.     | 519 | Виговський М.В. .... | 264 | Гончаренко С.В. ....   | 221 |
| Бова Д.В.....          | 387 | Винниченко М.І. .... | 638 | Гончаренко О.О. ....   | 218 |
| Бовсуновський В.Ю.     | 589 | Випорханюк Д.М. .    | 605 | Гончарук С.С. ....     | 726 |
| Богачов С.О.....       | 454 | .....                | 606 | Горб Д.В.....          | 722 |
| Богучарський В.В. .    | 524 | Вівташ А.Р. ....     | 423 | Горбач В.Я. ....       | 512 |
| Богуш Г.Л. ....        | 229 | Вініченко С.О.....   | 509 | Горбачов К.М. ....     | 453 |
| Боднар Р.М. ....       | 599 | Власенко Є.В. ....   | 273 | Горбенко В.М. ....     | 36  |
| Болобан С.І.....       | 607 | Власов А.В. ....     | 214 | Гордієнко А.М. ....    | 436 |
| .....                  | 609 | .....                | 263 | Гордієнко Ю.О. ....    | 610 |
| Бологов А.В.....       | 432 | .....                | 400 | Горобець В.М. ....     | 589 |
| Болубаш О.О. ....      | 225 | Вовчик Д.С. ....     | 718 | Горобець Ю.О.....      | 273 |
| Болуга О.М.....        | 447 | Вода Ю.Л. ....       | 502 | Городнов В.П.....      | 30  |
| Бондар В.В. ....       | 314 | Войтенко С.Д.....    | 157 | Грабчак З.М. ....      | 149 |
| Бондарев Г.В. ....     | 726 | Войтович О.А. ....   | 595 | Гресь О.М. ....        | 527 |
| Бондаренко Л.О. ....   | 350 | .....                | 547 | .....                  | 650 |
| Бондаренко О.В. ....   | 505 | Воїнов В.В. ....     | 423 | Григоренко В.А. ....   | 226 |
| .....                  | 506 | Волков А.Ф.....      | 438 | .....                  | 529 |
| .....                  | 508 | Волков І.Д.....      | 35  | Григорчук О.М. ....    | 154 |

|                        |     |                        |     |                         |     |
|------------------------|-----|------------------------|-----|-------------------------|-----|
| Григорчук Р.В. ....    | 684 | Єфімов І.Л. ....       | 452 | Ісенко В.В. ....        | 221 |
| Григор'єв І.С. ....    | 444 | <b>Ж</b>               |     | Істратенко К.В. ....    | 158 |
| Гризодуб О.С. ....     | 640 | Жданов С.В. ....       | 217 | Іщенко В.П. ....        | 504 |
| .....                  | 786 | Жданюк М.М. ....       | 758 | Іщенко Д.А. ....        | 544 |
| Гризодуб П.В. ....     | 640 | Жежерун Ю.В. ....      | 354 | .....                   | 546 |
| .....                  | 786 | Живило Є.О. ....       | 41  | Іщенко І.А. ....        | 649 |
| Грищенко О.Л. ....     | 150 | Животовський Р.М. .... | 220 | Іщенко С.Д. ....        | 546 |
| .....                  | 687 | .....                  | 271 | <b>К</b>                |     |
| Грічанюк О.М. ....     | 509 | .....                  | 355 | Кабанник А.О. ....      | 634 |
| Грубель М.Г. ....      | 482 | .....                  | 454 | Кабанов В.О. ....       | 317 |
| Гуменюк М.О. ....      | 511 | .....                  | 528 | Кадура П.В. ....        | 327 |
| .....                  | 512 | Жирна О.В. ....        | 226 | Казначей С.М. ....      | 226 |
| Гуменюк М.О. ....      | 718 | Жирний В.А. ....       | 150 | Калетник С.А. ....      | 218 |
| Гудзь С.М. ....        | 616 | Жуйков Д.Б. ....       | 740 | Калниболотчук І.В. .... | 437 |
| Гур'єв Д.О. ....       | 16  | Жуков І.О. ....        | 63  | Камак Ю.О. ....         | 151 |
| Гурнович А.В. ....     | 438 | .....                  | 263 | .....                   | 216 |
| Гуцол С.С. ....        | 613 | <b>З</b>               |     | Камак Ю.О. ....         | 758 |
| <b>Д</b>               |     | Забайрачна Є.В. ....   | 374 | Каменцев С.Ю. ....      | 592 |
| Даценко О.П. ....      | 697 | .....                  | 386 | .....                   | 593 |
| Деменко А.М. ....      | 729 | Завадський Д.С. ....   | 315 | Камінський В.В. ....    | 36  |
| Дементіюк Г.М. ....    | 431 | Завертаний В.В. ....   | 595 | .....                   | 273 |
| Дергоусов М.Ю. ....    | 417 | Загоруйко І.Я. ....    | 434 | Канцедал В.М. ....      | 315 |
| Дзисюк О.В. ....       | 683 | Заєць І.І. ....        | 497 | Капіганова Л.В. ....    | 787 |
| Дзюбенко В.В. ....     | 589 | Зайцев О.В. ....       | 447 | Каплюк О.М. ....        | 221 |
| Диптан В.П. ....       | 487 | Залевський В.Й. ....   | 444 | Карасьов Д.Л. ....      | 39  |
| Дихановський В.М. .... | 218 | Залевський Г.С. ....   | 412 | .....                   | 40  |
| Діденко Є.Ю. ....      | 759 | Залож В.В. ....        | 41  | Карашук Н.М. ....       | 590 |
| Довгий І.А. ....       | 150 | Запорожець С.В. ....   | 354 | Кардалян К.Д. ....      | 372 |
| Довгополий А.С. ....   | 452 | Зверев О.О. ....       | 263 | Карлов Д.В. ....        | 327 |
| Доманов І.О. ....      | 761 | Звиглянич С.М. ....    | 497 | Каршень А.М. ....       | 725 |
| Дранник П.А. ....      | 484 | Зелений П.В. ....      | 354 | Карягін Є.В. ....       | 599 |
| Древаль А.В. ....      | 433 | Зірка А.Л. ....        | 220 | Качан В.Є. ....         | 788 |
| Дрібниця С.С. ....     | 419 | Зотов С.М. ....        | 589 | Качуровський Г.М. ....  | 425 |
| Дробна О.В. ....       | 585 | Зройчиков Д.В. ....    | 501 | Квіткін П.В. ....       | 690 |
| Дробот О.А. ....       | 477 | Зуб А.А. ....          | 500 | Кириченко В.І. ....     | 718 |
| .....                  | 477 | .....                  | 650 | Кириченко Д.С. ....     | 370 |
| Дроник А.М. ....       | 352 | Зубков А.М. ....       | 593 | Кириченко О.В. ....     | 718 |
| Дубінін Є.О. ....      | 486 | .....                  | 594 | Кисільов В.І. ....      | 227 |
| .....                  | 488 | Зуйков В.О. ....       | 582 | Кізло Л.М. ....         | 728 |
| Дуболазов Ю.О. ....    | 684 | <b>І</b>               |     | Кіпріанов О.Л. ....     | 509 |
| Дудко М.В. ....        | 372 | Іванець Г.В. ....      | 425 | Кірдей Л.М. ....        | 218 |
| .....                  | 386 | .....                  | 426 | Кірсенко В.В. ....      | 316 |
| Дудник Т.Г. ....       | 39  | Івахненко Т.О. ....    | 265 | Кітов В.С. ....         | 425 |
| Дупелич С.О. ....      | 589 | Івженко І.В. ....      | 480 | Книш Д.В. ....          | 430 |
| <b>Є</b>               |     | .....                  | 699 | Кобзев В.В. ....        | 413 |
| Єгоров В.А. ....       | 587 | Ікаєв Д.Р. ....        | 64  | .....                   | 439 |
| Єгоров С.А. ....       | 587 | Ільїна О.В. ....       | 716 | Кобилляр М.А. ....      | 403 |
| Єрмоменко О.О. ....    | 522 | Ільчук Т.В. ....       | 609 | Коваленко А.В. ....     | 455 |



|                      |     |                          |     |                       |     |
|----------------------|-----|--------------------------|-----|-----------------------|-----|
| Коваленко С.П. ....  | 428 | Корольов О.О. ....       | 546 | Кухарчук І.В. ....    | 499 |
| Коваль Д.В. ....     | 215 | Коротій О.О. ....        | 684 | Кучер Л.Р. ....       | 724 |
| Коваль М.В. ....     | 215 | Короткова А.І. ....      | 384 | Кучер М.В. ....       | 720 |
| Коваль Н.В. ....     | 229 | Короткова А.І. ....      | 385 | Кучерявенко І.В. .... | 38  |
| Ковальов Г.Г. ....   | 31  | Корсунов С.І. ....       | 429 | Кушнір М.М. ....      | 508 |
| .....                | 32  | .....                    | 430 | Кушніренко О.В. ...   | 454 |
| Ковальов К.Є. ....   | 547 | .....                    | 440 | <b>Л</b>              |     |
| .....                | 614 | Коршець О.А. ....        | 36  | Лабазов С.М. ....     | 547 |
| Ковальов М.М. ....   | 686 | Коршок В.М. ....         | 64  | Лаврик С.В. ....      | 448 |
| Ковальчук В.В. ....  | 441 | Косовцов А.Ю. ....       | 148 | Лавриненко О.С. ....  | 512 |
| Ковальчук М.О. ....  | 41  | Костенко О.О. ....       | 547 | Лавруг О.О. ....      | 402 |
| Ковбасюк О.В. ....   | 529 | Костенко Ю.І. ....       | 716 | .....                 | 687 |
| Ковбасюк С.В. ....   | 605 | Костюк О.Є. ....         | 503 | Лавруг Т.В. ....      | 687 |
| Коворотний О.Л. .... | 589 | Костюк С.Ю. ....         | 402 | Лагунов В.Є. ....     | 383 |
| Ковтунов А.Л. ....   | 413 | Котова М.А. ....         | 685 | Лайське Є.В. ....     | 115 |
| .....                | 425 | Коханівський Р.Р. ....   | 116 | Ландар Б.Г. ....      | 426 |
| .....                | 439 | Кошель А.В. ....         | 617 | Лаппо І.М. ....       | 681 |
| Кожушко М.І. ....    | 729 | Кравченко А.І. ....      | 731 | Латвинський В.Д. ..   | 638 |
| Козир Н.М. ....      | 37  | Кравченко Г.С. ....      | 403 | .....                 | 639 |
| Козлов Д.В. ....     | 482 | Кравченко І.І. ....      | 440 | Левагін Г.А. ....     | 410 |
| Козловська Л.В. .... | 723 | Кравченко С.С. ....      | 417 | .....                 | 423 |
| Колесник В.О. ....   | 354 | Красинський С.В. ....    | 686 | Левківський Д.В. .... | 27  |
| Колесник В.О. ....   | 407 | Красник Я.В. ....        | 593 | Левченко М.А. ....    | 267 |
| Коліко В.Р. ....     | 158 | Краснокутський М.В. .... | 488 | Лейба В.О. ....       | 686 |
| Коломієць В.В. ....  | 213 | Красноносова О.М. ....   | 785 | Литвин В.В. ....      | 43  |
| .....                | 223 | Красота І.В. ....        | 698 | Литвиненко Ю.В. ..    | 415 |
| Коломієць Ю.М. ....  | 116 | Кратенко Д.С. ....       | 371 | Литовченко Д.М. ...   | 438 |
| Колос Р.Л. ....      | 63  | Кривенко М.В. ....       | 477 | Лільчицький В.І. .... | 406 |
| Колос Ю.О. ....      | 353 | .....                    | 681 | Ліцман А.М. ....      | 502 |
| Комаров В.О. ....    | 159 | Кропивницька Л.М. ....   | 720 | Лобода В.В. ....      | 610 |
| .....                | 160 | Кудряшов В.Є. ....       | 438 | Лобода Р.І. ....      | 210 |
| .....                | 215 | Кузнецов В.В. ....       | 38  | .....                 | 499 |
| .....                | 350 | Кузьменко Т.С. ....      | 760 | Логвіненко С.В. ....  | 527 |
| .....                | 695 | Кузьмичев А.В. ....      | 523 | Логвінов Ю.Ф. ....    | 582 |
| .....                | 696 | Кузьмичов І.К. ....      | 547 | .....                 | 583 |
| .....                | 730 | .....                    | 595 | .....                 | 585 |
| Комаров М.В. ....    | 113 | Кукурян О.І. ....        | 480 | Лук'яненко В.В. ....  | 690 |
| Конвісар М.Г. ....   | 222 | .....                    | 699 | Лук'яниця А.М. ....   | 613 |
| Кононова Н.В. ....   | 785 | Кулабухов О.М. ....      | 370 | Луценко В.І. ....     | 586 |
| Копцов І.О. ....     | 387 | .....                    | 371 | .....                 | 587 |
| Корнійчук Н.О. ....  | 415 | Кулабухов О.М. ....      | 384 | Луценко В.І. ....     | 587 |
| Коробко А.І. ....    | 483 | Кулініч Ю.М. ....        | 25  | Луценко Е.О. ....     | 468 |
| Коровін Д.О. ....    | 636 | Куляс С.В. ....          | 458 | Луценко І.В. ....     | 586 |
| Королук Н.О. ....    | 372 | Кульба П.П. ....         | 217 | <b>М</b>              |     |
| .....                | 374 | Купрій В.М. ....         | 510 | Мавренков О.Є. ....   | 228 |
| Корольов О.О. ....   | 156 | Куренко В.О. ....        | 208 | Майборода Ю.М. ...    | 503 |
| .....                | 503 | Куренко О.Б. ....        | 208 | Майстренко О.В. ...   | 506 |
| .....                | 523 | Кухаренко В.М. ....      | 728 | Майстров О.О. ....    | 484 |

|                       |     |                       |     |                        |     |
|-----------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| Макаренко Р.Г.....    | 408 | Мірошніченко С.І..... | 210 | <b>О</b>               |     |
| Малишев О.О.....      | 607 | Місценко Р.В.....     | 223 | Оборонов М.І.....      | 429 |
| Малюга В.М.....       | 716 | Мітрахович М.М.....   | 160 | .....                  | 430 |
| Мальцев В.П.....      | 582 | Міщенко Ю.В.....      | 450 | .....                  | 440 |
| Мамрай С.А.....       | 614 | Мовчан В.А.....       | 502 | Овчаренко В.В.....     | 30  |
| Мананков Р.О.....     | 374 | Могила А.А.....       | 580 | Олещук М.М.....        | 5   |
| .....                 | 386 | Могілатенко А.С.....  | 690 | .....                  | 14  |
| Мандзюк Р.В.....      | 505 | Мокринський О.В.....  | 595 | Омельчук О.В.....      | 617 |
| .....                 | 506 | .....                 | 741 | Онисько А.В.....       | 403 |
| Манзьяк М.О.....      | 482 | Моміт О.С.....        | 265 | Онищенко В.А.....      | 593 |
| Манзьяк О.М.....      | 479 | Мороз В.І.....        | 362 | Оніщенко В.Г.....      | 405 |
| Манківський С.Л.....  | 616 | Московченко І.В.....  | 360 | Онофрійчук А.Я.....    | 149 |
| Маришук Л.М.....      | 544 | Мострянський А.П..... | 686 | .....                  | 594 |
| Марко В.П.....        | 615 | Музичишин Б.І.....    | 595 | Опенько П.В.....       | 483 |
| Мартиненко С.А.....   | 592 | <b>Н</b>              |     | .....                  | 484 |
| Марченко О.С.....     | 382 | Нагорнюк О.А.....     | 523 | .....                  | 485 |
| .....                 | 385 | Надос В.О.....        | 725 | .....                  | 486 |
| Марчук А.В.....       | 787 | Наконечний О.А.....   | 413 | .....                  | 487 |
| .....                 | 788 | .....                 | 419 | Орел С.М.....          | 719 |
| Матала В.І.....       | 728 | .....                 | 439 | Оріховський П.В.....   | 34  |
| Матвієнко Т.О.....    | 521 | Натаров М.П.....      | 582 | .....                  | 273 |
| Матвійчук С.В.....    | 158 | Науменко М.В.....     | 501 | Орлов С.В.....         | 497 |
| .....                 | 228 | Наумчак Л.М.....      | 608 | .....                  | 509 |
| Матушкін Д.П.....     | 638 | Наумчак О.М.....      | 608 | Орлюк Є. І.....        | 760 |
| Матющенко В.Г.....    | 214 | Несміян О.Ю.....      | 380 | Орлянський А.А.....    | 263 |
| .....                 | 353 | Нечаус А.О.....       | 643 | Осієвський С.В.....    | 360 |
| Матющенко О.Г.....    | 214 | .....                 | 644 | Островський М.С.....   | 353 |
| .....                 | 263 | .....                 | 645 | Охріменко С.А.....     | 760 |
| .....                 | 313 | Нещадін О.В.....      | 31  | <b>П</b>               |     |
| .....                 | 353 | .....                 | 32  | П'явчук О.О.....       | 487 |
| .....                 | 400 | Нідзій О.М.....       | 151 | П'янтківський А.П..... | 65  |
| Медведь І.Л.....      | 417 | .....                 | 216 | Павельчук В.Л.....     | 480 |
| Мелешко О.М.....      | 449 | .....                 | 217 | Павленко А.Г.....      | 406 |
| Мельник А.П.....      | 611 | Нікітченко В.І.....   | 150 | Павленко В.О.....      | 212 |
| Мельник А.С.....      | 612 | Нікіфоров Г.С.....    | 150 | Павлов В.М.....        | 400 |
| Мельник Б.О.....      | 438 | Ніколаєв А.Т.....     | 719 | Павлюк Н.А.....        | 28  |
| Мельник С.І.....      | 583 | Ніколенко В.В.....    | 686 | Павлюк І.С.....        | 28  |
| Мельниченко В.С.....  | 268 | Нікора І.В.....       | 382 | Палій В.Л.....         | 452 |
| Меркулов О.А.....     | 688 | .....                 | 385 | Панасенко С.В.....     | 408 |
| Миклуха В.А.....      | 610 | .....                 | 398 | Пантелеєва Н.М.....    | 39  |
| .....                 | 613 | Ніценко В.М.....      | 468 | .....                  | 116 |
| Мильников Г.В.....    | 401 | Новак Д.А.....        | 505 | .....                  | 454 |
| Мироненко О.В.....    | 686 | Новічков В.О.....     | 384 | .....                  | 455 |
| Мирончук Ю.А.....     | 29  | Новосад Л.Ю.....      | 450 | Пантюхін С.В.....      | 274 |
| Миронюк М.Ю.....      | 484 | Нор П.І.....          | 448 | Папуш О.Г.....         | 28  |
| Миценко І.М.....      | 581 | Нюкін М.В.....        | 688 | Парашенко Т.В.....     | 223 |
| .....                 | 588 |                       |     | Парашук Д.Л.....       | 482 |
| Мірошніченко С.І..... | 215 |                       |     | Парфіло А.О.....       | 481 |

|                           |                             |                           |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Пархоменко М.В. .... 369  | Прокопенко В.В. .... 592    | Рябоконова Д.М. .... 385  |
| ..... 370                 | Пулеко І.В. .... 590        | Рязанцев С.С. .... 431    |
| ..... 371                 | ..... 591                   | <b>С</b>                  |
| Пасько І.В. .... 403      | ..... 608                   | Савчук А.В. .... 612      |
| Паталаха В.Г. .... 270    | Пустоваров В.В. .... 313    | ..... 613                 |
| Пашковський В.В. .... 728 | Путро О.О. .... 478         | Савчук Д.В. .... 223      |
| Пашковський С.М. .... 229 | Пуховий О.В. .... 314       | Сай С.М. .... 451         |
| Пашетник В.І. .... 43     | <b>Р</b>                    | Сайко В.Г. .... 215       |
| Пашетник О.Д. .... 43     | Радзівеський В.Ю. .... 369  | ..... 350                 |
| ..... 44                  | Радзіковський С.А. .... 407 | Салій А.Г. .... 487       |
| Педенко Ю.О. .... 581     | ..... 480                   | Салій А.О. .... 610       |
| ..... 582                 | Радченко М.М. .... 350      | Салогор В.В. .... 595     |
| ..... 583                 | Расстригін О.О. .... 220    | ..... 741                 |
| Пекарев Д.В. .... 606     | Рачкінда В.А. .... 212      | Самойлов К.О. .... 370    |
| Первак С.В. .... 154      | Рашевський Є.Ю. .... 116    | ..... 375                 |
| Переверзев Б.А. .... 352  | Ревенко В.Б. .... 608       | Самоківт В.І. .... 426    |
| Перегуда О.М. .... 212    | Резніченко М.Г. .... 582    | ..... 436                 |
| Першин О.В. .... 383      | ..... 585                   | Самокіш А.В. .... 370     |
| ..... 387                 | Резніченко Н.Г. .... 583    | Самулєєв В.В. .... 157    |
| Першин О.О. .... 381      | Резуненко Д.О. .... 546     | Свистунович І.В. .... 591 |
| Петраш С.В. .... 522      | Рекуненко Д.В. .... 614     | Світенко М.І. .... 30     |
| Петрук М.Д. .... 649      | Резнік Д.В. .... 270        | ..... 63                  |
| Петрук С.М. .... 263      | Резніков Ю.В. .... 313      | Селіщев М.С. .... 636     |
| Печененко О.М. .... 211   | ..... 353                   | Семенов І.В. .... 483     |
| Певцов Г.В. .... 477      | Рибалка Г.В. .... 491       | Семенюк В.І. .... 694     |
| Пількевич І.А. .... 210   | Рибачок Д.В. .... 761       | ..... 740                 |
| ..... 499                 | Рибчинський Д.А. .... 212   | Семенюк Р.П. .... 452     |
| Пінчук А.М. .... 354      | ..... 214                   | Семироз А.О. .... 30      |
| Піскунов С.М. .... 437    | ..... 399                   | ..... 63                  |
| Плинокос Д.Д. .... 480    | Рикун В.Л. .... 591         | Семон Б.Й. .... 483       |
| Плохий Ю.Ю. .... 434      | Рихальський О.Р. .... 442   | Сенаторов В.М. .... 438   |
| Подригало М.А. .... 486   | ..... 592                   | Сергєєв М.В. .... 432     |
| ..... 488                 | Родіонов А.В. .... 212      | Сергієв С.В. .... 507     |
| Поздняков В.В. .... 442   | Роєнко О.М. .... 581        | Середенко М.М. .... 227   |
| Позовна Т.А. .... 617     | ..... 588                   | Сиворакша Д.В. .... 455   |
| Полещук А.П. .... 508     | Романчев А.М. .... 28       | Сидоров В.В. .... 435     |
| Поліщук С.В. .... 314     | Романчук М.П. .... 605      | Сидорчук О.Л. .... 441    |
| Поліщук Я.Г. .... 327     | ..... 608                   | ..... 444                 |
| Полоз М.В. .... 724       | Романюк А.О. .... 372       | Синицький В.Б. .... 616   |
| ..... 742                 | ..... 381                   | Сілко О.В. .... 695       |
| Полянський О.С. .... 488  | ..... 384                   | Сілков В.І. .... 224      |
| Попадок Р.В. .... 421     | ..... 385                   | Сірій Ю.І. .... 594       |
| Попов М.О. .... 447       | Романюк В.А. .... 362       | Скакун А.О. .... 371      |
| Попов С.Е. .... 314       | ..... 378                   | ..... 384                 |
| Почернін С.П. .... 218    | Романюк О.М. .... 422       | Скиба О.В. .... 761       |
| Приходько С.М. .... 681   | Руденко В.А. .... 371       | Склярів О.В. .... 350     |
| ..... 497                 | Рябков В.І. .... 787        | Скосирєв А.Ю. .... 39     |
| Прищепа Н.В. .... 399     | Рябоконова Д.М. .... 382    | Скрипка Д.М. .... 639     |

|                           |                           |                             |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Слободенюк С.Й. .... 263  | Тітова А.В. .... 435      | Хирний В.П. .... 40         |
| Снісаренко А.Г. .... 491  | Ткач А.О. .... 511        | Хімчик Н.О. .... 521        |
| ..... 493                 | Ткачов В.В. .... 273      | Хлань В.Г. .... 407         |
| Собецький Я.С. .... 380   | Ткачук П.В. .... 262      | Хмелевська О.О. .... 265    |
| Соболенко О.С. .... 353   | Токар О.А. .... 429       | Хмелевський С.І. .... 375   |
| Соболяк О.В. .... 586     | Толмачов О.М. .... 45     | Хмель Е.В. .... 152         |
| ..... 587                 | Толстов О.С. .... 688     | ..... 681                   |
| Сокол О.М. .... 646       | Топирік Д.О. .... 378     | Холодний Р.В. .... 406      |
| Солдатов В.В. .... 684    | Торопчин Д.Г. .... 721    | Холодов М.П. .... 486       |
| Солоїд Є.О. .... 355      | Тракалюк О.Л. .... 698    | Хомчук В.Я. .... 27         |
| Солопій І.А. .... 29      | Турінський О.В. .... 16   | Хорольський М.С. .... 505   |
| ..... 499                 | Тучемський В.С. .... 499  | ..... 506                   |
| Солопій Ю.А. .... 499     | Тюрін В.О. .... 34        | Хращевський Р.В. .... 501   |
| Сохін П.А. .... 633       | ..... 726                 | Хроль Л.О. .... 425         |
| Ставицький О.М. .... 426  | <b>У</b>                  | Хуторна М.Е. .... 454       |
| Стаднічук О.М. .... 720   | Ужва А.В. .... 488        | ..... 455                   |
| ..... 725                 | Ульянець О.А. .... 635    | ..... 681                   |
| Стасев Ю.В. .... 362      | Усенко С.М. .... 230      | <b>Ц</b>                    |
| ..... 371                 | <b>Ф</b>                  | Целіщев Ю.П. .... 271       |
| ..... 378                 | Фарафонов В.С. .... 34    | Цибуля С.А. .... 762        |
| Степаненко О.В. .... 224  | Феденько В.М. .... 151    | Цимбал Д.В. .... 635        |
| Степанов Г.С. .... 273    | ..... 216                 | Цицик М.В. .... 594         |
| Стефанцев С.С. .... 403   | ..... 217                 | Цуканов Я.О. .... 437       |
| ..... 447                 | ..... 716                 | <b>Ч</b>                    |
| Стешенко П.М. .... 510    | ..... 758                 | Чеканов А.В. .... 427       |
| Стогній В.М. .... 269     | Федін В.О. .... 402       | Челбіна-Ікаєва А.В. .... 64 |
| Столяр І.В. .... 384      | Федін О.В. .... 402       | Чемерис Є.І. .... 157       |
| Столяренко М.П. .... 65   | Федоров П.М. .... 524     | Червотока О.В. .... 509     |
| Стрінада В.В. .... 29     | Федорович В.В. .... 697   | ..... 681                   |
| ..... 499                 | Федорчук Д.Л. .... 544    | Черевашенко Ю.А. 410        |
| Ступак Д.С. .... 649      | ..... 606                 | Чередніков О.М. .... 150    |
| Сукманюк О.С. .... 360    | ..... 608                 | ..... 151                   |
| Сушинський Д.О. .... 528  | Федченко С.І. .... 425    | ..... 152                   |
| Сьома Б.Б. .... 721       | Федяєв О.Л. .... 590      | ..... 400                   |
| <b>Т</b>                  | Фесенко Д.В. .... 421     | ..... 716                   |
| Таран Д.О. .... 370       | Фесенко Т.М. .... 761     | ..... 758                   |
| Тарасенко В.О. .... 351   | Філіппенков О.В. .... 440 | Чернявський П.С. .... 272   |
| Тварковська О.В. .... 715 | Філков Т.С. .... 429      | Чечет М.І. .... 64          |
| Терехов К.В. .... 614     | Філоненко Б.В. .... 380   | Чечин О.А. .... 409         |
| Тимчук С.В. .... 351      | Фішук С.В. .... 355       | Чистяков М.Л. .... 157      |
| Титаренко О.Б. .... 269   | Фомін А.В. .... 436       | Чуджановський М.М. 607      |
| ..... 273                 | ..... 437                 | Чуйко С.І. .... 157         |
| ..... 316                 | Фрунт Р.М. .... 694       | Чуприна В.М. .... 681       |
| Тихоцька Н.Р. .... 724    | <b>Х</b>                  | Чуприна В.М. .... 153       |
| Тишко С.О. .... 150       | Хажанець Ю.А. .... 401    | <b>Ш</b>                    |
| ..... 687                 | Харитонов О.Л. .... 496   | Шабанова О.В. .... 63       |
| Тітаренко А.В. .... 350   | Харченко В.О. .... 153    | ..... 400                   |
| Тітов І.В. .... 436       | Харчук А.О. .... 612      | Шабета С.А. .... 586        |

|                      |     |                     |     |                      |     |
|----------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----|
| Шамко Є.В. ....      | 231 | Шовкошитний І.І. .. | 116 | <b>Я</b>             |     |
| Шаша І.К. ....       | 478 | Шостак Р.С. ....    | 42  | Яблонський П.М....   | 487 |
| Швидкий Н.В. ....    | 511 | Шубний О.І.....     | 582 | Яворський Я.М. ....  | 455 |
| Шевага В.В. ....     | 226 | Шулежко А.В. ....   | 225 | Якименко С.М. ....   | 716 |
| Шевченко А.О. ....   | 383 | .....               | 226 | Якимович О.О.....    | 214 |
| Шевченко А.Ф. ....   | 410 | Шулежко В.В. ....   | 225 | .....                | 263 |
| .....                | 415 | Шульга В.В.....     | 375 | Якобінчук О.В. ....  | 352 |
| Шевченко Д.Т. ....   | 149 | .....               | 381 | Янчевський С.Л. .... | 353 |
| Шевчук С.В. ....     | 453 | .....               | 398 | Яровенко В.В.....    | 530 |
| Шейгас В.В. ....     | 28  | Шульгін А.А. ....   | 153 | Яровенко О.Г. ....   | 158 |
| Шейн В.С.....        | 488 | .....               | 157 | Ярош С.П. ....       | 16  |
| Шельвестер В.Я. .... | 27  | Щенякін Д.О.....    | 730 | Ярошенко Я.В. ....   | 116 |
| Шемет В.С.....       | 715 | <b>Щ</b>            |     | Ярошук В.В.....      | 422 |
| Шеріпітко Д.Г. ....  | 496 | Щигло В.О.....      | 508 | Ясечко М.М. ....     | 423 |
| Шестак І.М. ....     | 590 | <b>Ю</b>            |     | Ясинецький В.П....   | 352 |
| Шеховцова І.О. ....  | 684 | Юнда В.А.....       | 493 | .....                | 401 |
| Шило С.Г.....        | 368 | Юркевич М.О. ....   | 787 | Ясинський О.М.....   | 435 |
| .....                | 372 | Юрченко М.Є. ....   | 216 | Яців Р.В.....        | 398 |
| .....                | 381 | Юрченко Р.В. ....   | 227 | Яцун Д.А. ....       | 368 |
| Шинкарук О.М.....    | 269 | Юськович В.К. ....  | 355 |                      |     |
| Шкурат Б.Ж.....      | 271 | Юфа Є.А. ....       | 314 |                      |     |
| Шмельов Є.О. ....    | 28  |                     |     |                      |     |

**Для нотаток**

**Для нотаток**

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ – ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

XX МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ  
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

Відповідальний за випуск *К.С. Васюта*

Комп'ютерна верстка *П.М. Мартиненко, О.В. Беспалько*

Комп'ютерний дизайн обкладинки *О.А. Чечин*

Техн. редактор *П.М. Мартиненко*

Коректор *О.В. Беспалько*

Формат 60 × 84/16

Ум.-друк. арк. – 54

Підписано до друку 30.04.2024

Ціна договірна

Тираж 400 пр.

Зам. 19-14

Видавництво Харківського національного університету

Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5370 від 30.06.2017 р.

Адреса видавництва: 61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ТОВ “Майдан”

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
видавців і розповсюджувачів видавничої продукції ДК №1002 від 31.07.2002 р.

61002, Харків, вул. Чернишевська, 59

тел. (057) 700-37-30 e-mail: maydan.stozhuk@gmail.com

---