

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА**

**О. М. Барсуков, А. Е. Бекіров,
Ю. В. Севостьянов, О. Ю. Суханов**

БОРТОВІ КОМПЛЕКСИ ОБОРОНИ ТА РЕБ



**Частина 2
Радіоелектронна боротьба**



Харків

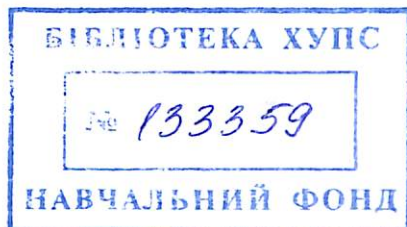
МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

О. М. БАРСУКОВ
А. Е. БЕКІРОВ
Ю. В. СЕВОСТЬЯНОВ
О. Ю. СУХАНОВ

БОРТОВІ КОМПЛЕКСИ ОБОРОНИ ТА РЕБ

Частина 2 Радіоелектронна боротьба

Навчальний посібник



Харків
2022

УДК 621.396.969
Б26

*Затверджено до видання вченою радою
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(протокол № 20 від 24.11.2020)*

Рецензенти: П. Ю. Костенко, доктор технічних наук, професор (ХНУПС);
В. В. Белоусов, кандидат технічних наук, доцент (ХНУПС)

Барсуков О. М.

Б26 Бортові комплекси оборони та РЕБ. Ч. 2. Радіоелектронна боротьба:
навч. посіб. / О. М. Барсуков, А. Е. Бекіров, Ю. В. Севостьянов,
О. Ю. Суханов. – Х. : ХНУПС, 2022. – 218 с. : іл.

У навчальному посібнику розглянуті питання, пов'язані з класифікацією завад і особливостями радіоелектронного придушення радіолокаційних станцій управління військами, огляду, виявлення та супроводу цілей; описані методи впливу на середовище поширення і відбиття сигналів, використання радіолокаційних хибних цілей та пасток для протидії радіолокаційним станціям, способи зниження радіолокаційної помітності повітряних суден.

Навчальний посібник призначений для курсантів і слухачів, які вивчають дисципліни "Бортові комплекси оборони та РЕБ", "Бортові системи радіозв'язку", "Бортові радіолокаційні пристрої та системи", "Бортові радіонавігаційні пристрої та системи", "Бортові оптико-електронні пристрої та системи", "Основи експлуатації РЕО повітряних суден" за спеціалізацією "Радіоелектронне обладнання літаків, вертольотів та ракет", дисципліни "Авіаційні радіоелектронні системи", "Багатофункціональні авіаційні радіоелектронні комплекси" за спеціалізаціями "Навігація та бойове застосування літальних апаратів".

Видання першої частини навчального посібника Бортові комплекси оборони та РЕБ. Ч. 1. Радіоелектронна розвідка заплановано на 2023 рік.

УДК 621.396.969

© Барсуков О. М., Бекіров А. Е., Севостьянов Ю. В., Суханов О. Ю., 2022

© Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	10
1. ВИДИ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАВАД ТА СПОСОБИ ЇХ СТВОРЕННЯ.....	13
Контрольні питання.....	20
2. ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ У ПЕРЕДАВАЧАХ РАДІОЗАВАД.....	21
2.1. Прямошумова завада.....	21
2.2. Амплітудно-модульована шумова завада.....	31
2.3. Частотно-модульована шумова завада.....	35
2.4. Фазомодульована шумова завада.....	38
2.5. Хаотична імпульсна завада.....	42
Контрольні питання.....	50
3. ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПРИДУШЕННЯ.....	51
3.1. Основні та часткові критерії оцінювання ефективності РЕБ.....	51
3.2. Оперативно-тактичні критерії.....	53
3.3. Інформаційні критерії.....	60
3.4. Енергетичні критерії.....	66
3.5. Військово-економічні критерії.....	71
3.6. Показники ефективності РЕБ.....	74
Контрольні питання.....	77
4. РІВНЯННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПРИДУШЕННЯ ДЛЯ АКТИВНОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ.....	78
4.1. Створення активних завад РЛС.....	78
4.2. Рівняння РЕП для випадків взаємного прикриття.....	82
4.3. Зона придушення.....	84
4.4. Сектор придушення.....	91
Контрольні питання.....	93
5. АКТИВНІ РАДІОЗАВАДИ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ СИСТЕМАМ ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ.....	94
5.1. Передавач прицільних шумових завад на лампі зворотної хвилі.....	95
5.2. Основні характеристики САЗ групового захисту.....	100
Контрольні питання.....	101
6. АКТИВНІ РАДІОЗАВАДИ РЛС, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У РЕЖИМІ СУПРОВОДУ ЦІЛЕЙ.....	102
6.1. Особливості радіоелектронного придушення РЕЗ УЗ.....	102

6.2. Активні завади каналам автоматичного супроводу за напрямком.....	103
6.3. Системи АСН із послідовним порівнянням сигналів.....	105
6.4. Прицільна за частотою сканування активна завада.....	108
6.5. Загороджувальна за частотою сканування активна завада....	114
6.6. Ковзна за частотою сканування активна завада.....	116
6.7. Активні завади системам АСН із лінійним скануванням.....	118
6.8. Активні радіоелектронні завади системам АСД.....	122
6.8.1. Одноразові імпульсні завади, що відводять за дальністю.....	122
6.8.2. Багаторазові імпульсні завади, що відводять за дальністю.....	125
6.9. Активні радіоелектронні завади системам АСШ.....	128
Контрольні питання.....	133
7. АКТИВНІ РАДІОЗАВАДИ МОНОІМПУЛЬСНИМ РЛС.....	135
7.1. Протидія моноімпульсним РЛС.....	135
7.2. Двоточкова когерентна завада.....	137
7.3. Двоточкова некогерентна завада.....	139
7.4. Мерехтлива завада.....	141
7.5. Поляризаційна завада.....	143
7.6. Переривчаста завада.....	147
7.7. Завада по дзеркальному каналу.....	147
7.8. Двочастотна завада.....	148
7.9. Розстроєна за частотою завада.....	149
Контрольні питання.....	150
8. ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ХИБНИХ ЦЛЕЙ І ПАСТОК ПРИ ПРОТИДІЇ РЛС.....	151
Контрольні питання.....	164
9. ПРОТИРАДІОЛОКАЦІЙНЕ МАСКУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН.....	165
9.1. Радіолокаційна помітність ПС.....	167
9.2. Застосування протирадіолокаційних матеріалів.....	174
9.2.1. Радіопоглинальні матеріали.....	175
9.2.2. Структури, які не відбивають.....	179
9.2.3. Радіопоглинальні екрани.....	181
9.2.4. Управління протирадіолокаційними покриттями.....	182
9.3. Зменшення радіолокаційної помітності антенних систем....	186
9.4. Зниження помітності ПС в оптичному діапазоні.....	189
Контрольні питання.....	193
10. АКТИВНІ РАДІОЗАВАДИ КОМАНДНИМ РАДІОЛІНІЯМ	194

УПРАВЛІННЯ, РАДІОСИСТЕМАМ НАВІГАЦІЇ, РАДІОЗВ'ЯЗКУ.....	199
Контрольні питання.....	199
11. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ В СИСТЕМАХ РЕБ.....	200
11.1. Динамічний хаос.....	200
11.2. Характеристики хаотичного процесу.....	203
11.3. Способи передачі сигналів із використанням хаотичної динаміки.....	205
11.3.1. Хаотичне маскування.....	206
11.3.2. Диференціальне перемикання хаотичних режимів..	207
11.3.3. Нелінійне підмішування повідомлення	207
11.4. Застосування хаотичної динаміки в радіотехнічних сис- темах.....	208
Контрольні питання.....	209
ВИСНОВКИ.....	211
ЛІТЕРАТУРА.....	215

ВСТУП

Аналіз бойових дій у локальних війнах останніх років підтверджує зростаюче значення авіації на всіх етапах конфліктів. Перемога в сучасному локальному військовому конфлікті неможлива без застосування пілотованих і безпілотних повітряних суден (ПС). У XXI столітті, що відрізняється бурхливим науково-технічним прогресом та суттєвими змінами у військово-політичній і економічній сферах України, особливо гостро стоїть завдання розвитку авіаційної техніки військового призначення, яка характеризується високою насиченістю її радіоелектронним обладнанням (РЕО).

Радіоелектроніка продовжує залишатися матеріально-технічною основою всіх систем управління (СУ) військами та зброєю, що застосовуються в повітрі, у космосі, на суші й на морі.

Важливою складовою сучасних війн і збройних конфліктів є інформаційне протиборство, яке проводиться з метою завоювання й утримання переваги над противником в управлінні військами і зброєю.

Одним з основних шляхів досягнення такої мети є дезорганізація СУ противника та захист своїх систем управління від його впливу. Головний внесок у досягнення цієї мети покликані робити сили і засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ). У міру розвитку та вдосконалення РЕБ цей внесок має стійку тенденцію до збільшення. Зростання значення РЕБ у бойових операціях і бойових діях виводить її за рамки виду оперативного забезпечення й перетворює на окрему специфічну частину бойових дій.

На сьогодні РЕБ розглядають як інструмент, який за допомогою різноманітних комбінацій наступальних і оборонних тактик та методик формує зрив інформаційної операції в діапазоні електромагнітних хвиль (ЕМХ) противника, використовуючи його у своїх цілях, і тим самим забезпечує свободу дій у зазначеному діапазоні своїм військам.

Стрімке зростання можливостей, інтенсивності та впливу РЕБ на результат бойових дій потребує глибокого вивчення і врахування історичного досвіду, умов розвитку РЕБ, її впливу на сучасні війни та збройні конфлікти [1].

Радіоелектронна боротьба в сучасних умовах набула форми спеціальної операції у збройній боротьбі й, безсумнівно, буде вдосконалюватися у війнах і військових конфліктах XXI століття. Зміна значення РЕБ у майбутніх операціях та бойових діях неминуче позначиться на перспективному складі РЕБ [2].

Завоювання і утримання переваги в РЕБ стали важливим фактором сучасної війни. Якісні зміни в розвитку авіаційних засобів, систем та ком-

плексів РЕБ, значне зростання їх можливостей і впливу на результат бойових дій потребують глибокого вивчення досвіду організації й ведення РЕБ у Повітряних Силах Збройних Сил України, де об'єктивний і критичний аналіз сучасного стану РЕБ свідчить про перелом, який відбувся при якісному оцінюванні впливу РЕБ на всі стратегічні напрямки розвитку Повітряних Сил Збройних Сил України.

Авіаційні системи й комплекси радіоелектронної протидії (КРЕП) динамічно розвиваються, використовуючи, з одного боку, новітні досягнення сучасної науки, а з іншого – сприяють стрімкому розвитку наукомістких галузей.

Майбутнє авіаційної техніки РЕБ значною мірою визначається двома взаємопов'язаними напрямками розвитку елементної бази сучасних радіоелектронних засобів (РЕЗ): створенням різноманітних схем із використанням нанотехнологій і розширенням можливостей цифрової обробки сигналів.

Керівництво України та її Збройних Сил приділяють особливу увагу розвитку і вдосконаленню системи РЕБ у непростих умовах реформування Збройних Сил України.

На сьогодні результат військового конфлікту значною мірою визначається стійкістю системи державного, військового управління, інших інформаційних систем до радіоелектронного впливу противника. Інтереси національної безпеки потребують розвитку електронного компонента озброєння, створення перспективних та вдосконалення існуючих авіаційних комплексів і систем РЕБ [3].

У цей час ведуться роботи зі створення засобів РЕБ, які базуються на нових фізичних принципах. Вселяє оптимізм те, що в Україні в тому чи іншому вигляді збережені науково-дослідні, конструкторські установи й підприємства оборонно-промислового комплексу, здатні модернізувати засоби і комплекси РЕБ, створювати перспективні зразки техніки.

У навчальному посібнику розглянуті питання, що пов'язані з класифікацією завад і особливостями радіоелектронного придушення (РЕП) РЛС управління військами, огляду, виявлення та супроводу цілей. Описані методи впливу на середу поширення і відображення сигналів, використання радіолокаційних помилкових цілей і пасток для протидії РЛС, способи зниження радіолокаційної помітності ПС.

Матеріал навчального посібника викладений з урахуванням останніх досліджень і досягнень у галузі авіаційної техніки РЕБ. Під час його підготовки були використані тільки відкрита вітчизняна й зарубіжна літератури, а також досвід проведення навчальних занять із дисципліни "Бортові комплекси оборони та РЕБ" із курсантами інженерно-авіаційного факу-

льтету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Навчальний посібник призначений для фахівців у галузі РЕБ, а також для курсантів старших курсів, що навчаються за спеціалізацією "Радіоелектронне обладнання літаків, вертольотів та ракет" і ад'юнктів радіотехнічних спеціальностей.

Для забезпечення розуміння викладеної інформації видання містить у собі кількість графічного матеріалу.

Навчальне видання

**Барсуков Олександр Миколайович
Бекіров Алі Енверович
Севостьянов Юрій Валерійович
Суханов Олександр Юрійович**

БОРТОВІ КОМПЛЕКСИ ОБОРОНИ ТА РЕБ

**Частина 2
Радіоелектронна боротьба**

Навчальний посібник

*Редактор Л. Ф. Моренець
Коректор Н. К. Гур'єва*

Підп. до друку 10.09.2020 Формат 60 × 84/16. Папір офсетний.
Гарнітура "Times New Roman". Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 10,69
Тираж 50 пр. Зам. № 1/216-2022

**Видавець і виготовлювач
Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба
61023, м. Харків-23, вул. Сумська, 77/79
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5370 від 30.06.2017**