

6.21.2023.2
МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА



ОСНОВИ ПОБУДОВИ
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ
РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Частина I
Технічні основи оглядової радіолокації



Харків
2023

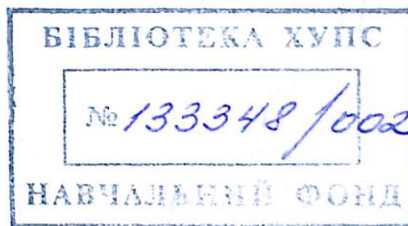
621.396.9
0-85

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

**ОСНОВИ ПОБУДОВИ
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ
РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

Частина I

ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ОГЛЯДОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ



Харків
2023

УДК 621.396.967 (075.8)
О-75

*Рекомендовано до друку вченою радою
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(протокол № 13 від 21.12.2022)*

Автори: Г. В. Худов, Б. А. Лісогорський, Ю. С. Соломоненко,
І. А. Хижняк, І. Ю. Юзова, В. М. Ліщенко, Д. Б. Жуйков

Рецензенти: С. П. Фриз, заслужений працівник освіти, д-р техн. наук,
професор, ЖВІ ім. С. П. Корольова, Житомир;
Н. Г. Кучук, д-р техн. наук, професор, ХТУ “ХПІ”, Харків;
О. О. Лаврут, д-р техн. наук, професор, НАСВ, Львів

Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору. Ч. I. Технічні основи оглядової радіолокації : підручник для слухачів, курсантів та студентів вищих навчальних закладів / Г. В. Худов, Б. А. Лісогорський, Ю. С. Соломоненко та ін. – Х. : ХНУПС, 2023. – 135 с.

ISBN 978-966-468-096-4

Підручник написаний відповідно до програми навчальної дисципліни “Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору” з урахуванням досвіду, отриманого в російсько-українській війні. Складається з двох частин. У першій частині викладено основні принципи побудови радіолокаційних станцій наземного базування та наводяться основні технічні рішення щодо їх побудови, пояснювальні рисунки принципів і методів радіолокації, структурні й функціональні схеми основних систем радіолокаційних станцій та їх складових частин; аналізується вплив характеристик цілі та завад на роботу радіолокаційних станцій, а також методи захисту радіолокаційних станцій.

Призначено для курсантів, слухачів, студентів вищих військових навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю “Телекомунікація та радіотехніка”, спеціалізацією “Радіолокаційні засоби інформаційного забезпечення військ (сил)”. Може бути також корисним для інженерно-технічного складу радіотехнічних військ.

УДК 621.396.967 (075.8)

© Г. В. Худов, Б. А. Лісогорський,
Ю. С. Соломоненко, І. А. Хижняк, І. Ю. Юзова,
В. М. Ліщенко, Д. Б. Жуйков, 2023

© Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2023
ISBN 978-966-468-096-4

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	8
1. СТИСЛИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ У РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ	10
1.1. Застосування радіолокаційних станцій радіотехнічних військ у російсько-українській війні	10
1.2. Застосування засобів радіолокаційної космічної розвідки в російсько-українській війні	15
1.3. Застосування авіаційних бортових радіолокаційних станцій у російсько-українській війні	17
1.4. Застосування ракет класу “повітря–повітря” в російсько-українській війні	19
1.5. Застосування радіолокаційних головок самонаведення в російсько-українській війні	21
1.6. Застосування радіолокаційних станцій контрбатареїної боротьби в російсько-українській війні	23
1.7. Застосування радіолокаційних засобів протиповітряної оборони Сухопутних військ у російсько-українській війні	26
1.8. Застосування протикорабельних ракет у російсько-українській війні	30
1.9. Застосування протирадіолокаційних (протирадарних) ракет у російсько-українській війні	31
Питання для самоперевірки	33
2. ПРИНЦИПИ І МЕТОДИ РАДІОЛОКАЦІЇ: СТРУКТУРНА СХЕМА ІМПУЛЬСНОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ	34
2.1. Принципи і методи радіолокації	34
2.2. Структурна схема та призначення пристроїв радіолокаційної станції	45
2.2.1. Функціональні компоненти імпульсної радіолокаційної станції та їх параметри	49
2.2.2. Енергетичний потенціал радіолокаційної станції	56
Питання для самоперевірки	59
3. ВИМОГИ ДО ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ	60
3.1. Класифікація радіопередавальних пристроїв радіолокаційної станції	60

3.2. Вимоги до технічних характеристик та параметрів радіопередавальних пристроїв	63
3.3. Типи сигналів, які використовуються в радіолокації	74
Питання для самоперевірки	79
4. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЙМАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	80
4.1. Технічні характеристики радіоприймальних пристроїв.....	80
4.2. Принцип побудови та структурна схема радіоприймального пристрою з фільтровою обробкою сигналів	83
4.3. Принцип будови та структурна схема радіоприймального пристрою з кореляційною (кореляційно-фільтровою) обробкою сигналів	87
Питання для самоперевірки	92
5. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПРИЙМАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ З ЦИФРОВОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ	93
5.1. Способи технічної реалізації цифрових узгоджених фільтрів	93
5.2. Цифрові пристрої кореляційної обробки прийнятих сигналів	102
Питання для самоперевірки	106
6. ЕХОСИГНАЛИ ТА ЇХ МОДЕЛІ	107
6.1. Основні характеристики повітряних об'єктів і цілей як об'єктів радіолокаційного виявлення.....	107
6.2. Математичний запис ехосигналів	114
6.3. Флуктуації, міжперіодна і міжоглядова кореляція сигналів.....	116
Питання для самоперевірки	121
7. ТЕХНІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ ОСНОВНИХ КЛАСІВ	122
7.1. Класифікація оглядових радіолокаційних станцій	122
7.2. Типові технічні й конструктивні рішення для радіолокаційних станцій основних класів.....	126
Питання для самоперевірки	129
ЛІТЕРАТУРА	130

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ЛЗ	– активна завада
ЛК	– антенний комутатор
ЛПЧ	– автоматичне підстроювання частоти
ЛСУ	– автоматизована система управління
АТО	– антитерористична операція
АФС	– антенно-фідерна система
АФТ	– антенно-фідерний тракт
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач
АЧХ	– амплітудно-частотна характеристика
БВЧ	– блок високої частоти
БпЛА	– безпілотний літальний апарат
БР	– бойовий режим
БУіАР	– батарея управління і артилерійської розвідки
ВМС	– Військово-Морські Сили
ВНЦВ	– виявлення, наведення та цілевказання
ВЧ	– висока частота
ДДЗ	– дистанційне зондування Землі
ДЛЗ	– дисперсійна лінія затримки
ДПФ	– дискретне перетворення Фур'є
ДСА	– діаграма спрямованості антени
ДЦМ	– дециметровий
ЕМХ	– електромагнітна хвиля
ЕОМ	– електронно-обчислювальна машина
ЕПР	– ефективна площа розсіювання
ЕРС	– електронно-рушійна сила
ЗАК	– зенітний артилерійський комплекс
ЗІН	– засіб повітряного нападу
ЗРВ	– зенітні ракетні війська
ЗРГК	– зенітний ракетно-гарматний комплекс
ЗРК	– зенітний ракетний комплекс
ЗС	– Збройні Сили
ІКО	– індикатор кругового огляду
ІЧ	– інфрачервоний
КББ	– контрбатарейна боротьба

Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору

ККД	–	коефіцієнт корисної дії
КП	–	командний пункт
КПЛ	–	комплекс пасивної локації
КСД	–	коефіцієнт спрямованої дії
КХ	–	короткі хвили
ЛА	–	літальний апарат
ЛЧМ	–	лінійно-частотно-модульований
МДН	–	метал-діелектрик-напівпровідник
НВЧ	–	надвисока частота
НРЗ-П	–	наземний радіолокаційний запитувач системи “Пароль”
ОЕС	–	оптико-електронна система
ОЗП	–	оперативний запам’ятовуючий пристрій
ПАЗ	–	постановник активних завад
ПВЧ	–	підсилювач високої частоти
ПЗП	–	постійний запам’ятовуючий пристрій
ПЗРК	–	переносний зенітний ракетний комплекс
ПКР	–	протикорабельна ракета
ПНК	–	пілотажно-навігаційний комплекс
ПНЧ	–	підсилювач низької частоти
ППК	–	приймально-предавальна кабіна
ППО	–	протиповітряна оборона
ППЧ	–	підсилювач проміжної частоти
ПС	–	Повітряні Сили
ПЧ	–	проміжна частота
РЕЗ	–	радіоелектронний засіб
РЛГСН	–	радіолокаційна головка самонаведення
РЛІ	–	радіолокаційна інформація
РЛК	–	радіолокаційний комплекс
РЛО	–	радіолокаційне озброєння
РЛП	–	радіолокаційне поле
РЛС	–	радіолокаційна станція
РЛС БР	–	РЛС бойового режиму
РЛС ЧР	–	РЛС чергового режиму
РПП	–	радіопредавальний пристрій
РПрП	–	радіоприймальний пристрій
РТВ	–	радіотехнічні війська

Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору

рф	– російська федерація
СКВ	– середньоквадратичне відхилення
СМ	– сантиметровий
ССЦР	– станція супроводу цілей і ракет
СУФ	– смуговий узгоджений фільтр
с/ш	– сигнал/шум
США	– Сполучені Штати Америки
ТП	– тривалість пачки (сигналів)
ТТХ	– тактико-технічні характеристики
УКХ	– ультракороткі хвилі
ФАР	– фазована антенна решітка
ФКМ	– фазо-кодо-маніпульований
ФМ	– фазова модуляція
ФНЧ	– фільтр низької частоти
ФЧХ	– фазочастотна характеристика
ЦАП	– цифро-аналоговий перетворювач
ЦУФ	– цифровий узгоджений фільтр
ЦФ	– цифровий фільтр
ЧМ	– частотна модуляція
ЧР	– черговий режим
ЧКП	– частотне коливання променя
SAR	– Synthetic Aperture Radar (радіолокаційне синтезування апертури)

ВСТУП

Підручник “Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору” має на меті сформувавши у слухача, курсанта та(або) студента знання, вміння й навички щодо теорії і практики побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору та побудови радіолокаційної системи протиповітряної оборони в цілому.

Складається з двох частин. У частині I “Технічні основи оглядової радіолокації” викладено стислий огляд радіолокаційних станцій різного призначення, що на сьогодні застосовуються в російсько-українській війні, основні принципи побудови радіолокаційних станцій наземного базування та наводяться основні технічні рішення щодо їх побудови, пояснювальні рисунки принципів і методів радіолокації, структурні та функціональні схеми основних систем радіолокаційних станцій та їх складових частин. Аналізується вплив характеристик цілі й завад на роботу радіолокаційних станцій, а також методи захисту радіолокаційних станцій.

Одним з головних завдань Повітряних Сил Збройних Сил України є попередження про початок нападу повітряного противника і боротьба з ним, а в мирний час – бойове чергування з охорони Державного кордону України у повітряному просторі та контролю порядку використання повітряного простору України.

Радіотехнічні війська є основним джерелом інформації про повітряну обстановку. Вони призначені для:

– ведення радіолокаційної розвідки і видачі бойової та розвідувальної інформації на командні пункти повітряних командувань Повітряних Сил, командні пункти з’єднань та частин зенітних ракетних військ авіації, частин радіоелектронної боротьби;

– забезпечення ведення бойових дій і бойового управління з’єднаннями, частинами й підрозділами;

– оповіщення військ та об’єктів про початок повітряного нападу;

– здійснення контролю за польотами (перельотами) своєї авіації;

– контролю у взаємодії з органами обслуговування повітряного руху за дотриманням правил використання повітряного простору і порядком перетину державного кордону України повітряними суднами усіх відомств та іноземних держав.

Контроль за дотриманням правил використання повітряного простору здійснюється шляхом радіолокаційного та диспетчерського контролю з боку радіотехнічних військ.

Додатковими завданнями радіотехнічних військ є:

- виявлення надводних цілей;
- розвідка наземного і морського противника, радіаційна, хімічна та біологічна розвідка у районах свого розташування;
- спостереження за метеорологічною обстановкою.

У мирний час радіотехнічні війська ведуть безперервну радіолокаційну розвідку черговими силами з метою забезпечення розвідувальною і бойовою інформацією чергових сил по протиповітряній обороні та контроль порядку використання повітряного простору.

Разом з розгорнутими для виконання бойових завдань радіотехнічними підрозділами оперативних командувань, зенітних ракетних, зенітних артилерійських і авіаційних з'єднань (частин) радіотехнічні війська створюють систему розвідки повітряного противника й оповіщення про нього.

Г. В. Худовим написано вступ, розділи 1–7 та проведена загальна редакція підручника; Б. А. Лісогорським написано розділи 2, 3, 6, 7; Ю. С. Соломоненком написано розділи 2, 5–7; І. А. Хижняк написані розділи 1, 2, 4–7; І. Ю. Юзовою написані розділи 1, 4–6; В. М. Лішенком написані розділи 4, 5; Д. Б. Жуйковим написані розділи 2, 7.

Автори будуть вдячні всім, хто надасть свої зауваження і пропозиції за змістом книги.

Нявчальне видання

ХУДОВ Геннадій Володимирович
ЛІСОГОРСЬКИЙ Богдан Анатолійович
СОЛОМОНЕНКО Юрій Станіславович
ХИЖНЯК Ірина Анатоліївна
ЮЗОВА Ірина Юріївна
ЛІЩЕНКО Віталій Миколайович
ЖУЙКОВ Дмитро Борисович

ОСНОВИ ПОБУДОВИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Частина I

ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ОГЛЯДОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ

Підручник
для слухачів, курсантів та студентів
вищих навчальних закладів

Відповідальна за випуск *І. А. Хижняк*
Редактор *Н.К. Гур'єва*
Коректор *Л.Ф. Моренцєв*

Підписано до друку *03.03.2023* р. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 7,85.
Тираж 70 пр. Зам. № *1/55-2023*

Видавць 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 р.