

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

**РОЗВІДКА НАЗЕМНИХ МІН З
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ
(ВИДИМИЙ ДІАПАЗОН ДОВЖИН ХВИЛЬ)**

МОНОГРАФІЯ



Київ
2025

УДК 623.67:623.746-519](091)

Р64

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Інституту загальної енергетики НАН України (протокол № 9 від 22 травня 2025 року)

Рецензенти:

А. А. Халатов, академік Національної академії наук України;

О. Г. Корченко, член-кореспондент Національної академії наук України.

За редакцією академіка Національної академії наук України В. П. Бабака.

Розвідка наземних мін з безпілотних літальних апаратів (видимий діапазон довжин хвиль): колективна монографія / С. І. Ковтун, С. П. Мосов, О. О. Назаренко, В. Р. Нероба, О. В. Селюков, С. А. Станкевич, Т. Д. Чубіна; за заг. ред. академіка НАН України В. П. Бабака. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2025. 288 с.

ISBN 978-966-2622-57-7

Монографія розкриває історичні питання створення та застосування мінної зброї, визначення її ролі в сучасних війнах і прикордонних конфліктах; стан світової проблеми розмінування; класифікацію наземних мін як об'єктів розвідки за допомогою апаратури розвідки (видимий діапазон довжин хвиль) безпілотного літального апарату мультироторного типу; побудову моделі сигнатур мін; формування вимог до апаратури розвідки (видимий діапазон довжин хвиль) наземних мін та аналізу тактико-технічних характеристик сучасної видової апаратури розвідки наземних мін безпілотного літального апарату; методичні підходи до виявлення наземних мін із використанням цифрових аерознімків тощо.

Праця підготовлена колективом авторів у складі: доктора технічних наук, старшого дослідника С. І. Ковтун; заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, доктора військових наук, професора С. П. Мосова; кандидата технічних наук О. О. Назаренка; кандидата військових наук, доцента В. Р. Нероби; лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, доктора технічних наук, професора О. В. Селюкова; лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, доктора технічних наук, професора С. А. Станкевича; заслуженого працівника освіти України, доктора історичних наук, професора Т. Д. Чубіної. Сьомий розділ підготовлено у співавторстві з Є. Ю. Саприкіним.

Текст монографії підготовлено з використанням відкритих для дослідження матеріалів, досвіду зарубіжних країн та України.

УДК 623.67:623.746-519](091)

© С. І. Ковтун, С. П. Мосов, О. О. Назаренко, В. Р. Нероба,
О. В. Селюков, С. А. Станкевич, Т. Д. Чубіна, 2025

ISBN 978-966-2622-57-7

© Видавничий дім «Вініченко», 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	11
Розділ 1. ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ МІННОЇ ЗБРОЇ	13
1.1. Зародження мінної зброї	14
1.2. Перша мінна зброя з використанням енергії вибуху	18
1.3. Вплив відкриттів і винаходів ХІХ століття на розвиток мінної зброї	23
1.4. Розвиток мінної зброї на початку ХХ століття	29
1.5. Мінна зброя в період Другої світової війни	32
1.6. Розвиток інженерних боєприпасів після Другої світової війни	35
<i>Список літератури до розділу 1</i>	<i>39</i>
Розділ 2. МІННА ЗБРОЯ У ФОКУСІ СУЧАСНИХ ВІЙН І ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТІВ	43
2.1. Мінна зброя як фактор впливу на хід бойових дій	44
2.2. Югославські війни	51
2.3. Війни в Іраку	53
2.4. Чеченські воєнні кампанії	56
2.5. Арабо-ізраїльські війни	58
2.6. Бойові дії в Сирії	58
2.7. Мінні війни на кордонах	59
2.8. Російсько-українська війна	60
<i>Список літератури до розділу 2</i>	<i>62</i>
Розділ 3. СВІТОВА ПРОБЛЕМА РОЗМІНУВАННЯ	65
3.1. Сучасний стан світової проблеми розмінування	66
3.2. Сучасні підходи до розв'язання проблеми розмінування	71
<i>Список літератури до розділу 3</i>	<i>84</i>

Розділ 4. МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ СИГНАТУР НАЗЕМНИХ МІН	87
4.1. Дослідження характеристик мін	88
4.2. Визначення розпізнавальних ознак мін	99
4.2.1. Класифікація мін як об'єктів розвідки за допомогою видової апаратури БпЛА	99
4.2.2. Розпізнавальні ознаки мін на цифрових аерознімках	104
4.3. Методика побудови моделей сигнатур міни	104
4.3.1. Моделі сигнатур мін	107
4.3.2. Структура та зміст методики	122
<i>Список літератури до розділу 4</i>	125
Розділ 5. МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО АПАРАТУРИ ВИДОВОЇ РОЗВІДКИ НАЗЕМНИХ МІН БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА	127
5.1. Умови і фактори, що впливатимуть на функціонування АВР БпЛА при розвідці мін	128
5.1.1. Визначення показників ефективності функціонування АВР БпЛА	128
5.1.2. Визначення умов і факторів, що впливатимуть на функціонування АВР БпЛА	131
5.2. Визначення принципів формування вимог до АВР БпЛА ...	135
5.3. Методика формування вимог до АВР БпЛА	139
5.3.1. Обґрунтування вимог до АВР БпЛА	139
5.3.2. Структура та зміст методики	153
<i>Список літератури до розділу 5</i>	158
Розділ 6. ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЧАСНОЇ ВИДОВОЇ АПАРАТУРИ РОЗВІДКИ НАЗЕМНИХ МІН БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА	161
6.1. Особливості оптико-електронних пристроїв	162
6.2. Спектральний діапазон функціонування оптико-електронних пристроїв	165
6.3. Апаратура розвідки видимого діапазону довжин хвиль	166

6.4. Дуальні камери видимого та інфрачервоного діапазонів	168
6.5. Інфрачервона апаратура розвідки	170
6.6. Багатоспектральна апаратура розвідки	174
6.7. Гіперспектральна апаратура розвідки	178
6.8. Системи стабілізації аерознімального обладнання БпЛА	182
6.9. Інтегрована апаратура розвідки	183
<i>Список літератури до розділу 6</i>	186

Розділ 7. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЯВЛЕННЯ НАЗЕМНИХ МІН З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОЗНІМКІВ	189
7.1. Розпізнавальні ознаки наземних мін	190
7.2. Статистичний підхід до виявлення мін на багатоспектральних аерознімках	192
7.3. Статистичний підхід до виявлення мін на інфрачервоних аерознімках	195
7.4. Нейромережевий підхід до виявлення мін на аерознімках	196
7.5. Виявлення мін на основі комплексування даних від різних аерознімків	198
7.6. Статистичний підхід до виявлення мін за магнітометричними вимірюваннями	200
7.7. Використання непрямих ознак для виявлення мін на аерознімках	202
<i>Список літератури до розділу 7</i>	209

Розділ 8. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА РОЗВІДКИ НАЗЕМНИХ МІН	217
8.1. Принципи формування тактико-технічних вимог до безпілотних авіаційних комплексів і методичний підхід до вибору найкращого варіанту	218
8.2. Рекомендації щодо організації технічної експлуатації БпЛА	233
8.3. Рекомендації щодо організації льотної експлуатації БпЛА	240
<i>Список літератури до розділу 8</i>	243

ЗАКІНЧЕННЯ	246
ДОДАТКИ	247
Додаток А. Класифікація інженерних мін	248
Додаток Б. Російські міни	251
Додаток В. Непрямі розпізнавальні ознаки мінування	270
ГЛОСАРІЙ	277

ПЕРЕДМОВА

Прогресивна спільнота світу стурбована розвитком на базі новітніх досягнень науково-технічного прогресу різновидів мінної зброї та зростанням негативних наслідків її застосування під час широкомасштабних і локальних війн, збройних і прикордонних конфліктів, що пов'язано з чисельною загибеллю як комбатантів, так і некомбатантів – мирного населення, серед якого значний відсоток загиблих припадає на дітей.

Мінна зброя має досить довгу історію, а її винаходження з використанням енергії порохового вибуху вже нараховує декілька століть. Міни та вибухонебезпечні пристрої за тривалий час їхнього застосування в ході чисельних воєнних конфліктів перетворилися на одну з найбільших небезпек у світі, яка з часом, згідно зі світовою статистикою, все більше актуалізується.

Як показує аналіз, жоден із розроблених раніше методів виявлення мін за своїми основними параметрами (чутливість, вибірковість, швидкодія) не задовольняє ні вимоги стандартів ООН з гуманітарного розмінування, ні загальне завдання глобального розмінування планети. Небезпеки мінної ситуації для військ (сил) і населення вимагають розробки більш ефективних засобів і нових методів виявлення мін та розмінування.

Одним з актуальних світових напрямів виявлення мін є розроблення робототехнічних комплексів. У зв'язку з розвитком різноманітних БпАК активізувалась ідея застосування БпЛА для ведення розвідки мінної обстановки, виявлення і дистанційного знищення мін. Саме безпілотною мультикоптерного типу вже сьогодні здатний піднімати апаратуру вагою понад 50 кг, звисати над об'єктами, літати автономно по закладеній у нього програмі тощо. Розвиток штучного інтелекту створює підстави для винаходження більш ефективних для розмінування роботизованих комплексів.

Враховуючи зростаючий інтерес до застосування безпілотної авіації для оперативного виявлення мін, авторський колектив намагався системно сконцентрувати увагу читачів на такому: історичні аспекти створення та застосування мінної зброї; роль мінної зброї в сучасних війнах і прикордонних конфліктах; світова проблема розмінування; методичний апарат побудови моделей сигнатур наземних мін; методичний апарат формування вимог до апаратури БпЛА щодо розвідки наземних мін; характеристики сучасної видової апаратури БпЛА щодо розвідки наземних мін; методичні підходи до виявлення наземних мін із використанням цифрових аерознімків; рекомендації щодо вибору та забезпечення функціонування БпЛА з апаратурою розвідки наземних мін, що працює у видимому діапазоні довжин хвиль електромагнітного спектра.

Структура монографії

Монографія складається з восьми розділів, списків використаних джерел до кожного розділу, додатків і глосарія.

Перший розділ розкриває факти світової історії зародження мінної зброї, ведення підземних мінних війн; зазначено особливості виникнення перших наземних мін, в яких застосовувалась енергія вибуху; висвітлено вплив відкриттів і винаходів XIX ст. на стан розвитку мінної зброї; визначено тенденції та стан розвитку мінної зброї на початку XX ст.; розкрито історичні аспекти застосування мінної зброї в період Другої світової війни, а також особливості розвитку інженерних боєприпасів після Другої світової війни.

У другому розділі досліджено вплив мінної зброї на хід бойових дій; досліджено роль мінної зброї в сучасних війнах на прикладі воєнних конфліктів кінця XX ст. – першої чверті XXI ст.: югославські війни; війни в Іраку; чеченські воєнні кампанії; арабо-ізраїльські війни; бойові дії в Сирії; російсько-українська війна (прим. на період підготовки монографії), а також у прикордонних конфліктах.

Третій розділ охоплює питання, пов'язані з дослідженнями сучасного стану світової проблеми розмінування, а також сучасних підходів до її розв'язання.

У четвертому розділі досліджено характеристики наземних мін, що застосовуються в сучасних війнах; визначено розпізнавальні ознаки наземних мін і запропоновано класифікацію наземних мін як об'єктів розвідки за допомогою апаратури видової розвідки БпЛА (видимий діапазон довжин хвиль); визначено розпізнавальні ознаки наземних мін на цифрових аерознімках; запропоновано методику побудови моделей сигнатур наземних мін.

П'ятий розділ розкриває питання розробки методичного апарату формування вимог до апаратури видової розвідки БпЛА щодо виявлення наземних мін; визначено показники ефективності функціонування апаратури видової розвідки БпЛА, умови і фактори, що впливатимуть на її функціонування; обґрунтовано принципи і методику формування вимог до апаратури видової розвідки БпЛА.

У шостому розділі досліджено характеристики сучасної видової апаратури розвідки наземних мін БпЛА; визначено особливості та проаналізовано спектральний діапазон функціонування оптико-електронних пристроїв; досліджено апаратуру розвідки видимого діапазону, дуальні камери видимого та інфрачервоного діапазонів, інфрачервону апаратуру розвідки, багатоспектральну та гіперспектральну апаратуру розвідки наземних мін.

У сьомому розділі запропоновано класифікацію розпізнавальних ознак наземних мін; розкрито методичні підходи до виявлення наземних мін на цифрових аерознімках за прямими і непрямыми ознаками з використанням багатоспектральних та інфрачервоних камер, а також параметричними даними магнітометричних сенсорів; наведено методичні підходи до виявлення наземних мін на основі використання згорткових нейронних мереж і методу комплексування.

Восьмий розділ містить рекомендації щодо вибору та забезпечення функціонування БпЛА розвідки наземних мін; обґрунтовано принципи формування тактико-технічних вимог до БпЛА

і методичний підхід до вибору найкращого варіанту, а також рекомендації щодо організації льотної та технічної експлуатації БпАК.

Закінчення систематизує роль і місце безпілотної авіації у справі виявлення наземних мін.

У *додатках* наведено класифікацію мін, дані про російські міни, що застосовуються в російсько-українському збройному протистоянні, і деякі непрямі розпізнавальні ознаки мінування.

Висловлення вдячності

Авторський колектив вдячний за рецензування монографії академіку Національної академії наук України А. А. Халатову і член-кореспонденту Національної академії наук України О. Г. Корченку, які відгукнулися на прохання авторів і підготували свої рецензії з конструктивними побажаннями з низки питань.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВР – апаратура видової розвідки.
АПР – апаратура параметричної розвідки.
АТО – антитерористична операція.
БпАК – безпілотний авіаційний комплекс.
БпЛА – безпілотний літальний апарат.
БпС – безпілотне повітряне судно.
БРЕО – бортове радіоелектронне обладнання.
ВМС – військово-морські сили.
ВНП – вибухонебезпечні предмети.
ВПС – військово-повітряні сили.
ВР – вибухова речовина.
ДПС України – Державна прикордонна служба України.
ЗС – збройні сили.
ІЧ – інфрачервоний.
МВЗ – мінно-вибухові загородження.
МВП – мінно-вибуховий пристрій.
МВС – Міністерство внутрішніх справ.
МО – Міністерство оборони.
МП – мінне поле.
НЗФ – незаконні збройні формування.
ОВТ – озброєння і військова техніка.
ОЕП – оптико-електронні прилади.
ОЕС – оптико-електронні системи.
ООН – Організація Об’єднаних Націй.
ООС – операція Об’єднаних Сил.
ОС – оптична система.
ПЗЗ – пристрій із зарядовим зв’язком.