

УДК 37.091.3:621.396:629.735.2

DOI <https://doi.org/10.32782/1992-5786.2025.101.22>

М. І. Садовий

доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри інформаційних та цифрових технологій
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

О. М. Трифонова

доктор педагогічних наук, професор,
в.о.завідувача кафедри інформаційних та цифрових технологій
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

В. С. Лутаєнко

здобувач освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти,
спеціальності Професійна освіта (Цифрові технології)
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ РАДІОЕЛЕКТРОННІЙ БОРОТЬБИ ТА ТЕХНІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Поняття радіоелектронної боротьби (РЕБ) охоплює широкий комплекс заходів та технічних засобів, спрямованих на захист власних інформаційних та керуючих систем і на створення перешкод у роботі радіоелектронних засобів противника. У сучасних умовах збройних конфліктів РЕБ набуває особливої ваги: вона впливає на ефективність зв'язку, систем розвідки, управління військами та безпеку критичної інфраструктури. Практичний досвід свідчить, що ключовими завданнями РЕБ є: дезорганізація систем управління противника; спричинення хибної інформації в розвідувальних каналах; нейтралізація або зниження ефективності озброєння та бойової техніки супротивника; а також створення умов для безперебійного функціонування власних систем керування і зв'язку.

У статті проведено огляд сучасних систем РЕБ, їхніх технічних характеристик, функціональних можливостей і критеріїв ефективності. Розглянуто різні класи засобів – від пасивних перешкоджувальних рішень до активних комплексів придушення і глушіння, зокрема засоби протидії радіолокації та методи маскування об'єктів від виявлення. Проаналізовано принципи приховування об'єктів і зниження помітності для радіолокаційних систем, включаючи конструкційні, матеріальні та сигнально-інформаційні заходи.

Окрему увагу приділено специфіці безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у контексті РЕБ: їхнім уразливостям, можливостям використання як носіїв засобів РЕБ чи як об'єктів протидії, а також технічним особливостям, що впливають на взаємодію з радіоелектронними системами. У статті підкреслено важливість системного підходу до підготовки фахівців: навчальна методика має поєднувати теоретичну базу, практичні лабораторні заняття, тренінги з використання сучасних симуляторів та стендів, а також моделювання реальних сценаріїв застосування РЕБ.

Запропоновано методичні рекомендації щодо формування професійних компетентностей здобувачів, які охоплюють від оволодіння фізичними принципами радіохвиль та радіолокації до навичок налаштування, експлуатації та оцінювання ефективності засобів РЕБ. Обґрунтовано необхідність інтеграції міждисциплінарних підходів, підвищення матеріально-технічної бази закладів освіти та розвитку практично орієнтованих програм підготовки, що забезпечать готовність фахівців діяти в умовах сучасних інформаційно-радіоелектронних загроз.

Ключові слова: освітній процес, методика навчання, радіоелектронна боротьба, захист від радіолокації, радіоелектронні засоби, технічні характеристики.

Постановка проблеми. У Законі України «Про основи національного спротиву» (ст. 6) визначено, що основою підготовки громадян України до національного спротиву є їхня загальновійськова підготовка, яка організовується за територіально-зональним принципом, ґрунтується на засадах високої мотиваційної привабливості та узгоджується з процесом трансформації системи комплектування за призовом відповідно до принци-

пів та найкращих практик держав – членів НАТО [2]. Зміст такої підготовки полягає в опануванні базовими загальновійськовими знаннями, практичними вміннями і навичками та поділяється на початкову і базову підготовку. Однією з проблем для студентів спеціальності Професійна освіта (Цифрові технології) є оволодіння теоретичними та практичними знаннями й навичками радіоелектронної боротьби. В умовах ведення бойових

дій радіоелектронна боротьба (РЕБ) набула відчутного, нерідко критичного значення, ставши одним із ключових інструментів можливої протидії високотехнологічним загрозам. Радіоелектронна боротьба (РЕБ) – це сукупність заходів і засобів, спрямованих на досягнення переваги в електромагнітному середовищі шляхом впливу на радіоелектронні системи противника та захисту власних сил й систем [7]. Така діяльність в напрямку РЕБ є невід’ємною частиною сучасної війни на території України, оскільки дозволяє порушити роботу та злагодженість дій в таких напрямках як зв’язок, навігація, управління та розвідка ворога. Сучасні технології невпинно розвиваються. Якщо у 2023 році «Шахеда» мали 4 каналні антени і наявні РЕБ досить успішно з ними справлялися, потім появились 8 каналні, 12 каналні, то уже нині на таких БПЛА встановлено 16 каналні системи. На рис. 1. зображено фото CRPA (Controlled Reception Pattern Antenna, антени з контрольованою направленістю прийому), яку виявив С. Бескrestнов на одному з «Шахедів» [5; 8].

Відповідно необхідно удосконалювати і радіоелектронні засоби для нейтралізації каналів управління поряд із іншими комплексами і видами боротьби. Здебільшого «Шахед» управляється в зоні супутникової навігації і має супутникову систему наведення. Завдання полягає в тому, щоб спотворити його маршрут подавляючи сигнал системами радіоелектронної боротьби. Це означає що РЕБу необхідно створити навколо безпілотної 16 джерел спотворень, щоб вплинути на нього. Водночас забезпечується стійкість і ефективність власних систем управління та зв’язку, у випадку злагодженості дій між суміжними підрозділами сил оборони України. Звідси випливає важливість і актуальність досліджуваної теми в час, коли у ЗВО запроваджується курс базової військової підготовки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Тематика дослідження є порівняно новою для закладів вищої освіти і публікації є регламентовані [7]. Досить широко організація та ведення радіоелектронної боротьби у загальновійськовому бою викладені у відповідних методичних рекомендаціях і тимчасовому порядку оформлення військових публікацій у Збройних Силах України, затвердженого наказом Генерального штабу Збройних Сил України від 26 грудня 2018 року № 460 [4].

Дослідженню сучасних методів РЕБ та методів і засобів її протидії присвячені роботи І. Опіського, Р. Бибика. Вони детально розглянули сучасний етап розвитку провідних держав світу, де окреслені пріоритетні засоби зв’язку та передачі інформації включаючи й засоби радіоелектронної боротьби. Цей компонент забезпечує інформаційну перевагу протидіючих систем.

В. Артюх, І. Купріянов, В. Левенець вивчили перешкодозахищеність системи РЕБ, окреслили характеристики й здатність, що визначають необхідну точність визначення інформативних параметрів сигналів та їх пропускну здатність.

А. Чорний, Г. Сідун, П. Тімофєєв розглянули проблему технічних особливостей безпілотної літальних апаратів, взявши за основу Shahed та Mohajer. Виділили їх сильні та вразливі сторони. Приділили увагу засобам і методам боротьби з ними, зокрема радіоелектронній боротьбі, системам кінетичного/некінетичного ураження, автоматизованим системам виявлення та знищення безпілотної літальних апаратів, а також організаційним заходам із побудови багаторівневих систем оборони.

К. Іванов, М. Садовий, Д. Соменко, О. Трифонова досліджували технології дистанційного керування БПЛА.

Результати вказаних досліджень переконливо вказують на доцільність упровадження у відповідні

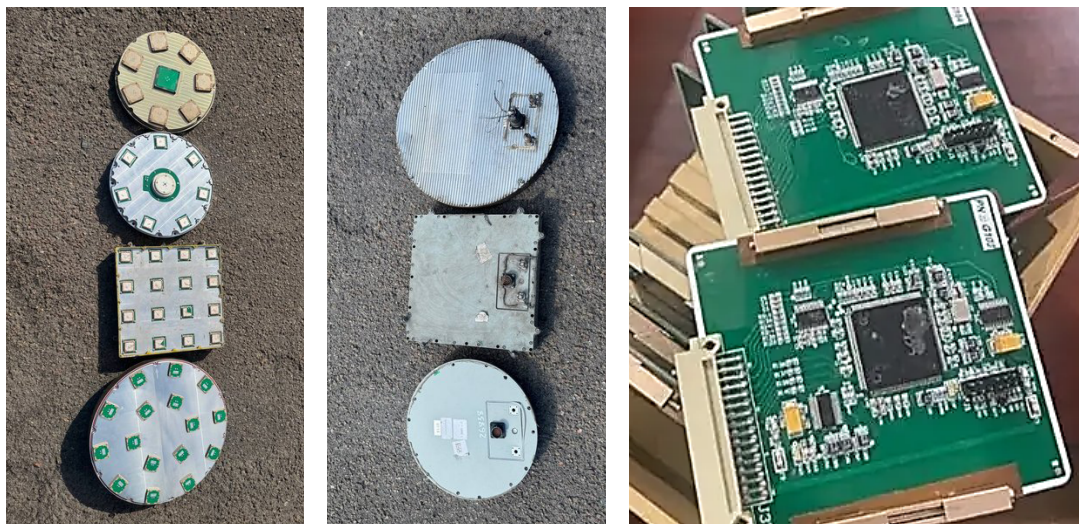


Рис. 1. Багатоканальні антенні системи та процесор дрону [8]

навчальні курси навчального матеріалу пов'язаного із безпілотними літальними апаратами.

Мета статті пов'язана з визначенням переваг та недоліків методів та засобів радіоелектронної боротьби, їх ефективності у боротьбі з радіоелектронними загрозами. Звернути увагу, що для досягнення поставленої мети необхідно запровадити в освітній процес теоретичні засади РЕБ, основні методи і засоби, що використовуються в радіоелектронній боротьбі, окресливши й методи її протидії.

Виклад основного матеріалу. У навчанні студентів спеціальності Професійна освіта (Цифрові технології) визначений напрямок є досить важливим і має включати три основні компоненти:

- радіоелектронна розвідка (РЕР) як явище виявлення, перехоплення та аналіз сигналів противника з метою отримання розвідувальної інформації;

- радіоелектронне придушення (РЕП) як створення активних радіо-електронних перешкод, які заважають або повністю блокують роботу ворожих систем зв'язку, навігації, радіолокації;

- радіоелектронний захист (РЕЗ) як заходи, що забезпечують стійкість і захист власних робочих систем від впливу ворожих засобів радіо-електронного подавлення, включаючи радіо-маскування, зміну робочих частот, резервування каналів зв'язку.

З теперішніми викликами війни у закладах освіти формуються методи навчання радіо-електронної боротьби, що охоплюють боротьбу з безпілотними літальними апаратами, захист від високоточної зброї, а також використання штучного інтелекту для автоматизації зібраної інформації, аналізу сигнатур сигналів і ухвалення рішень у реальному часі.

Особлива роль відводиться розвитку штучного інтелекту, де системи радіо-електронного виявлення та подавлення активно застосовуються для виявлення, придушення та нейтралізації ворожих безпілотників, засобів зв'язку та навігації. Зокрема, використання систем «Покрова» та окопних засобів радіо-електронного подавлення для захисту від ворожих FPV-дронів і так званих «Шахедів», підтверджують ефективність електронних засобів захисту в реальних бойових умовах [1; 9]. Паралельно, стрімкий розвиток штучного інтелекту (ШІ) відкриває нові горизонти для вдосконалення засобів радіо-електронної боротьби. Тут має місце автоматизоване виявлення сигналів, адаптивне управління перешкодами, здатність до аналізу великих обсягів даних у реальному часі. В цілому все це потенційно здатне вивести електронну боротьбу на новий технологічний рівень. Однак впровадження ШІ супроводжується низкою критичних викликів, серед яких виокремлюються етичні й правові обмеження, ризики автономного

машинного ухвалення рішень без вибору людини, що може призвести до негативних результатів, а також брак вузько-направлених фахівців, здатних працювати на перетині цифрових технологій, електроніки та військової тактики [4; 11]. Навчання таких спеціалістів потребує суттєвого оновлення освітніх підходів, методів, інтеграції інноваційних технологій та створення симуляційних середовищ, які були б максимально наближеними до теперішніх бойових реалій та ситуацій [3].

Саме тому дослідження проблем розвитку автоматизованого ШІ в межах навчання базових основ радіо-електронної боротьби є надзвичайно актуальним в сучасних реаліях [10].

Цифрові технології на базі ШІ також використовуються для аналізу спектру електромагнітного випромінювання, що включає виявлення аномалій, прихованих сигналів або нових типів випромінювання, які не були заздалегідь відомі. Це особливо важливо в умовах використання противником нестандартних або адаптивних засобів зв'язку, безпілотних літальних апаратів [9].

Звідси випливає необхідність підготовки фахівців на базових рівнях, використовуючи білінгвальний підхід та наукові матеріали, для кращого усвідомлення, підготовки та розвитку [6]. Це дозволить нам не лише виявити технічні та організаційні бар'єри, а й сформувати стратегію підготовки фахівців, здатних ефективно реалізовувати потенціал новітніх технологій у сфері оборони. Хоча прямі дослідження білінгвального підходу саме в вивченні РЕБ обмежені, загальні педагогічні принципи свідчать про його ефективність. Білінгвальне навчання сприяє кращому засвоєнню термінології, особливо в технічних дисциплінах, де англійська є мовою міжнародної комунікації. У військових курсах, таких як «Основи військового зв'язку та РЕБ», часто використовується англійськомовне програмне забезпечення та документація, що робить білінгвальний підхід практично необхідним [4; 7].

Таким чином, у сучасних умовах цифрові технології та штучний інтелект дедалі активніше інтегрується в різні алгоритми виявлення, класифікації та нейтралізації сигналів противника. Однією з головних переваг є здатність ШІ до обробки великих обсягів даних у реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміну електромагнітного середовища та адаптувати сплановані стратегії протидії.

Завдяки можливостям машинного навчання системи радіо-електронного виявлення та подавлення можуть автоматично розпізнавати типи радіо-сигналів, визначати джерело електромагнітного випромінювання та генерувати відповідні перешкоди. Наприклад, когнітивні РЕБ-системи здатні самостійно змінювати параметри роботи: частоту, потужність, модуляцію – залежно від дій

противника, що значно підвищує ефективність електронної протидії.

Окрему увагу під час занять зі здобувачами освіти відводиться методиці навчання **протидії дронам** під час здобуття, насамперед теоретичних знань, щоб в підсумку закріпити отримані знання на практичних заняттях. Послідовність навчального процесу відповідає циклу наукового пізнання від живого споглядання до абстрактного мислення, а від нього до практики. У випадку набуття певного теоретичного та практичного досвіду один із варіантів такого навчання включає:

- теоретичний етап (1–2 тижні): ознайомлення з типами дронів (FPV, розвідувальні, ударні); принципи їх роботи, канали зв'язку, вразливості; основи РЕБ та засобів виявлення БпЛА; аналіз тактик противника (на основі відкритих джерел, зокрема аналітики «Боривітер»).

- моделювання ситуацій (3-й тиждень): робота з симуляторами або макетами дронів; вивчення сценаріїв застосування РЕБ, димових завіс, фізичного знищення дронів тощо.

- практичний етап (4-й тиждень і далі): відпрацювання дій у польових умовах; використання антидронових рушниць, мобільних РЕБ-комплексів, спостереження за повітряною обстановкою; командна взаємодія та розподіл ролей у навчальних групах.

Чому важливо починати з теорії? У матеріалах «SPADOK» та методичних рекомендаціях для інструкторів БПЛА підкреслюється, що без глибокого розуміння принципів роботи дронів та засобів протидії – практичні навички залишаються поверхневими [4]. Тому теорія формує критичне мислення, дозволяє адаптуватися до нових загроз і приймати обґрунтовані рішення.

Практика – це чудовий метод для закріплення вивченого матеріалу та адаптації. У звіті «Боривітер» про протидію FPV-дронам зазначено наступне, що ефективність протидії залежить від здатності особового складу швидко реагувати на зміну тактики ворога, що можливо лише через багаторазове відпрацювання дій у змодельованих умовах [9].

До прикладу, сучасні безпілотники можуть змінювати маршрут, обирати цілі та ухилятися від перешкод, за допомогою вбудованих модулів зі штучним інтелектом, що ускладнює виявлення цих ворожих бортів та їх знешкодження. У відповідь на це розробляються РЕБ-системи з вбудованими модулями комп'ютерного машинного зору та нейромережевої обробки сигналів, які дозволяють ефективно виявляти та блокувати такі загрози.

Попри значний потенціал штучного інтелекту в системах РЕБ, його впровадження у військове та цивільне навчання стикається з низкою серйозних викликів. Однією з ключових проблем у вивченні сигнатури є **обмежений доступ до реальних**

бойових даних, необхідних для навчання та тестування різних проєктованих моделей, які використовують цифрові технології та штучного інтелекту. Через засекреченість та обмеження безпеки, більшість навчальних систем змушені використовувати симуляції або застарілі відкриті дані, що знижує ефективність підготовки та збільшує її час [4; 7].

Ще одним бар'єром є **високі вимоги до надійності та безпеки ШІ-систем**. У військовому контексті навіть незначна помилка алгоритму може призвести до критичних наслідків. Це вимагає створення систем із вбудованими механізмами самодіагностики, перевірки рішень та контролю з боку людини [4].

Методика навчання **CRPA** (Controlled Reception Pattern Antenna) полягає в ознайомленні з керованою діаграмою спрямованості антени. Сутність цього процесу полягає у тому, що вона дозволяє формувати таку діаграму прийому сигналу, тобто вона об'єднує сигнали від декількох елементів антени, де спрацьовують методи адаптивної обробки сигналу для підсилення бажаного сигналу і подавлення перешкод, завад, шумів.

Етичні та правові обмеження також відіграють важливу роль. Питання автономного ухвалення рішень, відповідальності за дії ШІ, а також дотримання прав людини в умовах бойових дій залишаються відкритими. У міжнародному середовищі тривають дискусії щодо допустимих меж використання автономних систем у війні, зокрема в межах ініціативи REAIM 2023 [4; 7; 10].

Окрему складність становить **інтеграція ШІ в існуючі методики навчання**. Традиційні підходи до підготовки військових та цивільних фахівців часто не враховують міждисциплінарний характер застосованого та використовуваного штучного інтелекту, що вимагає знань у галузях програмування, математики, електроніки та військової тактики. Це створює потребу в оновленні навчальних програм, розробці адаптивних курсів та підвищенні кваліфікації викладачів.

Висновки та перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження. У статті розкрито актуальні проблеми формування методики підготовки фахівців, яка забезпечить підготовку спеціалістів у галузі радіоелектронної безпеки, дослідженню сучасних методів РЕБ та методів і засобів її протидії в реальних умовах військових дій. Виділені позитивні здобутки в такому навчанні та окреслено невирішені проблеми. Отримані результати можуть бути використані для розробки пропозицій щодо вдосконалення методів та засобів радіоелектронної боротьби та методів її протидії.

Список використаної літератури:

1. Артюх В.М., Купріянов І.Л., Левенець В.О. Аналіз ефективності систем радіоелектронної

- боротьби за методикою множинного вибору. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2017. № 881. С. 95–101.
2. Закон України «Про основи національного спротиву» Відомості Верховної Ради (ВВР), 2021, № 41, ст. 339.
 3. Иванов К.В., Садовий М.І., Соменко Д.В., Трифонова О.М. Технології дистанційного керування БПЛА. *Проблеми та інновації в математичній, цифровій, природничій і професійній освіті*: зб. матер. XVI Міжнар. наук.-практ. онлайн-інтернет конф., м. Кропивницький, 20 лист. – 14 груд. 2023 р. / Відп. ред. М.І. Садовий. Кропивницький: РВВ ЦДУ ім. В. Винниченка, 2023. С. 100–103.
 4. Організація та ведення радіоелектронної боротьби у загальновійськовому бою: метод. реком. Київ: ВД «СВАРОГ», 2025. 232 с.
 5. Раніше було 8 каналів, тепер 16. URL: <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/ataka-shahediv-u-povitryanih-silah-proreaguvali-na-novu-kitaysku-antenu-na-vorozhiv-dronah-50500500.html> (дата звернення: 30.09.2025)
 6. Садовий М.І., Трифонова О.М., Вергун І.В. Методика формування інноваційного напрямку дослідження полілінгвального навчання. *Наукові записки малої академії наук України*. 1 (26) 2023. С. 80–87.
 7. Тимчасовий порядок оформлення військових публікацій у Збройних Силах України, ВКДП 1-00(03).01, затверджена наказом Генерального штабу Збройних Сил України від 26 грудня 2018 року № 460.
 8. Фото UT7UD. URL: <https://www.facebook.com/Serhii.Flash/posts> (дата звернення: 30.09.2025)
 9. Чорний А.О., Сідун Г.Л., Тимофєєв П.В. Особливості протидії безпілотним літальним апаратам іранського виробництва. *Зб. наук. праць Нац. академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки*. Хмельницький, 2025. № 1(98). С. 92–103.
 10. McPeak W.M., et al. Design of nanostructured metamaterials for optical magnetometry. *Nature materials* 14.4. 2015. pp. 395–400. <https://www.nature.com/articles/nmat4221>.
 11. Opirskyy I., Bybyk R. Research on modern methods of Electronic Warfare (EW) and methods and means of its counteraction. *Ukrainian Scientific Journal of Information Security*, 2023, vol. 29, issue 2, pp. 88–97.

Sadovyi M., Tryfonova O., Lutayenko V. Methodology for teaching students about electronic warfare and the technical features of unmanned aerial vehicles

The concept of electronic warfare (EW) encompasses a wide range of measures and technical means aimed at protecting one's own information and control systems and at creating obstacles in the operation of enemy electronic means. In modern conditions of armed conflicts, EW acquires special importance: it affects the effectiveness of communications, intelligence systems, command and control of troops and the security of critical infrastructure. Practical experience shows that the key tasks of EW are: disorganization of enemy control systems; causing false information in intelligence channels; neutralizing or reducing the effectiveness of enemy weapons and military equipment; as well as creating conditions for the uninterrupted functioning of one's own control and communication systems.

The article reviews modern EW systems, their technical characteristics, functional capabilities and efficiency criteria. Various classes of means are considered – from passive interference solutions to active suppression and jamming complexes, in particular means of countering radar and methods of masking objects from detection. The principles of concealment of objects and reduction of visibility for radar systems are analyzed, including structural, material and signal-information measures.

Special attention is paid to the specifics of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the context of electronic warfare: their vulnerabilities, possibilities of use as carriers of electronic warfare means or as objects of countermeasures, as well as technical features that affect interaction with radio-electronic systems. The article emphasizes the importance of a systematic approach to training specialists: the training methodology should combine a theoretical base, practical laboratory classes, training in the use of modern simulators and stands, as well as modeling real scenarios of electronic warfare use.

Methodological recommendations are proposed for the formation of professional competencies of applicants, which range from mastering the physical principles of radio waves and radar to the skills of setting up, operating and assessing the effectiveness of electronic warfare means. The need for integration of interdisciplinary approaches, improvement of the material and technical base of educational institutions, and development of practically oriented training programs that will ensure the readiness of specialists to act in the conditions of modern information and radio-electronic threats is substantiated.

Key words: educational process, teaching methodology, electronic warfare, radar protection, electronic means, technical characteristics.

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 27.11.2025