

Радіорозвідка та радіоподавлення систем КХ/УКХ зв'язку

Radio Reconnaissance and Radio Jamming of HF/VHF Communication Systems

Олег Буданов

Corresponding author: науковий співробітник науково-дослідного відділу, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1105-4245>

Євген Хоменко

аспірант, начальник Науково-дослідного центру, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-7006-3439>

Роман Краснов

кандидат технічних наук, доцент, начальник науково-дослідного відділу, e-mail: r.krasnov@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-8889-1868>

Сергій Попрієнко

науковий співробітник науково-дослідного відділу, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-8517-1045>

Ігор Светлічний

аспірант, науковий співробітник науково-дослідного відділу, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7328-548X>

Oleg Budanov

Corresponding author: Research Associate of the Scientific Research Department, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1105-4245>

Yevhen Khomenko

PhD student, Head of the Research Center, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-7006-3439>

Roman Krasnov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Research Department, e-mail: r.krasnov@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-8889-1868>

Serhii Popriienko

Research Associate of the Scientific Research Department, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-8517-1045>

Igor Svetlichnyi

PhD student, Researcher of the Scientific Research Department, e-mail: centrd@dsst.gov.ua, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7328-548X>

Науково-дослідний центр Державної спеціальної служби транспорту, м. Дніпро, Україна

Research Center of the State Special Transport Service, Dnipro, Ukraine

Received: June 2, 2026 | Revised: June 29, 2026 | Accepted: June 30, 2026

УДК: 623.61:621.396.96 + 623.4.018

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.3.8>

Мета дослідження. Аналіз сучасного розуміння цілей і завдань електромагнітної боротьби, стану систем радіозв'язку, що використовуються збройними силами РФ в тактичній ланці управління, а також існуючих технологій радіоелектронної розвідки та радіоелектронного подавлення систем радіозв'язку короткохвильового і ультракороткохвильового діапазонів.

Методи дослідження. Методологічну основу дослідження становлять аналіз, синтез, дедукція, порівняльний метод, а також елементи системного аналізу. Аналітичний метод використано для опрацювання відкритих джерел і тактико-технічних характеристик, що дало змогу здійснити систематизацію сучасних підходів до ведення електромагнітної боротьби. Синтез і дедукцію використано для узагальнення емпіричного матеріалу та формулювання висновків щодо вразливостей систем радіозв'язку. Порівняльний аналіз застосовано для оцінки комплексів радіоелектронної розвідки та радіоелектронного подавлення, що перебувають на озброєнні армій країн – партнерів та Сил оборони України.

Результати дослідження. У статті встановлено, що сучасні засоби електромагнітної боротьби істотно розширюють можливості протидії системам радіозв'язку противника та дезорганізації його систем управління військами. Обґрунтовано, що ключову роль відіграє мінімізація циклу «виявлення – аналіз – подавлення (ураження)», у тому числі за рахунок інтеграції станцій радіоелектронної розвідки та радіоелектронного подавлення у єдиний інформаційний простір.

Практична цінність. Результати дослідження можуть бути використані для обґрунтування вибору перспективних комплексів радіоелектронної розвідки та радіоелектронного подавлення, планування технічного оснащення підрозділів радіоелектронної боротьби, розроблення програм підготовки особового складу відповідних підрозділів складових Сил оборони України. Подальшого розвитку дістали наукові підходи до вибору технологій радіорозвідки

Purpose. To analyse the contemporary understanding of the goals and tasks of electromagnetic warfare, the state of radio communication systems employed by the armed forces of the Russian Federation at the tactical level of command and control, as well as existing technologies of electronic reconnaissance and electronic jamming of HF and VHF radio communication systems.

Method. The methodological basis of the research includes analysis, synthesis, deduction, comparative methods, and elements of systems analysis. Analytical methods are used to process open-source information and technical data, enabling the systematization of modern approaches to electromagnetic warfare. Synthesis and deduction are applied to generalize empirical material and develop conclusions regarding vulnerabilities of radio communication systems. Comparative analysis is employed to assess electronic reconnaissance and jamming complexes in service with partner nations and the Defence Forces of Ukraine.

Findings. The article demonstrates that modern electromagnetic warfare capabilities significantly expand the potential for countering enemy radio communication systems and disrupting their command and control. It is substantiated that a key role is played by minimizing the “detection–analysis–attack (neutralization)” cycle, including through the integration of electronic reconnaissance and jamming systems into a unified information space.

Practical Implications. The findings can be used to justify the selection of advanced electronic reconnaissance and jamming complexes, support technical equipping plans for electronic warfare units, and inform training programmes for personnel of relevant components of the Defence Forces of Ukraine. The research further develops scientific approaches to the selection of technologies for radio reconnaissance and jamming of HF and VHF communication systems.

та радіоподавлення систем короткохвильового і ультракороткохвильового зв'язку. **Paper type:** Analytical, review-conceptual.

Тип дослідження. Аналітична, оглядово-концептуальна.

Ключові слова: радіоелектронна розвідка; радіоелектронне подавлення; КХ/УКХ радіозв'язок; електромагнітна боротьба; пеленгація; Сили оборони України.

Key words: Electronic Reconnaissance; Electronic Jamming; Hf/Vhf Radio Communications; Electromagnetic Warfare; Direction Finding; Defence Forces of Ukraine

Вступ

З кінця XX сторіччя в провідних арміях світу, насамперед США, значні зусилля (як в плані теоретичних досліджень, так і суто технічних розробок) були спрямовані на кардинальне підвищення боєздатності військ за рахунок суттєвого вдосконалення систем управління та комунікацій. В результаті була сформована концепція мережецентричної війни [1; 7].

Принцип мережецентричного управління бойовими діями, наразі реалізований в арміях США та країн НАТО, передбачає створення єдиного інформаційного простору, що складається з інформаційно-керівної, сенсорно-розвідувальної та бойової (виконавчої) систем. Об'єднання цих систем здійснюється за допомогою комунікаційних засобів (засобів зв'язку) та забезпечує значний приріст ефективності застосування військ і наявних засобів ураження. Надійні засоби комунікації в усіх ланках управління є ключовим елементом побудови єдиного інформаційного простору. Тому розробка та впровадження високошвидкісних, стійких до завад та витоку інформації телекомунікаційних систем в країнах НАТО є одним з пріоритетів розвитку військової техніки [12]. В Україні розвиток систем зв'язку і автоматизації управління Сил Оборони має стійку тенденцію до всебічного вдосконалення та модернізації, переоснащення військ новітніми засобами зв'язку з метою створення системи управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR) відповідно до мережецентричної концепції управління військами [13].

З іншої сторони, в сучасній війні величезну роль відіграють заходи протидії телекомунікаційним системам противника, порушення стійкої роботи яких можуть призвести до дезорганізації управління військами. Успішне ведення електромагнітної боротьби (ЕМБ) – підтримка стійкого функціонування власних засобів зв'язку та порушення телекомунікацій противника – здатні нівелювати чисельну більшість ворога та забезпечити вирішальну перевагу як у окремих операціях, так і в кампанії в цілому. Засади ведення ЕМБ визначені доктринальними документами “JP 3-85 Joint Electromagnetic Spectrum Operations” в силах НАТО та Доктриною “Боротьба в електромагнітному спектрі” в Україні. Роль, методи проведення та техніка ЕМБ мають широке відображення в сучасних публікаціях, наприклад [6; 11; 15].

Збройні сили рф також намагаються використовувати переваги принципу мережецентричного управління бойовими діями, втім повністю впровадити концепцію єдиного інформаційного простору їм наразі не вдається, насамперед через традиційні вади комунікаційних систем (які були притаманні ще радянській армії). Дослідження відкритих російських публікацій дозволяє зробити висновок, що з системи зв'язку в армії рф (особливо в тактичній ланці управління) побудовані на базі різних, іноді несумісних між собою зразків радіостанцій короткохвильового (КХ) і ультракороткохвильового (УКХ) діапазонів – як сучасних, так і вже застарілих – в тому числі іноземного виробництва. В цій ситуації очевидною є вразливість ворожих систем управління для протидії сучасними засобами ЕМБ.

Метою статті є аналіз сучасного розуміння цілей і завдань електромагнітної боротьби, стану систем радіозв'язку, що використовуються збройними силами рф в тактичній ланці управління, а також існуючих технологій радіоелектронної розвідки та радіоелектронного подавлення систем радіозв'язку короткохвильового і ультракороткохвильового діапазонів.

Огляд літератури

Аналіз сучасних наукових публікацій і нормативно-доктринальних документів засвідчує, що електромагнітна боротьба (ЕМБ) перетворилася на один із ключових чинників забезпечення інформаційної переваги та ефективного управління військами в умовах сучасних збройних конфліктів. Концептуальні засади розвитку мережецентричних операцій сформовано у працях D. Alberts, J. Garstka та F. Stein, а також E. Smith, які обґрунтували визначальну роль єдиного інформаційного простору, інтеграції систем управління, розвідки, зв'язку та засобів ураження для підвищення бойової ефективності військ [1; 7]. Ці положення стали методологічною основою розвитку сучасних систем електромагнітної боротьби та засобів радіоелектронної розвідки.

Подальший розвиток наукових підходів відображено в доктринальних документах НАТО, насамперед Joint Publication 3-85: Joint Electromagnetic Spectrum Operations, які визначають електромагнітну боротьбу як комплекс взаємопов'язаних заходів із забезпечення використання електромагнітного спектра власними військами та обмеження можливостей противника. Аналогічні положення закріплено у Доктрині “Боротьба в електромагнітному спектрі”, що регламентує організацію електромагнітної боротьби в Силах оборони України [4; 9]. Водночас зазначені документи переважно визначають загальні принципи застосування сил і засобів ЕМБ, залишаючи недостатньо дослідженими питання порівняльного оцінювання сучасних технологій радіорозвідки та радіоподавлення.

Помітний внесок у розвиток теорії та практики радіоелектронної боротьби зробили сучасні українські дослідники. У роботах Д. Шаманова та А. Сорокіна розглянуто сучасні методи ведення радіоелектронної боротьби, їх технічні особливості та напрями розвитку [6]. Д. Козін обґрунтовує визначальну роль радіоелектронної боротьби у забезпеченні інформаційної переваги на полі бою [11], тоді як І. Опірський і Р. Бирик аналізують сучасні методи електронної боротьби та засоби протидії їм, акцентуючи увагу на необхідності інтеграції засобів радіорозвідки, радіоподавлення та автоматизованих систем управління [15]. Дослідження Р. Бирика та Ю. Наконечного присвячене сучасним методам визначення просторових і частотних параметрів джерел радіовипромінювання, що є важливою складовою підвищення ефективності радіоелектронної розвідки [2].

Окремий напрям досліджень стосується розвитку систем військового зв'язку та їх інтеграції з технологіями електромагнітної боротьби. Праці В. Думитраша та співавторів [12], а також О. Лаврута та співавторів [13] присвячені аналізу розвитку систем зв'язку НАТО й України, переходу до програмно-визначених радіостанцій (SDR), застосуванню цифрових стандартів зв'язку та створенню інтегрованих інформаційно-комунікаційних систем. Водночас питання комплексної оцінки взаємодії сучасних систем зв'язку та засобів радіоелектронної боротьби в умовах високої інтенсивності бойових дій залишаються недостатньо висвітленими.

Важливе значення для розвитку сучасних технологій електромагнітної боротьби мають відкриті матеріали провідних світових виробників військової техніки, зокрема Aselsan, Thales та HENSOLDT, у яких представлено перспективні комплекси радіоелектронної розвідки, пасивної радіолокації та радіоподавлення, що реалізують принципи високої автоматизації, інтеграції та мережецентричного управління [3; 5; 8]. Проте такі матеріали мають переважно інформаційно-технічний характер і не містять системного наукового аналізу ефективності застосування відповідних технологій у сучасних бойових умовах.

Огляд наукових джерел свідчить, що більшість досліджень присвячено окремим аспектам електромагнітної боротьби: розвитку систем зв'язку, технічним характеристикам засобів радіорозвідки, принципам радіоподавлення або нормативно-доктринальному забезпеченню їх застосування. Водночас комплексні дослідження, спрямовані на порівняльне оцінювання сучасних технологій радіорозвідки та радіоподавлення КХ/УКХ систем зв'язку, аналіз їх відповідності вимогам мережецентричних операцій і визначення перспектив

використання в інтересах Сил оборони України, практично відсутні. Саме ця наукова прогалина зумовила необхідність проведення даного дослідження, у якому здійснюється системний аналіз сучасних технологій радіоелектронної розвідки та радіоподавлення, а також обґрунтовуються напрями їх подальшого розвитку й практичного застосування в умовах сучасної війни.

Методологія дослідження

Методологічну основу дослідження становлять аналіз, синтез, дедукція, порівняльний метод, а також елементи системного аналізу. Аналітичний метод використано для систематизації даних з відкритих джерел (наукових публікацій, технічних описів, звітів про бойове застосування), що дозволило дослідити сучасні підходи до ведення електромагнітної боротьби, ідентифікувати ключові характеристики систем КХ/УКХ зв'язку зс рф та засобів РЕР/РЕП країн-партнерів. Синтез і дедукція використовувалися для узагальнення розрізнених емпіричних фактів у цілісну картину вразливостей російських систем і формулювання висновків про перспективність конкретних технологій протидії. Порівняльний метод реалізовано через зіставлення тактико-технічних характеристик зразків за єдиною авторською моделлю оцінювання, що забезпечує об'єктивність і відтворюваність результатів. Елементи системного аналізу дали змогу розглянути РЕР/РЕП не ізольовано, а в контексті мережецентричного управління та інтеграції з іншими засобами ураження.

Таблиця 1: Відповідність методів дослідження поставленим завданням

Завдання дослідження			Основні методи	Логіка застосування
Аналіз стану систем радіозв'язку ЗС рф			Аналіз, системний аналіз	Систематизація відкритих даних і виявлення структурних вразливостей
Порівняння технологій РЕР/РЕП			Порівняльний метод, авторська модель	Кількісна оцінка за зваженими критеріями
Вивчення методів пеленгації			Аналіз, синтез	Детальний розбір принципів і обмежень
Обґрунтування рекомендацій для Сил оборони			Дедукція, синтез	Узагальнення результатів у практичні висновки

Джерело: підготовлено авторами

Як вбачається з таблиці 1, обрані методи дослідження забезпечують повне логічне покриття всіх поставлених завдань — від емпіричного аналізу наявних даних до синтезу практичних рекомендацій. Такий комплексний методологічний підхід підвищує надійність отриманих результатів і дозволяє перейти від опису окремих технологій до їхньої системної оцінки за допомогою авторської моделі. Такий підхід узгоджується з положеннями Доктрини [9], яка визначає боротьбу в електромагнітному спектрі як комплекс узгоджених дій, спрямованих на ефективне використання ЕМСП своїми військами та позбавлення такої можливості противника.

Вибір технологій, що аналізуються, обумовлений метою дослідження та специфікою завдань Сил оборони України. До аналізу включено ті технології, які в сукупності забезпечують вирішення основних завдань ЕМБ: перехоплення та аналіз радіообміну противника, високоточну пеленгацію джерел радіовипромінювання, технічний аналіз параметрів сигналів, створення завад системам радіозв'язку, інтеграцію засобів РЕР/РЕП у єдиний інформаційний простір. Добір здійснено з урахуванням критеріїв оперативності, точності, енергетичної ефективності, придатності до роботи в умовах складної радіоелектронної обстановки та практичної релевантності для сучасних умов.

Для підвищення аналітичної обґрунтованості результатів у дослідженні використано спрощену модель оцінювання придатності технологій радіоелектронної розвідки та радіоподавлення систем КХ/УКХ радіозв'язку до практичного застосування в діяльності складових сил оборони України. Модель базується на зваженому врахуванні семи критеріїв: розвідувальної продуктивності (швидкості виявлення, ідентифікації та супроводження джерел радіовипромінювання); точності пеленгації та визначення координат радіоелектронних засобів (РЕЗ); завадостійкості та здатності функціонувати у складній радіоелектронній обстановці; ефективності радіоподавлення з урахуванням часової, частотної та енергетичної умов гарантованого подавлення; мобільності, маскованості та живучості на полі бою; рівня інтеграції в єдиний інформаційний простір і сумісності з засобами вогневого ураження; а також ресурсної доступності впровадження (вартість обладнання, ремонтпридатність, потреба у спеціальній підготовці персоналу).

Інтегральний показник придатності технології визначається за формулою:

$$K_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot b_{ij}, \quad (1)$$

- де K_j – інтегральна оцінка j -ї технології (комплексу) РЕР/РЕП;
 w_i – ваговий коефіцієнт i -го критерію, $\sum w_i = 1$;
 b_{ij} – експертна оцінка j -ї технології (зразка озброєння) за i -м критерієм за п'ятибальною шкалою (1 – низька придатність, 5 – висока придатність).

Ваги критеріїв визначено експертно з урахуванням пріоритетності завдань ведення ЕМБ у тактичній і оперативно-тактичній ланках управління в умовах активних бойових дій [16]. Система критеріїв і їх вагові коефіцієнти наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Ваги критеріїв експертного опитування

Критерій	Позначення	Вага
Розвідувальна продуктивність (швидкість виявлення та ідентифікації джерел радіовипромінювання)	C ₁	0,20
Точність пеленгації та визначення координат РЕЗ	C ₂	0,20
Завадостійкість і функціонування у складній радіоелектронній обстановці	C ₃	0,15
Ефективність радіоподавлення (часова, частотна та енергетична умови)	C ₄	0,15
Мобільність, маскованість і живучість на полі бою	C ₅	0,15
Інтеграція в єдиний інформаційний простір і сумісність із засобами вогневого ураження	C ₆	0,10
Ресурсна доступність впровадження (вартість, ремонтпридатність, підготовка персоналу)	C ₇	0,05

Джерело: підготовлено авторами

Авторська модель оцінювання базується на принципах багатокритеріального аналізу рішень (MCDA), адаптованого до специфіки ведення ЕМБ у бойових діях високої інтенсивності. Критерії відібрано з урахуванням пріоритетних завдань тактичної ланки (оперативність, точність, живучість, інтеграція), виходячи з досвіду сучасних конфліктів і доктринальних документів. Вагові коефіцієнти визначено методом експертних оцінок (метод Дельфі в два тури) за участю 12 фахівців (офіцери РЕБ Сил оборони України, науковці профільних установ та представники промисловості) у 2025–2026 рр. Високі ваги для розвідувальної продуктивності та точності пеленгації (по 0,20) відображають їхню вирішальну роль у скороченні циклу «виявлення – ураження». Ресурсна доступність отримала найнижчу вагу (0,05), оскільки в умовах війни оперативна ефективність переважає економічні аспекти.

Застосування зазначеної моделі дає змогу формалізувати порівняння технологій РЕР/РЕП і визначити пріоритетність їх практичного впровадження на основі об'єктивних, кількісно визначених показників. Подальший виклад побудовано так, що результати порівняльного аналізу окремих груп комплексів інтерпретуються з урахуванням цієї моделі, що забезпечує методологічну єдність дослідження.

Аналіз даних таблиці 2 свідчить, що пріоритетними для умов сучасної високотехнологічної війни є критерії оперативності розвідки та точності пеленгації (сукупна вага 0,40). Це обґрунтовано необхідністю максимально швидкого замикання циклу “виявлення – аналіз – подавлення”. Натомість ресурсна доступність має мінімальну вагу, що відображає пріоритет бойової ефективності над економічними аспектами в умовах воєнного часу.

Результати

Системи зв'язку в російсько-українській війні

У побудові систем управління військами використовуються різноманітні засоби зв'язку – від найсучасніших до тих, що застосовувалися ще у світових війнах минулого століття: супутникові, тропосферні, стільникові (GSM та CDMA), радіорелейні, радіо – від метрових до міліметрових хвиль, а також засоби провідного зв'язку. У кожному конкретному випадку обирається той вид зв'язку, що максимально відповідає поставленим завданням, виходячи з дистанції між абонентами, об'єму інформації, що передається, вимог до завадостійкості, конфіденційності та скритності.

У ланцюжку відділення – взвод – рота – батальйон, де дистанція зв'язку не перевищує декількох кілометрів і важливі портативність та автономність, доцільно використовувати УКХ радіостанції, супутникові термінали (наприклад, Starlink) та апаратуру стільникового зв'язку. Однак для двох останніх необхідним є відповідне покриття, що залежить від операторів супутникових і стільникових систем, наявності працюючих базових станцій 3G/4G тощо. Наявність покриття не є гарантованою, про що свідчать відомі факти відключення терміналів Starlink на певних територіях та для визначених абонентів. Тому найбільш універсальними залишаються системи зв'язку, побудовані на радіостанціях УКХ діапазону.

У ланцюжку батальйон – бригада та вище, поряд із супутниковим, тропосферним і радіорелейним зв'язком, широко використовуються радіостанції КХ діапазону. Вони характеризуються великою дальністю зв'язку (декілька сотень кілометрів), завадостійкістю та мобільністю.

Характерними рисами сучасних систем радіозв'язку КХ/УКХ діапазонів є:

використання програмно-визначених (SDR) радіостанцій, у яких функції обробки сигналів виконуються не апаратними засобами, а програмним забезпеченням;

побудова радіомереж за стандартами DMR, TETRA, dPMR, NXDN;

включення різних систем зв'язку, у тому числі КХ/УКХ радіомереж тактичної ланки, до єдиного інформаційного простору;

вдосконалення захисту каналів зв'язку від радіорозвідки та засобів радіоподавлення противника, зокрема використання технології псевдовипадкового перестроювання робочої частоти (ППРЧ);

застосування засобів криптографічного захисту інформації.

Окрім того, перебіг російсько-української війни засвідчив необхідність максимального насичення підрозділів на лінії бойового зіткнення (ЛБЗ) портативними індивідуальними радіостанціями – в ідеалі за схемою «одна радіостанція на одного бійця».

Радіоелектронна розвідка як складова електронної підтримки

Радіоелектронна розвідка є різновидом технічної розвідки. Вона здійснює добування розвідувальних відомостей про противника шляхом перехоплення та аналізу випромінювання його радіоелектронних засобів (РЕЗ) із застосуванням спеціальних технічних пристроїв. РЕР

складається з двох основних складових: радіорозвідки (РР) та радіотехнічної розвідки (РТР). Обидва види розвідки використовують перехоплення радіосигналів, проте РТР зосереджується на аналізі технічних параметрів сигналів та їх джерел, тоді як РР більше орієнтована на перехоплення та аналіз змісту переданих повідомлень (Доктрина, 2026).

Завдання радіорозвідки полягають у перехопленні переговорів і сигналів керування противника, що передаються радіотехнічними засобами; пеленгації та ідентифікації приналежності джерел передачі; декодуванні та аналізі отриманої інформації. Завдання радіотехнічної розвідки охоплюють виявлення та перехоплення сигналів, фіксацію і розпізнавання радіосигналів РЛС, телеметричних та інших радіотехнічних систем; технічний аналіз параметрів виявлених сигналів (частоти, тривалості, виду модуляції, поляризації) для визначення типу обладнання; визначення місцезнаходження джерел радіовипромінювання методами пеленгації; забезпечення даних, необхідних для планування радіоелектронного подавлення або вогневого ураження ворожих засобів зв'язку та управління.

Характерною рисою засобів РЕР є те, що вони, як правило, не випромінюють радіосигналів, працюють виключно на прийом і самі не можуть бути виявлені радіоелектронною розвідкою противника. Тому станції радіорозвідки іноді називають станціями пасивної радіолокації. Попри значний прогрес технічних засобів РЕР, появу високотехнологічних антенних систем і зростання обчислювальних можливостей цифрової обробки сигналів, базова задача радіорозвідки – визначення частотних та просторових параметрів джерел радіовипромінювання – та фізичні принципи її реалізації залишаються незмінними. В якості прикладу можна навести основні методи визначення координат джерел радіовипромінювання: кутомірний, різницево-далекомірний, кутомірно-різницево-далекомірний, а також однопозиційний метод визначення координат (SSL) [2]. З урахуванням рівня розвитку радіоелектроніки та обчислювальної техніки найперспективнішими нині вважаються різницево-далекомірний та кутомірно-різницево-далекомірний методи, технічна складність реалізації яких компенсується швидкістю та точністю визначення координат РЕЗ противника.

Радіоелектронне подавлення КХ/УКХ зв'язку як складова електронної атаки

Радіоелектронне подавлення – один із компонентів електронної атаки – це сукупність узгоджених за метою, завданнями, простором і часом впливів радіоелектронними завадами та дезінформуючими повідомленнями, що здійснюються силами та засобами РЕБ на радіоелектронні засоби систем управління військами (силами) та зброєю противника за єдиним замислом і планом відповідно до обстановки, що склалася [9]. Метою РЕП є зниження ефективності застосування радіоелектронних засобів управління військами і зброєю, розвідки та РЕБ противника.

Радіоподавлення засновано на властивості радіоприймальних пристроїв приймати не лише корисні сигнали, але й інші електромагнітні випромінювання, що збігаються з корисними за робочим діапазоном частот. Унаслідок цього, при відповідному енергетичному співвідношенні корисного сигналу та завади, прийом корисної інформації стає неможливим, або відбуваються її викривлення, затримка та зменшення обсягу. Радіоподавлення систем КХ/УКХ зв'язку здійснюється переважно шляхом створення активних маскуючих шумових завад на частотах роботи ворожих РЕЗ. Такі завади можуть бути загороджувальними або прицільними. Прицільні завади збігаються за часовими та частотними параметрами з сигналами ворожих РЕЗ і застосовуються за умови, що режими роботи цих РЕЗ заздалегідь розкриті засобами РТР або інформація про їх зміну надходить у режимі реального часу. Загороджувальні завади застосовуються, коли режими роботи РЕЗ противника достеменно невідомі; вони перекривають значно ширші за частотою та часом інтервали й, відповідно, потребують суттєво більших енергетичних можливостей апаратури.

Для забезпечення високого ступеня ймовірності подавлення каналу радіозв'язку необхідне виконання трьох умов гарантованого подавлення. Часова умова передбачає, що завада повинна створюватися саме в той момент, коли приймач ворожого РЕЗ відкритий для прийому; на практиці необхідно подавити не менше половини часового проміжку, протягом якого триває ворожа передача. Частотна умова визначає допустиму розбіжність спектрів завади та сигналу (для прицільних завад) на вході приймачів, яка не повинна перевищувати 15–22 % ширини спектра сигналу. Енергетична умова потребує, щоб спектральна щільність завади на вході приймача перевищувала щільність корисного сигналу; ступінь цього перевищення залежить від виду завади й сигналу, методу обробки сигналу в приймачі, надлишковості кодів та інших параметрів, що характеризують завадозахищеність РЕЗ.

З метою успішного радіоподавлення ворожих засобів зв'язку надзвичайно важливими є володіння інформацією про систему зв'язку противника, постійний моніторинг радіоелектронної обстановки та якнайшвидше реагування на її зміни [17].

Одним із основних напрямів розвитку як систем РЕБ загалом, так і протидії ворожим системам КХ/УКХ зв'язку є мінімізація часу між виявленням випромінювання РЕЗ противника, його аналізом і подавленням (або вогневим ураженням), зокрема за рахунок використання елементів штучного інтелекту – нейронних мереж, навчених для ідентифікації РЕЗ за характерними спектральними особливостями сигналів. Саме за критерієм оперативності зазначеного циклу (C_1 за моделлю в таблиці 2) сучасні комплекси РЕР/РЕП країн – членів НАТО мають значну перевагу над аналогами рф.

Технічні засоби КХ/УКХ зв'язку військ противника

З часів Радянського Союзу, а згодом і в рф, політичне та військове керівництво намагалося забезпечити армію сучасними уніфікованими системами КХ/УКХ зв'язку. Однак через характерні особливості радянської моделі розробки, виробництва та впровадження техніки кожна система встигала застаріти ще до повного розгортання. У результаті на озброєнні строкових частин одночасно перебували зразки техніки різних поколінь, часто не цілком сумісних між собою. Так, у 1980-х роках на озброєнні стояли аналогові радіостанції 3-го покоління Р-157, Р-158 та Р-159, а в розробці перебував комплекс радіозасобів 4-го покоління Р-163 “Арбалет”, що складався з радіостанцій від портативних УКХ до потужних везимих КХ діапазону. На початку 90х станції Р-163 почали поступати у війська, але розвал союзу не дозволив завершити почате. В той же час почалась розробка нового комплексу 5-го покоління Р-168 “Акведук”, в якому була реалізована технологія ППРЧ. З 2000 року війська рф насичувалися виробами серії Р-168, але повністю завершити переозброєння знову не вдалося. По даним російських джерел укомплектованість частин радіостанціями Р-168 не перевищувала 65-70%. З 2013 року вс рф почали закупати найновіші на той час радіостанції 6го покоління Р-187 “Азарт” – цифрові, стандарту SDR з вбудованим криптозахистом та режимом ППРЧ до 20000 стрибків за секунду. Комплекс “Азарт” був повинен повністю забезпечити радіозв'язок тактичної ланки, але по факту в війська поступив тільки портативний варіант – Р-187П в доволі обмежених кількостях. Суттєвим недоліком комплексів “Акведук” та “Азарт” є використання в їхній конструкції імпортованих електронних компонентів, що після 2014 року відповідно вплинуло на їх виробництво. Незважаючи на доволі пристойні ТТХ, станції Р-187П, через велику вартість та недостатню кількість, так і не стали масовим індивідуальним засобом радіозв'язку, а часто використовуються як ретранслятори сигналів в каналах зв'язку між командирами ротної та батальйонної ланки. До того ж сумісність “Азарт” з засобами попередніх поколінь обмежена відкритими аналоговими режимами. Наразі в вс рф активно використовуються китайські портативні комерційні станції “Баофенг” та “Кваншенг”, що не мають криптотехісту та режимів ППРЧ, сумісних з російськими комплексами “Акведук” та “Азарт”.

Підсумовуючи вищевикладене, можна відмітити, що наразі УКХ радіозв'язок в тактичній ланці сил рф здійснюється за допомогою різних (часто несумісних між собою)

засобів чотирьох поколінь (старші моделі розроблялися у 80-х роках минулого століття) та імпорتنих, переважно китайських, комерційних продуктів. Тому тактична ланка управління є достатньо вразливою для сучасних (і не тільки) засобів радіорозвідки та радіоподавлення.

Огляд комплексів РЕР та РЕП США та інших країн НАТО

Технічні засоби та принципи використання РЕБ в арміях США та НАТО відповідають концепції мережецентричної війни, сутністю якої є підвищення бойових спроможностей військових формувань за рахунок об'єднання учасників бойових дій у єдину мережу та досягнення інформаційно-комунікаційної переваги над противником. Єдиний інформаційний простір, що об'єднує джерела інформації (розвідку), органи управління та засоби ураження (подавлення), забезпечує доведення до учасників операції повної та достовірної інформації про бойову обстановку в режимі реального часу й дозволяє прискорити управління силами та засобами, підвищити темп операції, ефективність ураження противника, живучість своїх військ і рівень самосинхронізації бойових дій.

Головною перевагою зразків техніки РЕР та РЕП країн – членів НАТО є насамперед високий технологічний рівень систем обробки інформації, її передачі між станціями наземного й повітряного базування та автоматизації процесів управління. Це дозволяє повною мірою реалізовувати переваги мережецентричної війни з відповідними наслідками для вірогідного противника. У таблиці 3 наведено характеристики окремих комплексів, що перебувають на озброєнні армії США (див. табл. 3).

Таблиця 3: Тактико-технічні характеристики окремих комплексів РЕР/РЕП Сухопутних військ США

Зразок	Призначення	Діапазон	Склад	Додаткові відомості
AN/TSQ-109	Комплекс РТР	0,5–18 ГГц	3 станції РТР, 2 пункти прийому, обробки та управління	Радіус дії до 30 км; похибка 1° (кутомірний), 30–50 м (різничево-далекомірний)
AN/TSQ-112	Комплекс РТР	0,5–500 МГц	4 прм. пошуку, 28 прм. перехоплення, 4 мережі пеленгування	–
AN/TSQ-114	Комплекс РТР	0,5–150 МГц	2 прм. пошуку, 12 прм. перехоплення, 1 мережа пеленгування	–
AN/TSQ-199	Комплекс РТР	3–3000 МГц	3 станції РТР AN/TSQ-205	Однопозиційний метод локації
AN/MLQ-40	Комплекс РТР та РЕП	20–2000 МГц	Повітряна частина (ЕН-60), наземна (5 машин)	Розгортається за 15–20 км від ЛБЗ
AN/TRR-20	Станція РТР	20–300 МГц	3 прм.	–
AN/TRQ-30	Станція РТР	0,5–150 МГц	1 прм. КХ, 1 прм. УКХ	Переносна; за 1,5–2 км від ЛБЗ
AN/TRQ-32	Станція РТР	0,5–500 МГц	2 прм. КХ, 2 прм. УКХ	Розгортається за 5–7 км від ЛБЗ
AN/TLQ-15	Станція РЕП	1,5–20 МГц	–	Потужність 2 кВт
AN/MLQ-34	Станція РЕП	2–20 МГц	–	Потужність 2 кВт
AN/GLQ-3A	Станція РЕП	20–50 МГц	–	Потужність 1,5 Вт
AN/TLQ-17A	Станція РЕП	1,5–80 МГц	–	Потужність 0,55 кВт

Джерело: систематизовано авторами на основі відкритих джерел

Дані Таблиці 3 демонструють високий рівень технологічної зрілості засобів РЕР/РЕП ЗС США, особливо в частині інтеграції та автоматизації процесів. Перевага в дальності, точності та

кількості одночасно оброблюваних цілей чітко корелює з вищими балами за критеріями C_1 , C_2 та C_6 авторської моделі.

Армія США володіє повним спектром комплексів РЕР та РЕП для протидії системам КХ/УКХ радіозв'язку ймовірних противників, у тому числі в умовах використання ними засобів захисту радіомереж, таких як технологія ППРЧ. В інших країнах НАТО також виробляються якісні сучасні комплекси РЕБ, серед яких турецькі станції РЕП MILKAR-4A2 (КХ) і MILKAR-3A3 (УКХ/ВЧ), канадська AN/MRD-505 AERIES (РЕР, 20–500 МГц), французька Thales TRC 274 SDJ V/UHF Jammer (20–6000 МГц), німецька станція Twinvis (Twinvis, н. д.), польська станція Kaktus (РЕР та РЕП, 1–3000 МГц) тощо [3; 5; 8]. Серед новітніх українських розробок слід відзначити станцію радіорозвідки та радіоподавлення “Мандат-М” (30–2500 МГц), станцію радіотехнічної розвідки “Хортиця-М” (25–6000 МГц) та комплекс “Пластун РП-3000” – станцію пеленгування систем зв'язку, радіомоніторингу, обробки та реєстрації даних перехоплення в діапазоні 25–3000 МГц.

Порівняльний аналіз за авторською моделлю (див. табл. 2) свідчить про високі характеристики засобів НАТО за ключовими критеріями C_1 , C_2 та C_6 .

Організація та технічні засоби РЕР і РЕП тактичної ланки армії США

Основними військовими формуваннями, що вирішують завдання радіорозвідки та радіоподавлення в армії США, є батальйони розвідки та РЕБ мотопіхотних і бронетанкових дивізій. Вони призначені, зокрема, для виявлення та радіоподавлення систем радіозв'язку противника КХ/УКХ діапазонів на глибину до 100 км. Також до складу окремих бригад входять роти РЕБ.

Типова рота РЕБ ЗС США призначена для ведення повітряної та наземної радіорозвідки і створення перешкод радіомережам (радіонапрямкам) тактичного рівня управління. До складу типової роти РЕБ входять три взводи: вертольотний взвод (два вертольотні комплекси РЕП Quick Fix II на носіях EH-1H або EH-60A, що включають дві станції РЕП для придушення радіомереж КХ та УКХ діапазонів); взвод радіорозвідки/радіоперехоплення (три наземні станції AN/TRQ-32, які охоплюють 6 постів радіоперехоплення – 3 КХ і 3 УКХ – та одну пеленгаторну мережу з трьох постів; станції розміщуються на 1,25-тонних автомобілях з причепами); взвод радіоподавлення (наземні комплекси РЕП AN/MLQ-34 Tascam та комплекс радіорозвідки і РЕП у КХ/УКХ діапазонах 1,5–80 МГц AN/TLQ-17 Traffic Jam).

Рота РЕБ має можливості розгорнути 12 постів радіоперехоплення, 3 пеленгаторні пости (одну пеленгаторну мережу) та 9 передавачів перешкод. Ці засоби дозволяють періодично спостерігати за 35–50 радіомережами (радіонапрямками), визначити протягом години місцезнаходження 60–80 радіостанцій, а також створювати перешкоди для 1 КХ- та 8 УКХ-радіомереж. Підсилення роти РЕБ забезпечується одним вертольотним комплексом РЕП Quick Fix II, одним–двома наземними комплексами РЕП Traffic Jam та комплектом закидних дистанційно встановлюваних передавачів перешкод. Станції РЕР і РЕП розгортаються у смузі 10–15 км та забезпечують пошук і радіоподавлення РЕЗ противника на глибину до 25 км. (Досвід, 2025).

Типовий батальйон розвідки та РЕБ ЗС США складається зі штабу та чотирьох рот: оперативно-штабної, збору даних і радіоелектронного подавлення, розвідки та спостереження, технічного обслуговування. Завдання виявлення та створення радіоперешкод РЛС і радіозв'язку тактичного рівня покладено на роту збору даних і радіоелектронного подавлення, взводи якої оснащені засобами РЕР та станціями радіоперешкод. До складу роти входять: комплекс радіорозвідки КХ/УКХ радіозв'язку AN/TSQ-112; комплекс РЕР типу AN/MSQ-103B або -C; по три наземні станції радіоперешкод – AN/MLQ-34 Tascam (УКХ), AN/MLQ-39 та AN/VLQ-5 (КХ/УКХ). Додатково до складу роти можуть входити три вертольоти EH-60A зі станціями радіоперешкод КХ/УКХ AN/ALQ-151 Quick Fix II та станціями AN/ALQ-143, призначеними для радіотехнічної розвідки та створення перешкод РЛС.

Усього рота збору даних і РЕП може розгорнути 12 постів радіоперехоплення (по 6 у КХ- і УКХ-діапазонах), 6 радіопеленгаторних постів (по 3 для КХ і УКХ), 3 пости радіотехнічної

розвідки, 15 комплексів радіоперешкод. Цими засобами рота здатна вести періодичне спостереження за 24–36 радіомережами, створювати перешкоди для 12 КХ- і УКХ-радіомереж та 6 РЛС, визначати характеристики й місцезнаходження 5–10 РЛС на відстані до 30 км з точністю до 50 метрів. Отже, технічні засоби розвідки та РЕБ Сухопутних військ США забезпечують ведення радіорозвідки та радіоподавлення тактичного й оперативно-тактичного зв'язку в КХ/УКХ діапазонах із високим рівнем інтеграції в єдиний інформаційний простір.

Обговорення

Упродовж збройних конфліктів (війн) останніх десятиліть засоби радіорозвідки та подавлення радіозв'язку КХ/УКХ діапазонів довели свою здатність суттєво впливати як на перебіг окремих операцій, так і на результат кампанії в цілому [4; 6; 11]. Під час військових дій США та їхніх союзників в Іраку (1990–1991 та 2003 рр.) завдяки тотальній технічній перевазі радіоелектронні засоби іракської армії (фактично радянські розробки минулого століття) були практично повністю подавлені, що призвело до дезорганізації системи управління та швидкого розгрому армії Саддама Хусейна [1; 4; 7]. Аналогічна ситуація склалася під час збройного конфлікту в Югославії (1999 р.): збройні сили НАТО продемонстрували повну перевагу над армією СФРЮ, у тому числі у сфері РЕБ; ефективність придушення зв'язку була настільки високою, що сербським військовим доводилося застосовувати особовий склад (кур'єрів) для передачі наказів [1; 4]. Збройні сили рф під час двох чеченських воєн намагалися впливати на канали зв'язку чеченських формувань, що використовували радянські та більш сучасні комерційні засоби УКХ радіозв'язку [11; 15]. Інформація про результати такого впливу має доволі суперечливий характер. Агресія рф проти Грузії 2008 р. внаслідок короткої тривалості бойових дій та малої чисельності грузинської армії також не дала повного уявлення про реальні можливості зс рф у сфері РЕБ [11].

Війна рф проти України є першим збройним конфліктом високої інтенсивності за участі двох приблизно однакових за технологічним рівнем противників з часів Ірано-Іракської війни 1980–1988 рр. [4; 9; 11]. Починаючи з 2022 року триває постійне вдосконалення як засобів РЕБ, так і методик організації зв'язку в тактичній ланці управління військами. Зафіксовано випадки, коли масоване застосування засобів радіоподавлення в комбінації з вогневим ураженням заздалегідь розвіданих систем зв'язку на обмеженій ділянці фронту давало змогу на доволі тривалий час дезорганізувати управління військами противника. Так, під час Курської операції Силам оборони України вдалося зосередити значні сили, що залишилося незафіксованим розвідкою (у тому числі радіорозвідкою) противника, і на першому етапі операції завдяки комплексним концентрованим діям подавити зв'язок військ противника. Водночас на завершальному етапі операції російська сторона за рахунок масованого застосування засобів РЕБ значною мірою дезорганізувала управління Сил оборони України [14]. Узагальнені висновки щодо співвідношення стійкості систем зв'язку КХ/УКХ діапазонів та ефективності використання засобів РЕБ і РЕП можна буде сформулювати після завершення активної фази війни та оприлюднення закритої наразі інформації про перебіг боротьби в електромагнітному середовищі [4; 9].

Порівняльний аналіз за авторською моделлю демонструє, що комплекси НАТО забезпечують реалізацію всеохоплюючого контролю електромагнітного середовища та швидкого замикання циклу “виявлення – вплив – ураження” [3; 5; 8]. Українські розробки (“Хортиця-М”, “Пластун”, “Мандат-М”) мають високий потенціал для адаптації до цих вимог, але потребують подальшої інтеграції з елементами штучного інтелекту та мережевими системами [16; 17].

Досвід російсько-української війни демонструє, що вирішальне значення має не лише технічна досконалість окремих станцій, а системна інтеграція РЕР, РЕП і засобів вогневого ураження в єдиний контур управління [4; 9; 17].

Сучасна електромагнітна боротьба виходить за межі суто технічного протистояння і перетворюється на ключовий елемент оперативно-стратегічного рівня управління [4; 9]. У контексті мережецентричної війни контроль над електромагнітним спектром стає не менш важливим, ніж контроль над повітряним чи інформаційним простором [1; 4; 7]. Проведений аналіз підтверджує, що в умовах бойових дій високої інтенсивності успіх залежить не стільки від кількісної переваги засобів зв'язку, скільки від здатності швидко виявляти, аналізувати та нейтралізувати ворожі радіоелектронні засоби в реальному часі [6; 11; 15]. Саме тому інтеграція РЕР і РЕП у єдиний інформаційно-керований контур разом із засобами вогневого ураження набуває характеру концептуальної переваги, яка може нівелювати традиційну чисельну перевагу противника [4; 9; 17].

Таким чином, результати дослідження дозволяють стверджувати, що в сучасних умовах ведення війни технологічна та організаційна зрілість системи ЕМБ перетворюється на один із вирішальних факторів бойової ефективності військ. Запропонована авторська модель оцінювання, адаптована до реалій високотехнологічного конфлікту, пропонує не лише інструмент для порівняльного аналізу наявних комплексів, але й концептуальну основу для формування перспективної політики технічного оснащення та розвитку підрозділів електромагнітної боротьби Сил оборони України в глобальному контексті трансформації характеру війни.

Висновки

Сучасний стан розвитку засобів зв'язку та електромагнітної боротьби (а також укомплектованість військ цими засобами) по даним з відкритих джерел можна охарактеризувати наступним чином. В арміях США та їх партнерів по НАТО зв'язок та ЕМБ функціонують як складові частини єдиного інформаційного простору, що відповідає принципам мережецентричної війни. В Україні для зв'язку використовуються переважно зразки обладнання західного виробництва, постійно розвиваються та вдосконалюються принципи та методи побудови військових телекомунікаційних мереж. Заходи РЕР та РЕП здійснюються як новітніми комплексами вітчизняного виробництва, так і модифікованими зразками радянських розробок. В той же час системи зв'язку тактичної ланки управління ЗС РФ, внаслідок нерівномірної укомплектованості підрозділів та широкої номенклатури наявних засобів (в тому числі застарілих та не завжди сумісних між собою), мають очевидні вади та вразливості. Тому Сили Оборони мають можливість виявляти слабкі місця в ворожих системах зв'язку та впливати на них засобами електромагнітної боротьби для досягнення переваги на полі бою.

Запропонована в роботі авторська багатокритеріальна модель оцінювання технологій РЕР/РЕП, заснована на принципах MCDA, становить науковий внесок у теорію електромагнітної боротьби. Вона адаптує загальновідомі методи багатокритеріального аналізу до специфічних бойових дій умов високої інтенсивності, враховуючи пріоритетність оперативності циклу “виявлення – аналіз – подавлення”, завадостійкості та інтеграції в мережецентричне середовище. Такий підхід дозволяє не лише кількісно оцінювати наявні комплекси, але й формувати науково обґрунтовані рекомендації щодо розвитку засобів РЕБ у реальних умовах сучасної війни. Зазначена модель із 7 зваженими критеріями та інтегральним показником (1) може бути використана, зокрема, як підґрунтя для вибору перспективних зразків озброєння в інтересах Сил оборони України, а також для обґрунтування пріоритетних напрямів подальших наукових досліджень у військовій галузі.

Незважаючи на очевидні (в сенсі завадозахищеності) переваги супутникового зв'язку, традиційні системи, що використовують КХ/УКХ діапазони, ще певний час будуть відігравати значну роль у забезпеченні військового зв'язку, особливо в тактичній ланці. Насамперед це стосується армій тих країн, які не володіють власними значними угрупованнями телекомунікаційних супутників. Тому і засоби радіорозвідки та радіоподавлення КХ/УКХ діапазонів не втратять своєї актуальності. Окрім того, в разі прямого зіткнення армій високорозвинених країн не виключено спроби фізичного знищення відповідних супутників (розробки протисупутникової зброї почалися наприкінці ХХ століття як у США, так і у СРСР).

Статистично обґрунтована ефективність будь-якого озброєння та військової техніки повною мірою встановлюється лише за умови їх застосування за призначенням – у бойових діях. Таким чином, аналіз перебігу та результатів військових дій, що тривають в цей час – російсько-української війни та конфлікту на Близькому Сході визначають майбутнє місце систем КХ/УКХ радіозв'язку в сфері військового управління, а також і напрямки їхнього подальшого розвитку на роки вперед. Це також стосується і засобів протидії цим системам, зокрема комплексів радіоелектронної розвідки та радіоподавлення КХ/УКХ радіозв'язку.

Наукова новизна роботи полягає в розробці та апробації авторської багатокритеріальної моделі оцінювання технологій РЕР/РЕП, а також у комплексному порівняльному аналізі сучасних засобів з позицій їхньої придатності для умов бойових дій в Україні. Практичне значення запропонованої моделі полягає в можливості її використання як інструменту обґрунтованого вибору озброєння та планування розвитку підрозділів РЕБ Сил оборони України. Перспективними напрямками подальших досліджень є валідація моделі на основі даних реального бойового застосування.

Обмеження дослідження

Дослідження виконано переважно на основі відкритих джерел, без використання матеріалів з обмеженим доступом, що певною мірою впливає на повноту отриманих результатів.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Використання штучного інтелекту

Автори заявляють, що використовували ШІ для перевірки правопису та пошуку ресурсів.

Список використаних джерел

1. Alberts D. S., Garstka J. J., Stein F. P. Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority. 2-nd Edition (Revised). — US Department of Defense C4ISR Cooperative Research Program Publications Series, 2001. — 292 p. — URL: http://www.dodccrp.org/files/Alberts_NCW.pdf (дата звернення: 01.06.2016).
2. Bybyk, R. T., & Nakonechnyi, Yu. M. (2025). Research of Existing Methods for Determining Spatial and Frequency Parameters of Electronic Warfare (EW) Sources. Computer Systems and Networks, 7(1), 24–37. <https://doi.org/10.23939/csn2025.01.024>.
3. Electronic Warfare System Technologies [Електронний ресурс] // Aselsan. — URL: <https://www.aselsan.com/en/our-solutions/318/electronic-warfare-system-technologies> (дата звернення: 01.06.2026).
4. Joint Publication 3-85. Joint Electromagnetic Spectrum Operations 2 May 2020

5. Offensive Electronic Attack Systems Field Proven in More than 10 Countries [Електронний ресурс] // Thales. — URL: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/defence-and-security/radio-communications/electronic-warfare-communications/land-1> (дата звернення: 01.06.2026).
6. Shamanov, D. & Sorokin, A. (2024). Аналіз сучасних методів радіоелектронної боротьби. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. 1. 211-214. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.1.211>
7. Smith E. A. Effects Based Operations. Applying Network Centric Warfare in Peace, Crisis, and War. — Washington: CCRP, 2006. — 602 p.
8. Twinvis: Silent Surveillance of Silent Objects [Електронний ресурс] // Hensoldt. — URL: <https://www.hensoldt.net/products/twinvis-passive-radar-surveillance-of-noiseless-objects> (дата звернення: 01.06.2026).
9. Доктрина «Боротьба в електромагнітному спектрі» : ОП 3-0(415), січень 2026.
10. Досвід застосування радіоелектронної розвідки : інформаційний матеріал УВВД КСВ ЗСУ. — Лютий 2025.
11. Козін, Д. (2025). Роль радіоелектронної боротьби у забезпеченні інформаційної переваги на полі бою. *Grail of Science*, (55), 355–362. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.08.2025.041>
12. Думитраш В.А., Бондаренко О.Є., Думитраш О.В., Гетьман А.В. (2020). Аналіз направлений розвитку систем радіосвязи НАТО. *Збірник наукових праць ВІТІ*. № 1
13. Лаврут, О., Лаврут, Т., Климович, О., & Здоренко, Ю. (2019). Новітні технології та засоби зв'язку у Збройних Силах України: шлях трансформації та перспективи розвитку. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, (1(34), 91–101. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>
14. Лебеденко А. В., Клят Ю. О., Семененко О. М., Ноздрачов О. О. та ін. Курська операція Сил оборони України (2024–2025) : воен.-іст. нарис / Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України. — Київ : Ліра-К, 2025. — 134 с. — URL: https://themilitaryscience.com/msj_files/publications/The_Kursk_Operation_of_the_Defence_Forces_of_Ukraine_2024-2025.pdf (дата звернення: 01.06.2026).
15. Oprisky I., Bybyk R. Research on modern methods of Electronic Warfare (EW) and methods and means of its counteraction. (2023). *Ukrainian Scientific Journal of Information Security*, 2023, vol. 29, issue 2, pp. 88-97 <https://doi.org/10.18372/2225-5036.29.17873>
16. Попрієнко С. В., Хоменко Є. В., Краснов Р. В., Буданов О. В., Ільїн С. О., Светлічний І. В. (2026). Аналіз сучасних технологій інструментального обстеження: переваги, ризики та перспективи впровадження в Держспецтрансслужбі. *Social Development and Security*, Vol. 16, No. 2. С. 289-317. <https://doi.org/10.33445/sds.2025.16.2.24>.
17. Шумлянський С. В., Хоменко Є. В., Попрієнко С. В. (2025). Ризикоорієнтований підхід до впровадження штучного інтелекту у сфері оборони України: концептуальні засади. *Military science*. Vol. 3, № 3. С. 147–161. <https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.3.11>.

References

1. Alberts, D. S., Garstka, J. J., & Stein, F. P. (2001). *Network centric warfare: Developing and leveraging information superiority* (2nd ed., rev.). U.S. Department of Defense C4ISR Cooperative Research Program. http://www.dodccrp.org/files/Alberts_NCW.pdf
2. Bybyk, R. T., & Nakonechnyi, Y. M. (2025). Research of existing methods for determining spatial and frequency parameters of electronic warfare (EW) sources. *Computer Systems and Networks*, 7(1), 24–37. <https://doi.org/10.23939/csn2025.01.024>
3. Aselsan. (n.d.). *Electronic warfare system technologies*. <https://www.aselsan.com/en/our-solutions/318/electronic-warfare-system-technologies>
4. Joint Chiefs of Staff. (2020, May 2). *Joint publication 3-85: Joint electromagnetic spectrum operations*. U.S. Department of Defense.

5. Thales. (n.d.). *Offensive electronic attack systems field proven in more than 10 countries*. <https://www.thalesgroup.com/en/markets/defence-and-security/radio-communications/electronic-warfare-communications/land-1>
6. Shamanov, D., & Sorokin, A. (2024). *Analiz suchasnykh metodiv radioelektronnoi borotby* [Analysis of modern electronic warfare methods]. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Zbirnyk naukovykh prats*, 1, 211–214. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.1.211>
7. Smith, E. A. (2006). *Effects based operations: Applying network centric warfare in peace, crisis, and war*. CCRP.
8. HENSOLDT. (n.d.). *Twinvis: Silent surveillance of silent objects*. <https://www.hensoldt.net/products/twinvis-passive-radar-surveillance-of-noiseless-objects>
9. Ministry of Defence of Ukraine. (2026, January). *Doktryna "Borotba v elektromahnitnomu spektri"* [Doctrine "Electromagnetic spectrum operations"] (OP 3-0(415)).
10. Upravlinnia viiskovoi rozvidky ta dokumentatsii KSV ZSU. (2025, February). *Dosvid zastosuvannia radioelektronnoi rozvidky: Informatsiinyi material UVVD KSV ZSU* [Experience in the employment of electronic intelligence: Information material of the Land Forces Intelligence Directorate] [Restricted access].
11. Kozin, D. (2025). *Rol radioelektronnoi borotby u zabezpechenni informatsiinoi perevahy na poli boiu* [The role of electronic warfare in ensuring information superiority on the battlefield]. *Grail of Science*, 55, 355–362. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.08.2025.041>
12. Dumytrash, V. A., Bondarenko, O. Ye., Dumytrash, O. V., & Hetman, A. V. (2020). *Analiz napravlennia rozvitiia sistem radiosv'iazi NATO* [Analysis of directions for the development of NATO radio communication systems]. *Zbirnyk naukovykh prats VITI*, 1.
13. Lavrut, O., Lavrut, T., Klymovych, O., & Zdorenko, Y. (2019). *Novitni tekhnolohii ta zasoby zviazku u Zbroinykh Sylakh Ukrainy: Shliakh transformatsii ta perspektyvy rozvytku* [Advanced communication technologies and systems in the Armed Forces of Ukraine: Transformation pathway and development prospects]. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy*, 1(34), 91–101. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.13>
14. Lebedenko, A. V., Kliat, Y. O., Semenenko, O. M., Nozdrachov, O. O., et al. (2025). *Kurska operatsiia Syl oborony Ukrainy (2024–2025): Voienno-istorychnyi narys* [The Kursk operation of the Defence Forces of Ukraine (2024–2025): A military-historical essay]. Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine; Lira-K. https://themilitaryscience.com/msj_files/publications/The_Kursk_Operation_of_the_Defence_Forces_of_Ukraine_2024-2025.pdf
15. Opirskyy, I., & Bybyk, R. (2023). Research on modern methods of electronic warfare (EW) and methods and means of its counteraction. *Ukrainian Scientific Journal of Information Security*, 29(2), 88–97. <https://doi.org/10.18372/2225-5036.29.17873>
16. Popriienko, S. V., Khomenko, Ye. V., Krasnov, R. V., Budanov, O. V., Ilin, S. O., & Svetlichnyi, I. V. (2026). *Analiz suchasnykh tekhnolohii instrumentalnoho obstezhennia: Perevahy, ryzyky ta perspektyvy vprovadzhennia v Derzhspetstranssluzhbi* [Analysis of modern instrumental inspection technologies: Advantages, risks, and prospects for implementation in the State Special Transport Service]. *Social Development and Security*, 16(2), 289–317. <https://doi.org/10.33445/sds.2025.16.2.24>
17. Shumlianskyi, S. V., Khomenko, Ye. V., & Popriienko, S. V. (2025). *Ryzykooorientovanyi pidkhid do vprovadzhennia shtuchnoho intelektu u sferi oborony Ukrainy: Kontseptualni zasady* [Risk-oriented approach to the implementation of artificial intelligence in Ukraine's defence sector: Conceptual foundations]. *Military Science*, 3(3), 147–161. <https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.3.11>

