

Деякі аспекти розвитку тактичних підрозділів протиповітряної оборони ближньої дії в Україні

Some Aspects of the Development of Tactical Short-Range Air Defense Units in Ukraine

Сергій Соболенко^A

Corresponding author: кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри телекомунікацій та радіотехніки, e-mail: sas100974@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-1662-2244>

Олександр Пивовар^B

ад'юнкту центру організації наукової та науково-технічної діяльності Національного університету оборони України, e-mail: o.pyvovar75@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-0088-8378>

Олександр Дубина^A

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри телекомунікацій та радіотехніки, e-mail: Dubyna1357@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3448-6072>

Юрій Заєць^A

доцент кафедри протидії безпілотним системам, e-mail: karakut0212@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-6763-7813>

Serhii Sobolenko^A

Corresponding author: Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: sas100974@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-1662-2244>

Oleksandr Pyvovar^B

Assistant Director of the Center for Scientific and Scientific-Technical Activities at the National Defense University of Ukraine, email: o.pyvovar75@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-0088-8378>

Oleksandr Dubyna^A

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department, e-mail: Dubyna1357@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3448-6072>

Yuriy Zayets^A

Associate Professor of the Department of Countermeasures Against Unmanned Systems, email: karakut0212@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-6763-7813>

^A Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, м. Житомир, Україна

^B Національний університет оборони, м. Київ, Україна

^A Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolyov, Zhytomyr, Ukraine

^B National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: April 18, 2026 | Revised: April 25, 2026 | Accepted: April 30, 2026

УДК: 355.4:623.76:004.8

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.2.8>

Мета роботи. Аналіз факторів, що впливають на ефективність наведення різномірних засобів ураження тактичних підрозділів ППО сухопутних військ та розроблення пропозицій щодо принципів побудови і оснащення тактичного підрозділу ППО сухопутних військ.

Метод дослідження. Порівняльно-історичний, статистичний та структурно-функціональний аналіз, синтез.

Результати дослідження. Оптимізована структура тактичного підрозділу SHORAD з різномірних засобів ближньої дії, ешелонованих за висотами та швидкостями, об'єднаними автономною MANET мережею під управлінням автоматизованої системи управління ППО від власної РЛС.

Теоретична цінність дослідження. Теоретично обґрунтовано оптимальну архітектуру тактичного підрозділу та комплекс його озброєння, що адаптовані до актуальних повітряних загроз (зокрема, протидії БПЛА).

Тип статті. Аналітична.

Purpose. Analysis of factors influencing the effectiveness of guiding diverse weapons systems of tactical air defense units of the Ground Forces, and development of recommendations regarding the principles for organizing and equipping tactical air defense units of the Ground Forces.

Method. Comparative-historical, statistical, and structural-functional analysis; synthesis.

Findings. An optimized structure for a SHORAD tactical unit, consisting of various short-range systems organized into echelons based on altitude and speed, and interconnected via an autonomous MANET network under the control of an automated air defense command and control system that utilizes its own radar.

Theoretical Implications. The study provides a theoretical justification for the optimal architecture of a tactical unit and its armament system, adapted to current air threats (in particular, countering UAVs).

Papertype. Analytical.

Ключові слова: засоби повітряного нападу, ППО ближньої дії, автоматизована система управління, різномірні засоби ураження, БПЛА-перехоплювач, тактична РЛС, затримки часу, комплексування, SHORAD.

Key words: Air Attack Means, Short-Range Air Defense, Automated Command and Control System, Heterogeneous Engagement Systems, Interceptor UAV, Tactical Radar, Time Delays, Integration, SHORAD.

Вступ

Досліджено проблемні питання протидії засобам повітряного нападу рф в підрозділах ППО сухопутних військ (СВ) ЗС України та інших підрозділах сил оборони України (СОУ). Проаналізовано основні засоби і способи протидії засобам повітряного нападу, їх кількісний та якісний стан, переваги, недоліки. Показано особливості бойового застосування тактичних груп, оснащених трикоординатною РЛС та різномірними зенітним озброєнням ближньої дії,

зокрема БпЛА-перехоплювачами, об'єднаними автоматизованою системою управління. Досліджена природа затримок надходження інформації про місцеположення цілі та їх вплив в контурі бойового управління на ефективність наведення засобів ураження. Показана необхідність оснащення кожного тактичного підрозділу ППО АСУ ППО штатною автономною MANET радіо мережею. Запропоновано структуру такого лінійного тактичного підрозділу ППО, яка дозволить у значному ступені зменшити похибку наведення та збільшити ефективність ураження цілі.

Метою статті є аналіз факторів, що впливають на ефективність наведення різномірних засобів ураження тактичних підрозділів ППО СВ та розроблення пропозицій щодо принципів побудови і оснащення тактичного підрозділу ППО СВ.

Огляд літератури

В монографії [1], присвяченій концептуальним аспектам створення мережецентричних систем управління військового призначення розкрито загальне системне уявлення характеру майбутніх війн, питання забезпечення управління сучасними військами і засобами за допомогою мережецентричних систем управління, а також визначення концептуальних вимог до них. У статті [2] розкриті особливості ведення сучасних війн у єдиному командно-інформаційному просторі, а також показане зростання ваги застосування автоматизованих систем військового призначення та різних інформаційних, розвідувальних, ударних комплексів і засобів при веденні ними бойових дій у повітряно-космічному (земному, морському) та інформаційному просторі. В джерелах [3–9] розглядається досвід ведення російсько – Української війни, тактика застосування засобів повітряного нападу рф і способи боротьби з ними. Інформаційні ресурси [8, 9] оперативно висвітлювали повідомлення про особливості застосування засобів повітряного нападу в Ірано-Ізраїльській війні 2026 року. Джерела [10–18] використані для оброблення статистичних даних щодо застосованих рф засобів повітряного нападу за весь період повномасштабного вторгнення (лютий 2022 – лютий 2026), до цього списку входять як офіційні сайти повітряних сил (ПС) та генерального штабу (ГШ) ЗС України так і інші аналітичні платформи і наукові публікації. Публікації [19, 20] присвячені застосуванню FPV-дронів та інших мобільних інженерних рішення у трансформації оборонної тактики в умовах обмежених ресурсів проти бронетехніки. Статті та публікації [21–23] присвячені підтвердженню ефективності застосування малої авіації проти ударних БпЛА “Shahed”. В [24] показано, наскільки ефективно FPV-перехоплювачі збивають російські дрони. В аналітичній довідці [25] ГУР МО України оприлюднило детальний аналіз російського реактивного БпЛА “Герань-3” серії “У”, що дозволяє сформулювати вимоги до перспективних засобів боротьби з такими БпЛА. Стаття [26] присвячена аналізу, оцінці та шляхам підвищення ефективності системи управління підрозділами ППО сухопутних військ. Посилання на офіційні сайти виробників телекомунікаційного обладнання Silvus [27] та Persistent Systems [28] зі звітом про їх ефективність, розміщеному на офіційному сайті уряду США [29]. У статтях [30] та [31] розглядаються перспектива, тенденції розвитку та перспектива побудови мережецентричної система управління військами, зокрема ППО.

Разом з тим, недостатньо уваги приділено принципам побудови і оснащення тактичного підрозділу ППО СВ, як основного підрозділу, який виконує завдання із виявлення й ураження засобів повітряного нападу.

Метою статті є аналіз факторів, що впливають на ефективність наведення різномірних засобів ураження тактичних підрозділів ППО СВ та розроблення пропозицій щодо принципів побудови і оснащення тактичного підрозділу ППО СВ.

Постановка проблеми

Науково обґрунтовані теорії ведення сучасної війни підтверджуються реаліями російсько-Української війни – реалізацію концепції “безконтактних” та “мережецентричних” війн [1, 2]. Рівень розвитку науки та техніки, доступність до сучасних інформаційних технологій, зокрема ШІ, безпосередньо вплинули на тактику ведення бойових дій. Стан економіки країни-агресора рф, його спроможності по нанесенню масованих повітряних ударів з метою максимальних руйнувань інфраструктури України та тотального терору мирного населення вимагають спроможностей ППО України щодо пропорційної відповіді. В умовах істотних економічних, технологічних та політичних обмежень необхідно шукати шляхи дешевого і ефективного способу протидії масованим повітряним ударам БПЛА. Ключовим фактором боротьби є чисельні тактичні підрозділи ППО, оснащені різномірними засобами ураження ближньої дії, в тому числі БПЛА-перехоплювачами. Тому, аналіз факторів, що впливають на ефективність боротьби із засобами повітряного нападу рф та пошук оптимальної структури тактичних підрозділів ППО є важливим завданням.

Результати

Досвід ведення російсько-Української війни [3, 4, 5, 6, 7], Ірано-Ізраїльської війни 2026 року [8, 9] показав важливість боротьби із засобами повітряного нападу противника, які стали інструментом масового терору мирного населення та критичної інфраструктури.

Якщо до початку повномасштабної війни рф проти України питання протиповітряної оборони розглядалось “класичним” способом – широким застосуванням зенітних ракетних комплексів (ЗРК) та авіації ППО проти балістичних, крилатих ракет та авіації противника з обмеженим використанням БПЛА-розвідників, то масштаби застосування “мопедів” та “весільних дронів” перевернули це уявлення. Ні одна економіка світу не спроможна боротися з такими обсягами дешевих засобів повітряного нападу (ЗПН) класичними зенітними керованими ракетами, адже ціни та технологічні витрати просто не співставні. У таблиці 1 подано зведену статистику застосованих рф ЗПН за весь період повномасштабного вторгнення (лютий 2022 – лютий 2026). Дані базуються на офіційних звітах Повітряних Сил ЗС України [10], Генерального штабу ЗС України [11], United24 Media [12], CSIS [13] та аналітиці UA.NEWS [14], [15–18].

Таблиця 1: Кількість ЗПН рф застосованих проти України

Рік / Місяць	Ракети (Крилаті + Балістичні)	БПЛА Shahed / "Герань"	КАБ (Авіабомби)
2022 (лютий–грудень)	~4 500	~600 (з вересня)	— (поодинокі)
2023 (рік)	~2 500	~3 200	~10 000
2024 (рік)	~3 000	~10 800	~35 000
2025 (рік)	~2 200	~44 000	~44 000
2026 (січень – лютий)	423 (рекорд в січні: БР-91)	9536 (рекорд в лютому: 5059)	~10200 (рекорд в січні: КАБ - 5700)
УСЬОГО	~12 600+	~68 000+	~100 000+

Джерело: зроблено авторами

На гістограмі (рис. 1) подано динаміку змін номенклатури засобів повітряного нападу.

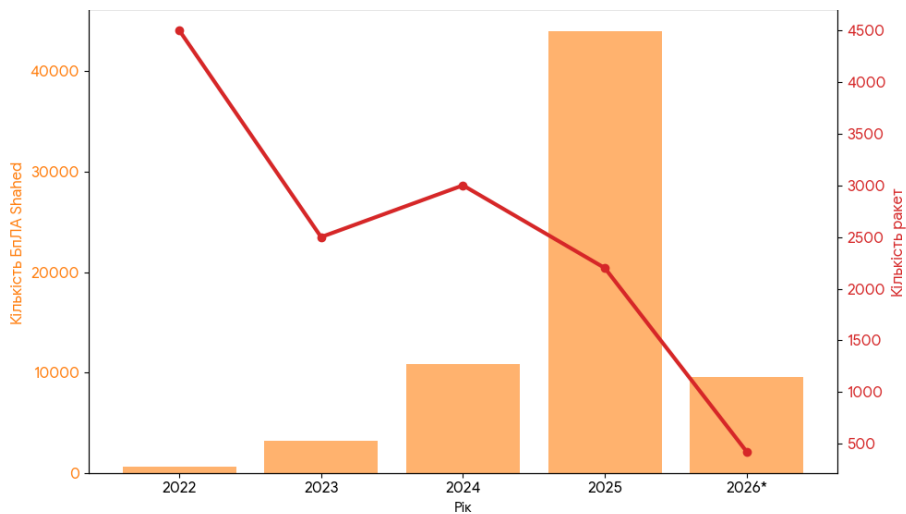


Рисунок 1: Графік динаміки змін ЗПН та співвідношення ракет до ударних БПЛА

Такі зміни зумовлені багатьма факторами, проте це вплинуло на тактику ведення протиповітряної боротьби. Ключові зміни в застосуванні засобів повітряного нападу рф проти України:

1. Еволюція та стрімке зростання кількості Shahed-136/Герань 2. Якщо наприкінці 2022 року рф запускала десятки дронів на місяць, то в лютому 2026 року зафіксовано абсолютний рекорд — 5 059 одиниць за один місяць.

2. Домінування КАБів та ФАБ з УМПК (уніфікований модуль планерування і корекції): з 2024 року використання КАБів стало масованим, сягнувши піку в січні 2026 року – 5700 одиниць. Адже це найдешевший та ефективний засіб проломлювання оборони та знищення військ на полі бою, руйнування інфраструктури прифронтових міст, терору мирного населення.

3. Зміна ракетного терору: у 2022-2023 роках переважали крилаті ракети (Х-101, “Калібр”), а у 2025-2026 роках акцент змістився на гіперзвукові та балістичні ракети КН-23 (КНДР) для подолання систем ППО, враховуючи блокування і обмеженість поставок ракет для Patriot з боку США.

Відповіддю на тотальне домінування Shahed-136 з боку України та виснаження класичної ППО із ЗРК стало створення окремих зенітно-кулеметних батальйонів (озкб), оснащених стрілецькою зброєю, в основному кулеметами типу М2 та ДШК 12,7-мм. Підключились і наші партнери, які почали надавати більш технологічні Cortex Typhon, R-400, M-ACE, Nektor, Victor. Проте їх об’єднують спільні недоліки: мала дальність дії. Зміна тактики рф була очікуваною – висота польоту Shahed-136 була збільшена з 500-600 метрів до понад 1200 метрів, що фактично вивело озкб з дії. У відповідь на це почали нарощувати в озкб більш далекобійне артилерійське озброєння 40-мм Vofos L60/L70 та 57мм АЗП-57 плюс ракетне озброєння типу Rapid Ranger. Ілюстрація деяких із названих зразків ураження показана на рис. 2.

Питання боротьби з тактичними ударними БпЛА на полі бою для прикриття бойових порядків військ взагалі окреме завдання, яке не можливо вирішити навіть високо мобільними броньованими комплексами ППО типу 2С6 Тунгуска, 3СУ Gepard, Stormer HVM. Адже навіть важкі танки, які оснащені мангалами часто не витримують двобію з роєм ударних FPV [19, 20]. Тому такі комплекси мають дуже обмежене використання поблизу лінії бойового зіткнення (ЛБЗ), в основному виконуючи завдання захисту критичної інфраструктури.

Боротьба з КАБами та ФАБами оснащеними УМПК потребує від ППО застосування спеціального озброєння та підходу, враховуючи їх швидкість та потужність. На даний час

основним способом протидії є боротьба з їх носіями, хоча існують поодинокі випадки їх перехоплення.



Рисунок 2: Засоби ураження

Таким чином на даний час є ціла низка “важких” цілей для ППО, з якими наявні системи та засоби не спроможні ефективно боротись або технічно, або кількісно. До них можна віднести:

1. Балістичні і гіперзвукові ракети – тільки ЗРК Patriot та SAMP/T але їх кількість сильно обмежена;
2. КАБи та ФАБи з УМПК – ціль не складна для класичного ЗРК ПС, проте близькість до ЛБЗ унеможливує їх застосування, а легші засоби не спроможні ефективно з ними боротися;
3. Shahed-136 – основний масовий стратегічний ударний БпЛА рф. Головна проблема не складність ураження, а їх величезна кількість. Ефективні засоби боротьби: ЗРК ПС, ЗРГК СВ проте їх недостатня кількість та вони просто не спроможні в таких масштабах поповнювати запаси зенітних керованих ракет, вартість їх застосування неспівставні.

Стрілецька зброя озкб має відносно низьку ефективність та сильно обмежений радіус дії. Інфрачервоні ПЗРК Stinger, Grom, Ігла мають не високу ефективність внаслідок слабкої теплової сигнатури Shahed-136 та сильного впливу погодних умов втім, як і у ракет лазерного наведення типу Starstreak та Martlet.

Армійська авіація та авіація Повітряних Сил спроможні ефективно боротись проте має сильно обмежений ресурс та великі витрати в т.ч. моторесурсу. Залучення цивільної малої авіації Як-52 [21], Moravan Z-137 [22] та Ан-28 [23] при відповідному оснащенні літаків показало високе співвідношення результативність/витрати, проте нажаль, чомусь не отримало широкої підтримки та розвитку (рис. 3).



Як-52

Moravan Z-137

Ан-28

Рисунок 3: Приклади успішного застосування малої авіації

Застосування БПЛА-перехоплювачів вважається на сьогодні основним рецептом боротьби з ударними БПЛА. Така думка ґрунтується на основі позитивного досвіду застосування їх проти БПЛА-розвідників та коригувальників [24]. Проте реальність зовсім інша, впровадження просувається доволі повільно. Велика кількість моделей різноманітних БПЛА-перехоплювачів від різних виробників вносить певні проблеми у логістику та інтеграцію БПЛА-перехоплювачів до АСУ ППО. Ефективність застосування БПЛА-перехоплювача сильно залежить від навичок зовнішнього пілота та технічної підготовки обслуги в цілому. Наводиться лише позитивна статистика збиттів та відео, але не наводиться статистика пропусків цілі або невдалих пусків за вимогою.

Головне, що слід розуміти стосовно подальших перспектив боротьби проти ударних БПЛА Shahed/Герань: як тільки з'явиться ефективний засіб ураження Shahed-136, то одразу буде масово запущений вже апробований трішки дорожчий але ефективніший реактивний Shahed 238/Герань-3 (рис. 4) [25]. Тому пошук шляхів протидії Shahed мав би це враховувати на перспективу.



Рисунок 4: Реактивний Shahed 238/Герань-3

4. Ударні дрони типу FPV – головна загроза поля бою, яка змінила тактику ведення всієї війни. Методи боротьби з ними виходять далеко за межі класичних прийомів ППО. Масовість застосування, малі розміри, мала висота польоту, надманевреність і відносно висока швидкість FPV унеможливають застосування класичних комплексів і систем ППО, адже вони не створені для боротьби з такими цілями. Спроба пристосувати стрілецьке озброєння в складі бойових модулів, оснащених оптико-електронними модулями і трекінговими радарями (наприклад, RWS R-400) в поодиноких випадках показує позитивні результати, проте не у випадку одночасного нальоту з різних ракурсів, саме таку тактику зараз застосовують мисливці за бойовою технікою з обох сторін фронту. Вирішальним в цьому випадку є людський фактор, проте навіть самий натренований оператор не спроможний відбити атаку з обох сторін одночасно, тому охотник неминуче перетворюється на жертву. В такому випадку лише застосування роботизованих платформ з системами автоматичного наведення і ШІ спроможні виконувати завдання по боротьбі з ударними FPV в комплексі з іншими заходами протидії: РЕБ, інженерний захист, маскуванню тощо.

Ефективність методів боротьби з ЗПН визначається не тільки характеристиками засобів ураження а й ефективністю системи управління. Її стійкість, швидкість реакції, спроможність надати точну цілевказівку безпосередньо впливає на бойову ефективність ППО. Якщо в комплексах ППО ПС, які оснащені власними засобами виявлення та наведення система управління давно реалізована і ефективно працює, то в ППО СВ та інших складових Сил Оборони України системи та засоби ППО здебільшого не мають таких систем. Спроба користуватись системами ситуаційної обізнаності “Кропива”, “Дельта”, “Віраж” безпосередньо для управління бойовими діями підрозділів ППО СВ та інших складових Сил Оборони України (СОУ) показала їх низьку ефективність на тактичному рівні. Причини різні, але в першу чергу із-за затримок відображення повітряної обстановки, адже затримка

положення повітряної цілі на декілька десятків секунд на малих відстанях призводить до дезорієнтації бойових розрахунків. Так наприклад, затримка для спеціалізованого програмного забезпечення (СПЗ) “Віраж” іноді сягає 2 хвилин, для Shahed-136 це 6 км. пройденого шляху, а для КР Х-101 це 28 км! Що призводить до невірної відображення реального положення в просторі, та не можливості використання такого СПЗ для бойового управління вогневыми засобами.

У будь-якій складній системі автоматизованого управління помилки накопичуються [26]. У даному випадку помилки геопозиціонування засобів виявлення та ураження впливають на точність місцевизначення ЗПН РЛС та наведення засобів ураження, до цього додаються помилки обумовлені затримками в контурі управління, які динамічно змінюються. Якщо помилки геопозиціонування є сталими величинами та потребують лише якісної підготовки екіпажу з введення вихідних даних, то врахування затримок в автоматизованій системі управління військами має вирішуватись ще на етапі формування системи ППО таким чином, щоб вони були меншими за інші чинники і не впливали на бойову ефективність в цілому.

Розберемо причини затримок більш детально, адже їх природа є різною (рис. 5).

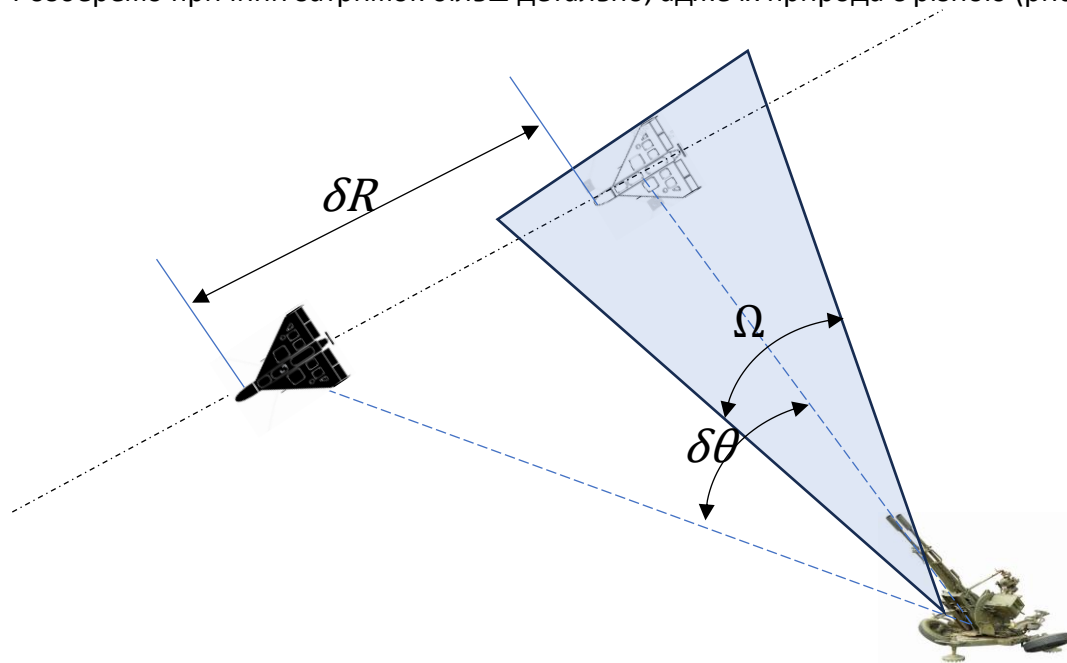


Рисунок 5: Вплив затримок інформації в мережі АСУ на ефективність наведення засобів ураження

На рис. 5 показано приклад ситуації, коли система управління вносить помилку у відображенні реального положення повітряної цілі δR (1), яка значно більше сектору захоплення засобу ураження Ω :

$$\delta R(t) = V_{\text{абс}} \tau_{\text{затр}}(t), \quad (1)$$

де $V_{\text{абс}}$ – абсолютна швидкість повітряної цілі, яку на певній ділянці вважаємо сталою;

$\tau_{\text{затр}}(t)$ – час затримки видачі цілевказівки.

Така затримка визначається багатьма змінними факторами та є функцією часу, основними складовими є: сумарний час обробки інформації системою $\tau_{\Sigma\text{обр}}$, час передачі інформації по каналах зв'язку $\tau_{\Sigma\text{пі}}$ та сумарний час реакції засобу ураження $\tau_{\Sigma\text{зу}}$ (2).

$$\tau_{затр}(t) = \tau_{\Sigmaобр}(t) + \tau_{\Sigmaпи}(t) + \tau_{\Sigmaзв}(t). \quad (2)$$

На перший погляд, враховуючи сучасні технології, може здатись що цей час занадто малий щоб його враховувати, проте на практиці це далеко не так. Особливо, коли ми намагаємось автоматизувати весь процес наведення. Розберемо більш детально складові цієї затримки.

Сумарний час обробки інформації системою $\tau_{\Sigmaобр}(t)$ варіюється в залежності від системи яка використовується: АСУ “Кречет”, СПЗ “Віраж”, “Дельта”, “Скаймапа” тощо. Кожна з систем має своє призначення та можливості, специфіку введення, обробки та виведення інформації. Так, наприклад, в АСУ “Кречет” введення інформації від РЛС відбувається в автоматичному режимі з подальшою обробкою радіолокаційної інформації (РЛІ) в центрі обробки радіолокаційної інформації (ЦОПІ) та автоматичним цілерозподілом між підпорядкованими вогневими засобами, що значно зменшує сумарний час обробки. В інших СПЗ такої можливості немає, там обов’язково має бути задіяний оператор, що за певних умов (наприклад, великої кількості цілей) може призвести до істотного збільшення часу обробки радіолокаційної інформації та цілерозподілу $\tau_{цр}(t)$.

На кожному системі управління впливає її ступінь завантаженості, що динамічно впливає на час обробки $\tau_{oi}(t)$. Час обробки інформації в системі управління сильно залежить від періоду оновлення радіолокаційної інформації від РЛС $T_{РЛІ}$: наприклад, якщо частота оновлення складає 1 сек., то для БПЛА Shahed-136 дискретність місцеположення понад 60 метрів, а реактивного БПЛА та крилатої ракети – 150-250 метрів! В такій ситуації найбільш вигідними є РЛС типу RADA з $T_{РЛІ}$ від 0,1 сек.

Таким чином, затримка визначена сумарним часом обробки РЛІ (3):

$$\tau_{\Sigmaобр}(t) = T_{РЛІ} + \tau_{oi}(t) + \tau_{цр}(t). \quad (3)$$

Сумарний час передачі інформації по каналах зв’язку $\tau_{\Sigmaпи}(t)$ має не менш значущий вплив на ефективність наведення засобів ураження. Цей час визначається фізичною та логічною топологією мережі передачі інформації від РЛС – первинного джерела інформації до кінцевого споживача – засобу ураження.

Сучасні канали передачі даних в складних інформаційних системах, в тому числі ППО, будуються на сучасних мережевих технологіях із використанням технології захисту інформації (міжмережеві екрани (Firewall), системи виявлення втручання (Intrusion Detection System), засоби створення віртуальних приватних мереж (Virtual Private Network). Цей процес, як правило передбачає додатково виконання значної кількості операцій, в тому числі шифрування, що збільшує сумарний час передачі інформації. Окрім сталої складової цього часу $\tau_{\Sigmaпи}$, що враховує розповсюдження сигналу по каналах зв’язку, існує змінна складова, яка не піддається точному прогнозуванню, вона враховує пропуски і затримки в роботі цифрової мережі (Jitter) $\tau_{jet}(t)$ (4):

$$\tau_{\Sigmaпи}(t) = \tau_{\Sigmaпи} + \tau_{jet}(t). \quad (4)$$

Критерієм оцінки впливу затримок передавання інформації має бути таке значення сумарного часу затримки, яке обумовлює помилку наведення не більше ніж допустима.

Методами зменшення часу передачі інформації мають бути, в першу чергу, організаційні заходи, які забезпечать таку побудову мережі, що не перешкоджатиме роботі АСУ ППО.

На жаль, на сьогодні склалася ситуація, коли класичний підхід до формування захищених мереж зв’язку, прагнення впорядкувати та централізувати інформаційні потоки, зашифрувати, убезпечити тощо призводять до впливу на ефективність роботи в середині тактичної системи ППО. Наприклад: РЛС, яка знаходиться в безпосередньому підпорядкуванні командира батареї в 1 км від КП батареї видає на нього інформацію через декілька VPN мереж.

Така ситуація призводить до певного ряду проблем, пов'язаних із критичною залежністю від якості каналів зв'язку на всьому далеко не близькому шляху до серверів VPN і в зворотному напрямку, якості роботи сервісів VPN тощо.

Таким чином, топологія мережі тактичного підрозділу ППО з АСУ має докорінно відрізнятись від на даний час існуючої: засоби кожного підрозділу мають утворювати свою локальну мережу, яка навіть у випадку виходу із ладу глобальної мережі, повинна залишитись функціональною. Система зв'язку повинна мати резервування каналів. Для поєднання всіх засобів в підрозділі пропонується розгортання автономної високошвидкісної радіомережі шляхом використання технології MANET на основі Silvus [27] або MPU5 [28, 29] або їх аналогів. Такі мережі є децентралізованими, бездротовими, та такими, що самоорганізуються з мобільних пристроїв без використання інфраструктури (базових станцій). Кожен вузол діє як маршрутизатор, пересилаючи дані через інші пристрої. Це динамічні мережі, які самовідновлюються і стійкі до розривів зв'язку (рис. 6).

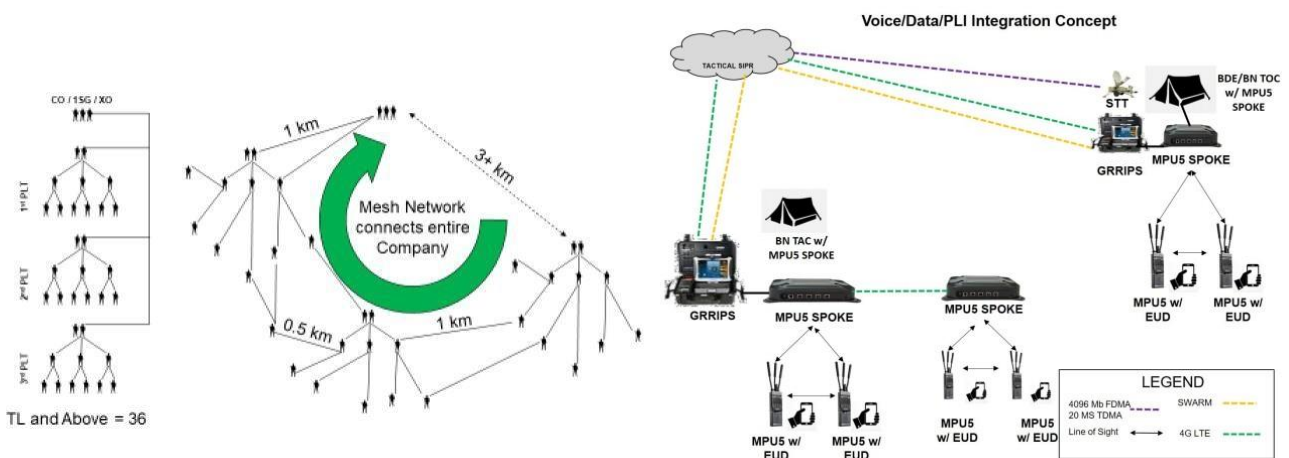


Рисунок 6: Пояснення переваг MANET радіомереж

Ключові переваги застосування технології MANET для тактичного підрозділу ППО:

1. Відсутність центрального вузла (Non-centralized): мережа будується між мобільними об'єктами без потреби у фіксованих базових станціях.
2. Самовідновлення (Self-healing): у випадку відключення одного з вузлів, дані автоматично перенаправляються через інші доступні елементи бойового порядку.
3. Багатоланкова ретрансляція (Multi-hop): MANET дозволяє передавати дані цілевказання від командного пункту до призначеного засобу ураження через проміжні елементи бойового порядку, що значно розширює зону покриття.
4. Низька затримка та скритність: прямий зв'язок між вузлами зменшує час реакції на швидкісні загрози (дрони, ракети) та дозволяє системі працювати в умовах впливу РЕБ.
5. Масштабованість: нові елементи бойового порядку можуть миттєво приєднуватися до загальної мережі підрозділу без додаткових налаштувань всієї системи.

Взагалі питання підвищення ефективності застосування розрізаних різнотипних засобів ППО ближньої дії, які не мають власних засобів розвідки та пунктів управління, таких як СЗКУ R-400, Viktor, Hector, ПЗРК, БПАК-перехоплювачі та подібні повинно вирішуватись шляхом їх комплексного застосування під управлінням АСУ ППО тактичного рівня [30, 31].

На даний час існує багато спірних думок стосовно СПЗ "Вираж" та "Дельта", адже вони себе гарно показали на рівні КП дивізіонів та бригад, проте на тактичному рівні, безпосередньо для наведення засобів ураження, в них є певні недоліки. Тому певного розповсюдження у ППО СВ отримала система 9С905 "Кречет", яка є подальшим розвитком АСУ ППО ПС "Ореанда", але

адаптована для пунктів управління тактичних груп. Така система спроможна працювати з безпосередньо підключеними РЛС та обробляти радіолокаційну інформацію в автоматичному режимі системою ЦОПІ, чого не може ні одна інша з наявних систем “Віраж”, “Скаймапа”, “Дельта” тощо. Це надає їй певні переваги. Також слід відмітити спроба розробників “Скаймапа” дійти безпосередньо до кінцевого споживача у вигляді інтерактивного пристрою-прицілу “Скайлок”, який адаптований на апаратному рівні до багатьох зразків озброєння ППО СВ: ЗКУ 14.5-мм Viktor, ЗУ 40мм Vofos L60/L70 та 57-мм АЗП-57 тощо.

Стосовно головного джерела інформації про повітряні цілі – РЛС, то наприклад ПУТГ 9С905 Кречет має можливість безпосереднього під’єднання до ЦОПІ до 3-х РЛС. Найбільш ефективними 3-х координатними РЛС для цих завдань є універсальні RADA RPS-42 (82) та “протидронові” Iris (V-Mars та T-Mars), які найефективніше працюють по мультироторним БПЛА. На озброєнні існують також інші зразки, але вони менш поширені (рис. 7).



Рисунок 7: 3-координатні РЛС ближньої дії ЗСУ для боротьби з БПЛА

Декілька із вище названих систем, а саме “Кречет” та “Скаймапа” мають можливість інтеграції до систем наведення БПЛА-перехоплювачів, що дає можливість автоматичного наведення перехоплювача від РЛС на ціль без участі оператора Megors (США) або з його донаведенням на кінцевій ділянці при візуальному контакті P1-SUN (Україна) (рис. 8). Це значно покращує ефективність ураження.



Рисунок 8: БПЛА Megors та P1-SUN з наведенням на ціль від АСУ

Як показав аналіз побудови системи ППО СВ в Україні, побудованої на основі лінійних підрозділів, штатно оснащених однаковими зразками озброєння (наприклад, батарея ЗРГК 2С6 “Тунгуска”, ОЗКБ із кулеметами, рота СЗКУ Victor, рота БПЛА-перехоплювачів тощо), під час виконання бойових завдань вона потребує залучення інших підрозділів для їхнього безпосереднього прикриття та забезпечення ведення бойових дій. Прагнення командування забезпечити ешелонованість ураження повітряних цілей призводить до “розтягування” однотипних засобів ППО на великі території у відриві від штатного командування та логістики. Складається ситуація, коли, з одного боку, концентрація в одному районі різноманітного озброєння ППО забезпечує ешелонованість системи ППО, а з іншого — належність до різних

підрозділів призводить до проблем управління та логістики, адже всі вони придані або прикомандировані.

Враховуючи досвід ведення війни пропонуємо структуру тактичного підрозділу ППО ближньої дії типу SHORAD (Short Range Air Defense) призначеного для протиповітряної оборони ближньої дії, захисту військ, мобільних підрозділів та об'єктів інфраструктури від повітряних загроз на малих висотах (БпЛА, гелікоптери, літаки тощо) на відстанях до 15 км, оснащеного різнотипними засобами ураження, рис. 9.

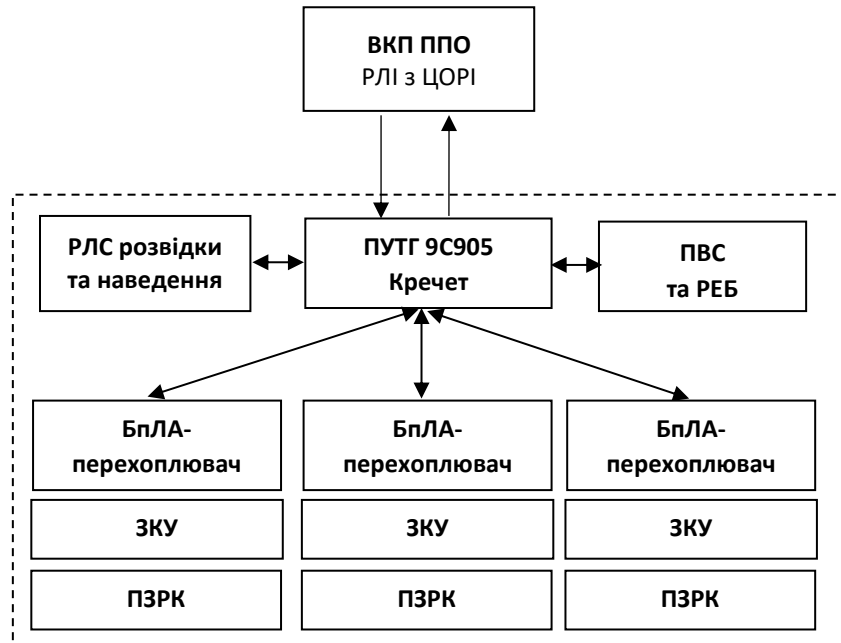


Рисунок 9: Структура тактичного підрозділу SHORAD

Така структура і оснащення типового тактичного підрозділу ППО ближньої дії забезпечить ешелоновану протиповітряну оборону із застосуванням АСУ ППО із штатною MANET мережею, із безпосереднім наведенням засобів ураження від РЛС та включенням в єдиний інформаційний простір через вищий командний пункт (ВКП). озброєння та його кількість визначатимуться тактико-технічними характеристиками (ТТХ) РЛС та засобів ураження: головна умова ешелонованість по висотам та швидкостям, яку можна забезпечити одночасним озброєнням зенітними кулеметними установками (ЗКУ), переносними зенітними ракетними комплексами (ПЗРК) та БпЛА-перехоплювачами. Головною рисою є їх комплексування в автономній MANET мережі для забезпечення кращої ефективності без затримок в контурі бойового управління.

Приклад бойового порядку такого підрозділу показано на рис. 10. Елементи бойового порядку вписані в робочу зону РЛС та розташовані так, щоб забезпечити максимальне покриття зони ураження з ешелонуванням.

Переміщення або нарощування кількості таких тактичних підрозділів не потребуватиме додаткових заходів з їх бойового забезпечення: там де розміщений такий підрозділ, там вже розгорнута MANET мережа, в яку ввімкнені всі елементи бойового порядку, відповідно є зона радіолокаційного покриття та ураження, і чим більше таких підрозділів, тим щільніша ППО.

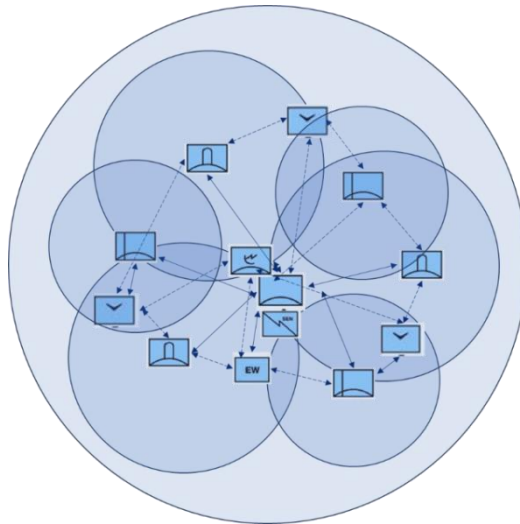


Рисунок 10: Приклад бойового порядку тактичного підрозділу SHORAD

Висновки

Таким чином, для ефективної боротьби з ЗПН рф в Україні необхідно окрім традиційних підходів з нарощення кількості та номенклатури класичних засобів ЗПК та авіації ППО, йти шляхом комплексування різнорідних засобів ближньої дії, ешелонованих за висотами та швидкостями: від зенітних кулеметних установок до БПЛА-перехоплювачів, об'єднаними автономною MANET мережею в єдиний тактичний підрозділ SHORAD під управлінням автоматизованої системи управління ППО від власної РЛС. Очікується, що застосування таких підрозділів зменшить логістичні проблеми та затримки в контурі системи бойового управління.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Кучеренко Ю. Ф. Війни XXI століття: концептуальні аспекти створення мережецентричних систем управління військового призначення : монографія / Ю. Ф. Кучеренко, А. М. Носик, О. П. Дзьобань ; за заг. ред. О. П. Дзьобаня ; Ін-т інформації, безпеки і права Нац. акад. прав. наук України. – Харків : Право, 2025. – 252 с. ISBN 978-617-8602-78-9. https://ippi.org.ua/sites/default/files/monografiya_2025.pdf
2. Кучеренко Ю. Ф., Носик А. М., Александров О. В., Власік С. М. Війни та основні вимоги до мережецентричних систем управління військового призначення. *Системи озброєння і військова техніка*. 2022. № 1 (69). С. 40-45. <https://doi.org/10.30748/soivt.2022.69.05>.
3. Олексенко О. О., Авраменко О. В., Федоров А. В., Сніцаренко В. В., Чернавїна О. Є. Застосування безпілотних літальних апаратів збройними силами Російської Федерації у війні проти України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2022. № 4(49). С. 37-42. <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.49.05>
4. Корсунов С. І., Волков А. Ф., Орехов С. В., Попадюк Р. В., Черкашин С. В., Ярощук В. В. Аналіз застосування засобів повітряного нападу Російської Федерації протягом першого року російсько-української війни. *Системи озброєння і військова техніка*. 2023. № 2(74). С. 72-86. <https://doi.org/10.30748/soivt.2023.74.08>.

5. Кучеренко Ю. Ф., Власік С. М., Беспалько О. В., Сальник О. В. Аналіз застосування безпілотних літальних апаратів при веденні сучасних війн та основні заходи щодо боротьби з ними. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2023. № 2(51). С. 38-45. <https://doi.org/10.30748/nitps.2023.51.05>.
6. Титаренко О.Б., Власенко Є.В. Протиповітряна оборона в російсько-Українській війні: уроки та рекомендації. *Повітряна міць України*. 2024. №1(6). С. 49-55. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-1-6-49-55>.
7. Завацький, О., Талкін, Ю., & Мельниченко, А. (2025). Активні способи боротьби із безпілотними літальними апаратами у сучасних умовах ведення бойових дій. *Міжнародний науковий журнал «Military Science»*, 2(4), 203-214. <https://doi.org/10.62524/msj.2024.2.4.17>.
8. “Засліплення ППО”: як атаки іранських дронів по радарях змінюють баланс сил на Близькому Сході. веб-сайт. URL: <https://ukr.co.il/zasliplennia-ppo-iak-atomy-iranskykh-droniv-po-radarakh-zminiuiut-balans-syl-na-blyzkomu-skhodi/> (дата звернення: 06.03.2026).
9. Іран застосовує ракети інакше, ніж всі очікували: аналітики пояснили, що це означає. *УНІАН*: веб-сайт. URL: <https://www.unian.ua/weapons/iran-novini-u-bi-poyasnili-chomu-krajina-vikoristovuye-raketi-inshim-sposobom-13310577.html> (дата звернення: 10.03.2026).
10. Командування Повітряних Сил ЗСУ / Air Force Command of UA Armed Forces (Офіційна публічна сторінка) // Facebook. URL: https://www.facebook.com/kpszsus/?locale=uk_UA
11. Генеральний штаб ЗСУ / General Staff of the Armed Forces of Ukraine (Урядова організація) / Офіційна сторінка Генерального штабу Збройних Сил України. Facebook. URL: https://www.facebook.com/GeneralStaff.ua/?locale=uk_UA
12. Росія здійснила рекордні атаки безпілотників та ракет на Україну у лютому 2026 року. *United 24 Media*: веб-сайт. URL: <https://united24media.com/latest-news/russia-launched-record-drone-and-missile-attacks-on-ukraine-in-february-2026-16405>. (дата звернення 12.03.2026).
13. Інтенсивна повітряна кампанія Росії в жовтні/ Russia’s Intense Air Campaign in October. *CSIS (Center of strategic & international studies)*: веб-сайт. URL: <https://www.csis.org/analysis/russias-intense-air-campaign-october> (дата звернення 12.03.2026).
14. РФ запустила по Україні рекордну кількість балістичних ракет у минулому місяці. *UA.News*: веб-сайт. URL: <https://ua.news/ua/war-vs-rf/rf-zapustila-po-ukrayini-rekordnu-killist-balistichnikh-raket-u-minulomu-misiatsi> (дата звернення 12.03.2026).
15. Макаров В., Резнік В. Боротьба в повітряному просторі під час війни Росії проти України: узагальнення перших місяців. *Український історичний журнал Інституту історії України*. 2022. № 6(567). С. 17-29. <https://doi.org/10.15407/uhj2022.06.017>.
16. Корсунов С. І., Волков А. Ф., Орехов С. В., Ярощук В. В., Обрядін В. В., Яненко О. А. Безпілотна авіація Ісламської республіки Іран і досвід її застосування в російсько-українській війні. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2023. № 2(76). С. 54-66. <https://doi.org/10.30748/zhups.2023.76.07>.
17. Корж М. Керовані бомби російських терористів: що це таке і чим з ними боротися. *Слово і діло* : веб-сайт. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/04/05/stattja/bezpeka/kerovani-bomby-rosijskyx-terorystiv-ce-take-chym-nymy-borotysya> (дата звернення: 14.12.2023).
18. Ярош С. П., Рогуля О. В. Аналіз тактики бойового застосування крилатих ракет при нанесенні ударів по важливих державних об’єктах та угрупованнях військ. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2019. № 3(61). С. 35-44. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.61.06>.

19. Дрони проти танків: як сучасні технології змінили стратегію і тактику війни. *Експрес* : веб-сайт. URL: <https://expres.online/lyudi-i-problemi/droni-proti-tankiv-yak-suchasni-tekhnologii-zminili-strategiyu-i-taktiku-viyni>.
20. Заболотнюк, В., & Марцінко, Н. (2025). Малі машини великої війни: технічна революція, FPV-дрони та мобільні інженерні рішення у трансформації оборонної тактики в умовах обмежених ресурсів. *Військово-технічний збірник*, 33(2), 154–160. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.33.2025.154-160>.
21. Шмулянський Д. Забута класика: легкомоторна авіація як складова протидронової оборони. *Militarnyi* : веб-сайт. URL: <https://militarnyi.com/uk/articles/zabuta-klasyka-legkomotorna-aviatsiya-yak-skladova-protydronovoyi-oborony/> (дата звернення 15.03.2026).
22. Левакін М. Рішення проти "Шахедів"? В Україні помітили сільськогосподарський літак чеського виробництва з ракетами "повітря – повітря". Відео. *Obozrevatel* : веб-сайт. URL: <https://war.obozrevatel.com/uk/rishennya-proti-shahediv-v-ukraini-pomitili-silskogospodarskij-litak-cheskogo-virobnitstva-z-raketami-povitrya-povitrya-video.htm> (дата звернення 15.03.2026).
23. За сотню збитих "Шахедів" та інших російських дронів - як цивільний Ан-28 допомагає захищати українське небо. *Defense Express* : веб-сайт. URL: <https://defence-ua.com/weapon and tech/za sotnju zbitih shahediv ta inshih rosijskih droniv jak tsivi lniy an 28 dopomagaje zahischaty ukrajinske nebo-21741.html> (дата звернення 15.03.2026).
24. Наскільки ефективно FPV-перехоплювачі збивають російські дрони: статистика та карта. *Тексти.org.ua* : веб-сайт. URL: <https://texty.org.ua/fragments/113975/naskilky-efektyvno-fpv-perehoplyuvachi-zbyvayut-rosijski-drony-statystyka-ta-karta/> (дата звернення 15.03.2026).
25. ГУР МО оприлюднило детальний аналіз російського реактивного БПЛА «Герань-3» серії «У». *Militarnyi* : веб-сайт. URL: <https://militarnyi.com/uk/news/gur-mo-oprylyudnylo-detalnyi-analiz-rosijskogo-reaktyvnogo-bpla-geran-3-seriyi-u/> (дата звернення 15.03.2026).
26. Волков А.Ф., Лезік О.В., Долина М.П., Корсунов С.І., Федченко С.І., Гуленов І.В. Аналіз, оцінка та шляхи підвищення ефективності системи управління підрозділами ППО сухопутних військ за рахунок безперервності її функціонування. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2021. № 3(69). С. 7-15. <https://doi.org/10.30748/zhups.2021.69.01>.
27. Silvus Technologies : офіційний сайт. URL: <https://www.silvustechologies.com> (дата звернення: 12.03.2026).
28. Сайт оборонних технологій та мережевих рішень (Persistent Systems, LLC): Persistent Systems : офіційний сайт. URL: <https://persistentsystems.com>. (дата звернення: 12.03.2026).
29. Радіо MPU5: протестовано Rakkasan. *Army.mil* : веб-сайт. URL: <https://www.army.mil/article/222056/mpu5 radio rakkasan tested> (дата звернення 15.03.2026).
30. Гришин Я. Мережецентрична система ППО: що ми маємо на сьогодні, та що потрібно робити вже на завтра. *Militarnyi* : веб-сайт. URL: <https://militarnyi.com/uk/blogs/merezhetsentrychna-systema-ppo-shho-my-mayemo-na-sogodni-ta-shho-potribno-robyty-vzhe-na-zavtra/> (дата звернення: 12.03.2026).
31. Попов М. О., Нос І. А., Попова Н. О., Губарева О. П. Тенденції розвитку та застосування мережецентричної системи керування підрозділами у сучасних конфліктах. *Збірник*

наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2022. № 3 (73). С. 21-25. <https://doi.org/10.30748/zhups.2022.73.03>.

References

1. Kucherenko, Y. F. Wars of the 21st Century: Conceptual Aspects of Creating Network-Centric Military Command and Control Systems: Monograph / Y. F. Kucherenko, A. M. Nosyk, O. P. Dzoban; edited by O. P. Dzoban; Institute of Information, Security, and Law of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine. – Kharkiv: Pravo, 2025. – 252 p. ISBN 978-617-8602-78-9. https://ippi.org.ua/sites/default/files/monografiya_2025.pdf
2. Kucherenko Yu., Nosyk A., Aleksandrov O., Vlasik S. Modern warfare and the basic requirements for mentor-centric military command and control systems. *Systems of Arms and Military Equipment*. 2022. № 1 (69). С. 40-45. <https://doi.org/10.30748/soivt.2022.69.05>.
3. Oleksenko O., Avramenko O., Fedorov A., Snitsarenko V., Chernavina O. Use of unmanned aerial vehicles by the armed forces of the Russian Federation in the war against Ukraine. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*. 2022. № 4 (49). С. 37-42. <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.49.05>.
4. Korsunov S., Volkov A., Oriekhov S., Popadiuk R., Cherkashyn S., Yaroshchuk V. Analysis of the use of air attack means by Russian Federation during the first year of the Russian-Ukrainian war. *Systems of Arms and Military Equipment*. 2023. № 2 (74). С. 72-86. <https://doi.org/10.30748/soivt.2023.74.08>.
5. Kucherenko Yu., Vlasik S., Bepalko O., Salnyk O. The analysis of the using unmanned aerial vehicles during contemporary warfare and the main measures to combat them. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*. 2023. № 2 (51). С. 38-45. <https://doi.org/10.30748/nitps.2023.51.05>.
6. Titarenko, O.B., & Vlasenko, E.V. Air Defense in the Russian-Ukrainian War: Lessons and Recommendations. *Air Power of Ukraine*. 2024. No. 1(6). Pp. 49–55. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-1-6-49-55>.
7. “Air Defense Blindness”: How Iranian Drone Attacks on Radar Systems Are Shifting the Balance of Power in the Middle East. Website. <https://ukr.co.il/zasliplennia-ppo-iak-ataky-iranskykh-droniv-po-radarakh-zminiuiut-balans-syl-na-blyzkomu-skhodi/> (accessed: 03/06/2026).
8. “Air Defense Blindness”: How Iranian Drone Attacks on Radar Systems Are Shifting the Balance of Power in the Middle East. Website. URL: <https://ukr.co.il/zasliplennia-ppo-iak-ataky-iranskykh-droniv-po-radarakh-zminiuiut-balans-syl-na-blyzkomu-skhodi/> (accessed: 03/06/2026).
9. Iran is using missiles differently than everyone expected: analysts explain what this means. UNIAN: website. URL: <https://www.unian.ua/weapons/iran-novini-u-bi-poyasnili-chomu-krajina-vikoristovuye-raketi-inshim-sposobom-13310577.html> (accessed: 03/10/2026).
10. Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine (Official Public Page) // Facebook. – https://www.facebook.com/kpszsu/?locale=uk_UA.
11. General Staff of the Armed Forces of Ukraine (Government Organization) / Official Page of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine #UkrainianArmy #DefendingOurLand) /// Facebook. https://www.facebook.com/GeneralStaff.ua/?locale=uk_UA
12. Russia carried out a record number of drone and missile attacks on Ukraine in February 2026. United 24 Media: website. URL: <https://united24media.com/latest-news/russia-launched-record-drone-and-missile-attacks-on-ukraine-in-february-2026-16405>. (accessed 03/12/2026).
13. Russia’s Intense Air Campaign in October. CSIS (Center for Strategic and International Studies): website. URL: <https://www.csis.org/analysis/russias-intense-air-campaign-october> (accessed March 12, 2026).

14. Russia launched a record number of ballistic missiles at Ukraine last month. UA.News: website. URL: <https://ua.news/ua/war-vs-rf/rf-zapustila-po-ukrayini-rekordnu-kilkist-balistichnikh-raket-u-minulomu-misiatsi> (accessed March 12, 2026).
15. Makarov, V., & Reznik, V. The Struggle in the Airspace During Russia’s War Against Ukraine: A Summary of the First Months. Ukrainian Historical Journal of the Institute of History of Ukraine. 2022. No. 6(567). Pp. 17–29. <https://doi.org/10.15407/uhj2022.06.017>.
16. Korsunov S. I., Volkov A. F., Orekhov S. V., Yaroshchuk V. V., Obryadin V. V., Yanenko O. A. Unmanned Aviation of the Islamic Republic of Iran and the Experience of Its Use in the Russian-Ukrainian War. Collection of Scientific Papers of Kharkiv National University of the Air Force. 2023. No. 2(76). Pp. 54–66. <https://doi.org/10.30748/zhups.2023.76.07>.
17. Korzh, M. Russian Terrorists’ Guided Bombs: What They Are and How to Combat Them. Slovo i Dilo: website. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/04/05/stattja/bezpeka/kerovani-bomby-rosijskix-terorystiv-ce-take-chym-nymy-borotysya> (accessed: 12/14/2023).
18. Yarosh, S. P., & Rogulia, O. V. Analysis of Tactics for the Combat Use of Cruise Missiles in Strikes Against Key Government Facilities and Troop Concentrations. Collection of Scientific Papers of the Kharkiv National University of the Air Force. 2019. No. 3(61). Pp. 35–44. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.61.06>.
19. Drones vs. Tanks: How Modern Technologies Have Changed the Strategy and Tactics of War. Express: website. URL: <https://expres.online/lyudi-i-problemi/droni-proti-tankiv-yak-suchasni-tehnologii-zminili-strategiyu-i-taktiku-viyni>.
20. Zabolotnyuk, V., & Martsinko, N. (2025). Small machines of a great war: the technical revolution, FPV drones, and mobile engineering solutions in the transformation of defense tactics under conditions of limited resources. Military-Technical Collection, 33(2), 154–160. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.33.2025.154-160>.
21. Shmulyansky, D. Forgotten Classics: Light Aircraft as a Component of Anti-Drone Defense. Militaryni: website. <https://militaryni.com/uk/articles/zabuta-klasika-legkomotorna-aviatsiya-yak-skladova-protydronovoyi-oborony/> (accessed March 15, 2026).
22. Levakin, M. A Solution Against “Shaheeds”? A Czech-made agricultural aircraft equipped with air-to-air missiles was spotted in Ukraine. Video. Obozrevatel: website. URL: <https://war.obozrevatel.com/uk/rishennya-proti-shahediv-v-ukraini-pomitili-silskogospodarskij-litak-cheskogo-virobnitstva-z-raketami-povitrya-povitrya-video.htm> (accessed March 15, 2026).
23. For every hundred “Shahed” and other Russian drones shot down—how a civilian An-28 helps defend Ukrainian skies. Defense Express: website. [https://defence-ua.com/weapon and tech/za sotnju zbitih shahediv ta inshih rosijskih droniv jak tsivi lnij an 28 dopomagaje zahischaty ukrajinske nebo-21741.html](https://defence-ua.com/weapon%20and%20tech/za%20sotnju%20zbitih%20shahediv%20ta%20inshih%20rosijskih%20droniv%20jak%20tsivi%20lnij%20an%2028%20dopomagaje%20zahischaty%20ukrajinske%20nebo-21741.html) (accessed March 15, 2026).
24. How effective are FPV interceptors at shooting down Russian drones: statistics and map. Teksty.org.ua: website. URL: <https://texty.org.ua/fragments/113975/naskilky-efektyvno-fpv-perehoplyuvachi-zbyvayut-rosijski-drony-statystyka-ta-karta/> (accessed March 15, 2026).
25. The Main Intelligence Directorate of the Ministry of Defense has published a detailed analysis of the Russian “Geran-3” jet UAV of the “U” series. Militaryni: website. <https://militaryni.com/uk/news/gur-mo-oprylyudnylo-detalnyj-analiz-rosijskogo-reaktyvnogo-bpla-geran-3-seriyi-u/> (accessed March 15, 2026).
26. Volkov A.F., Lezik O.V., Dolya M.P., Korsunov S.I., Fedchenko S.I., Gulenov I.V. Analysis, assessment, and ways to improve the effectiveness of the air defense unit command and control system of the ground forces through the continuity of its operation. Collection of

- Scientific Papers of Kharkiv National University of the Air Force. 2021. No. 3(69). pp. 7–15. <https://doi.org/10.30748/zhups.2021.69.01>.
27. Silvus Technologies: official website. URL: <https://www.silvustechnologies.com> (accessed March 12, 2026).
28. Defense Technologies and Network Solutions Website (Persistent Systems, LLC): Persistent Systems: official website. URL: <https://persistentsystems.com/> (accessed: 03/12/2026).
29. MPU5 Radio: tested by Rakkasan. Army.mil: https://www.army.mil/article/222056/mpu5_radio_rakkasan_tested (accessed 03/15/2026).
30. Grishin, Y. Network-Centric Air Defense System: What We Have Today and What Needs to Be Done Tomorrow. Militarnyi: <https://militarnyi.com/uk/blogs/merezhetsentrychna-systema-ppo-shho-my-mayemo-na-sogodni-ta-shho-potribno-robyty-vzhe-na-zavtra/> (accessed March 12, 2026).
31. Popov M. O., Nos I. A., Popova N. O., Gubareva O. P. Trends in the development and application of network-centric unit command and control systems in modern conflicts. Collection of Scientific Papers of Kharkiv National University of the Air Force. 2022. No. 3 (73). pp. 21–25. <https://doi.org/10.30748/zhups.2022.73.03>.



This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.