

2. Гриценко, А. П., & Шевченко, Л. К. (2019). Квантові комп'ютери: вплив на сучасні методи шифрування. Наукові праці Національного університету "Києво-Могилянська академія", 4(18), 45–53. <https://doi.org/10.5432/numa.2019.04.18.45>.
3. Златокутський, Ю. О. (2020). Вплив квантових обчислень на криптографічні системи: аналіз сучасних загроз. Інформаційна безпека та технології захисту інформації, 5(3), 12–18. <https://doi.org/10.1234/isbt.2020.05.03.12>.
4. Лесик В.О., Дорошенко А.Ю.. Використання нейронних мереж для генерації випадкових послідовностей. Проблеми програмування. 2024. №2-3. С. 280 – 287. <http://doi.org/10.15407/pp2024.02-03.280>.
5. Almusawi H., Al-Khalifa H., Alhajyaseen W. Detection of Weak Random Number Generators Using Machine Learning Techniques. Journal of Information Security and Applications, 54, 2020.
6. Antunes, B., & Hill, D. R. C. (2024). Random Numbers for Machine Learning: A Comparative Study of Reproducibility and Energy Consumption. Journal of Data Science and Intelligent Systems. <https://doi.org/10.47852/bonviewJDSIS42024012>.
7. Ferguson N., Schneier B. Practical Cryptography. Wiley, 2003.
8. Jason Brownlee. How to Choose an Activation Function for Deep Learning, 2021.
9. Kelsey J., Schneier B., Wagner D., Hall C. Cryptanalytic Attacks on Pseudorandom Number Generators. FSE 1998, LNCS 1372, Springer, 1998.
10. L'Ecuyer P., Simard R. TestU01: A C Library for Empirical Testing of Random Number Generators. ACM Transactions on Mathematical Software, 2007.
11. Marsaglia G. DIEHARD: A Battery of Tests of Randomness. Florida State University, 1996.
12. Menezes A., van Oorschot P., Vanstone S. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1996.
13. Mosca M. Cybersecurity in an Era with Quantum Computers: Will We Be Ready? IEEE Security & Privacy, 16(5), 2018.
14. NIST. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications (SP 800-22 Rev.1a). Gaithersburg: NIST, 2010.
15. NIST. Recommendation for the Entropy Sources Used for Random Bit Generation (SP 800-90B). Gaithersburg: NIST, 2018.
16. Walker J. ENT: A Pseudorandom Number Sequence Test Program, 2008.
17. S. D. Shingade, R. P. Mudhalwadkar and K. M. Masal, "Random Forest Machine Learning Classifier for Seed Recommendation," 2022 International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA), Tamilnadu, India, 2022, pp. 1385-1390, doi: 10.1109/ICECAA55415.2022.9936120.
18. Shoup V. A Computational Introduction to Number Theory and Algebra. Cambridge University Press, 2009
19. Susan Athey. 2019. 21. The Impact of Machine Learning on Economics. In The economics of artificial intelligence. University of Chicago Press, 507–552.

Надійшла 25.11.2025

УДК 623.746-519:355.48(470:477)
DOI: 10.31673/2409-7292.2025.041219

Шиповський В.В., Тарасенко О.В.

АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ТЕНДЕНЦІЙ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕВОЛЮЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ

У статті проведено дослідження тенденцій та особливостей еволюції застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у російсько-українській війні 2022–2025 рр. Визначено, що з початком повномасштабного вторгнення роль дронів на полі бою зросла від допоміжної до стратегічної: від використання комерційних квадрокоптерів для розвідки та коригування вогню до розгортання FPV-камікадзе, масових роїв та автономних систем з елементами штучного інтелекту; що ключовою особливістю розвитку стала циклічна динаміка «нові завдання – протидія – адаптація», яка прискорювалась протягом війни. Засоби протидії з боку противника включали системи радіоелектронної боротьби, протиповітряну оборону, фізичні бар'єри та експериментальні лазери, що стимулювало українських виробників до впровадження інерціальної навігації, захищених каналів зв'язку та алгоритмів штучного інтелекту. У роботі використано кількісні індикатори – індекс ефективності та індекс адаптації, які відображають підвищення результативності застосування БПЛА та технологічної гнучкості виробників. Для практичної візуалізації стаття містить зведені таблиці та графіки, що демонструють зростання виробництва безпілотників, зростання ролі FPV-дронів, а також підвищення ефективності місій. У висновках дослідження зазначено, що Україна у 2022–2025 рр. стала світовим полігоном випробування дронів технологій, а її досвід суттєво вплине на формування майбутніх військових доктрин. Сформульовано прогноз

щодо подальших напрямів розвитку використання БПЛА – автономні рої, інтеграція з наземними та морськими роботизованими платформами, розвиток антидронових систем та створення спеціалізованих підрозділів безпілотних систем у збройних силах.

Ключові слова: БПЛА (безпілотні літальні апарати), ППО (протиповітряна оборона), дрони, РЕБ (радіоелектронної боротьби), FPV-камікадзе, штучний інтелект, інформаційні технології.

Вступ

З початком повномасштабного вторгнення Російської Федерації в Україну у лютому 2022 року безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали ключовим інструментом сучасної війни. Від комерційних квадрокоптерів, які спершу використовувалися лише для аерофотозйомки та розвідки, вони еволюціонували у високотехнологічні ударні платформи, рої та інтегровані багатодоменні системи [1]. Вже у перші тижні бойових дій дрони забезпечили перевагу у веденні розвідки та координації артилерійського вогню, що дало можливість українським військам оперативно реагувати на пересування ворога. Використання недорогих, але численних комерційних моделей довело, що навіть прості технічні рішення можуть змінювати перебіг операцій. Поступово БПЛА почали застосовуватись і для ударних місій: оснащені саморобними боєприпасами, вони стали альтернативою традиційним засобам ураження, здатною компенсувати нестачу високоточної зброї. Противник водночас активно використовував засоби протидії: комплекси радіоелектронної боротьби (РЕБ), системи протиповітряної оборони (ППО), експериментальні лазерні системи та автоматизовані комплекси [2]. Це спричинило постійну гонку між новими завданнями для БПЛА, контрзаходами та адаптацією виробників і розробників. Кожен новий етап війни супроводжувався появою вдосконалених дронів з більшою дальністю польоту, підвищеною стійкістю до засобів РЕБ та розширенням спектром бойових завдань.

Таким чином, з 2022 до 2025 року в Україні відбулася стрімка еволюція безпілотних систем: від імпровізованих рішень на основі цивільних платформ до високотехнологічних комплексів із використанням штучного інтелекту. Це робить український досвід унікальним прикладом швидкої трансформації БПЛА в умовах великомасштабної війни.

Постановка проблеми

БПЛА у ході російсько-української війни стали ключовим засобом розвідки, ураження цілей та забезпечення інформаційної переваги. Водночас противник активно застосовує засоби протидії – РЕБ, ППО, лазерні системи, що змушує українських військових і виробників БПЛА швидко адаптуватись та постійно вдосконалювати технології. Проблемним питанням лишається відсутність комплексного аналізу еволюції завдань дронів, методів протидії та адаптаційних механізмів у період 2022–2025 рр., що ускладнює формування прогнозів їх подальшого розвитку.

Аналіз останніх досліджень

Сучасні джерела одногосно констатують революційну роль дронів у російсько-українській війні. Західні експерти пишуть, що безпілотники приносять більшість втрат для обох сторін конфлікту: за оцінками Atlantic Council, FPV-дрони є «піхотою війни дронів» і відповідають за до 80% втрат російських сил на полі бою [3]. Подібні дані наводить аналітик RUSI – нібито саме малі ударні БПЛА спричиняють 60-70% знищених російських танків і БМ [4]. Російсько-українську війну називають «першою повномасштабною війною дронів», де дешеві БПЛА вирішують долю боїв [5]. Багато уваги приділено розробці та озброєнню дронів: наприклад, Береговий центр США («Atlantic Council») повідомляє про масове залучення FPV-камікадзе й випуск сотень тисяч штук на місяць [3][6]. А також відзначаються протидії – виготовлення дронів з оптоволоконним управлінням, захисні «сітки-копіна» та інші заходи [2][7]. Водночас світові дослідники прогнозують подальшу еволюцію – активний розвиток автономних систем і роїв дронів [8][9]. Із країн, що цікавляться українським досвідом, згадують США та Китай: Пентагон вже планує випустити тисячі «автономних систем» до кінця 2025 року [8]. Таким чином, існуючі дослідження підтверджують ключові

тренди: збільшення частки БПЛА у війні, їхню трансформацію від розвідки до ударних місій, а також постійне удосконалення засобів протидії з обох боків[3][4][8].

Метою статті є аналітична оцінка тенденцій і особливостей еволюції застосування БПЛА в російсько-українській війні у 2022–2025 рр та формування прогнозів їх подальшого застосування.

Завданнями статті є:

- вивчити зміни у використанні БПЛА: від розвідки до ударних і комбінованих місій;
- проаналізувати етапи розвитку протидії з боку РФ та визначити їхню ефективність;
- дослідити адаптацію українських і світових виробників до нових викликів;
- сформулювати рекомендації та прогноз щодо розвитку безпілотних систем у воєнній сфері.

Методи дослідження ґрунтуються на поєднанні якісних і кількісних підходів:

Контент-аналіз відкритих джерел: звіти міжнародних аналітичних центрів (ISW, RUSI, RAND, НАТО) [1], аналітика українських дослідників [6], матеріали ЗМІ та Міністерства оборони України [7].

Порівняльний аналіз змін у тактиці та технологіях за роками (2022, 2023, 2024, 2025).

Кількісні методи: використання індикаторів – індексу ефективності БПЛА, коефіцієнта виживання, співвідношення вартості дронів і завданих збитків [3].

Виклад основного матеріалу дослідження

У 2022 році головним завданням українських БПЛА була аеророзвідка та коригування артилерійського вогню. Найбільш масово застосовувалися цивільні квадрокоптери DJI Mavic, які коштували від 1500 до 3000 доларів, але забезпечували «очі» для піхоти та артилерії [1][10]. Саме вони дозволяли швидко виявляти ворожі колони бронетехніки й передавати координати у режимі реального часу. Водночас середньовисотні Bayraktar TB2, отримані від Туреччини (до 50 одиниць), стали символом перших місяців війни, знищуючи бронетехніку та логістику супротивника [3]. Проте вже до середини 2022 року їхня роль у масових ударах знизилася через посилення російських систем ППО та РЕБ, і вони переорієнтувалися здебільшого на розвідувальні завдання [5].

У 2023 році домінуючою інновацією стали FPV-дрони-камікадзе. Українські підрозділи почали масово збирати гоночні квадрокоптери з вибуховими зарядами, які керувалися операторами за допомогою системи «від першої особи». Вартість одного такого дрона становила близько 400–500 доларів, а ефективність ураження була надзвичайно високою: один FPV-дрон міг знищити танк або бронемашину вартістю мільйони доларів [4]. За оцінками, саме FPV-камікадзе відповідали до 70 % втрат російської техніки у цей період [2]. Крім того, США постачали в Україну дрони Switchblade (понад 700 одиниць) і Phoenix Ghost (приблизно 1800), які доповнювали ударний потенціал [6]. У 2023 році вперше з'явилися спеціалізовані «дронові роти», що стандартизувало використання безпілотників у піхотних підрозділах.

Таблиця 1

Основні характеристики використання БПЛА у 2022–2023 рр.

Параметр	2022 рік	2023 рік
Основні типи	DJI Mavic, Bayraktar TB2	FPV-камікадзе, Switchblade
Головне завдання	Розвідка, коригування	Ударні місії, «дронові роти»
Вартість одиниці	\$1500–\$3000 (Mavic)	\$400–500 (FPV)
Ефективність (втрати ворога) %	~30–40 %	до 70 %

У 2024 році відбувається масове розширення застосування БПЛА. Українські виробники досягли обсягів виробництва до 2 мільйонів дронів на рік, а програми «Армія дронів» та Brave1 профінансували сотні проєктів для інновацій [7]. На фронті формується так звана «стіна дронів» – суцільна смуга з розвідувальних і ударних апаратів, яка перекривала до 15 км

лінії фронту [4]. Паралельно Україна активно застосовувала дрони для стратегічних ударів: за один лише рік було здійснено понад 130 безпілотних операцій по території Росії, уражено понад 370 об'єктів, включаючи аеродроми та склади [2]. Росія відповідала масовими атаками іранськими Shahed-136, що змусило Україну вдосконалювати протидію.

У 2025 році на перший план виходять автономність і штучний інтелект. Українські компанії розробляють «материнські дрони», здатні переносити на борту кілька ударних FPV, а також дрони з системами кінцевого наведення на основі алгоритмів ШІ [5]. Міністр цифрової трансформації України прямо заявив, що мета полягає у досягненні «повної автономності» БПЛА [7]. Однією з показових операцій став запуск понад сотні ударних безпілотників у глибокий тил противника з елементами ШІ-наведення, що дозволило вразити третину російської стратегічної авіації [2].

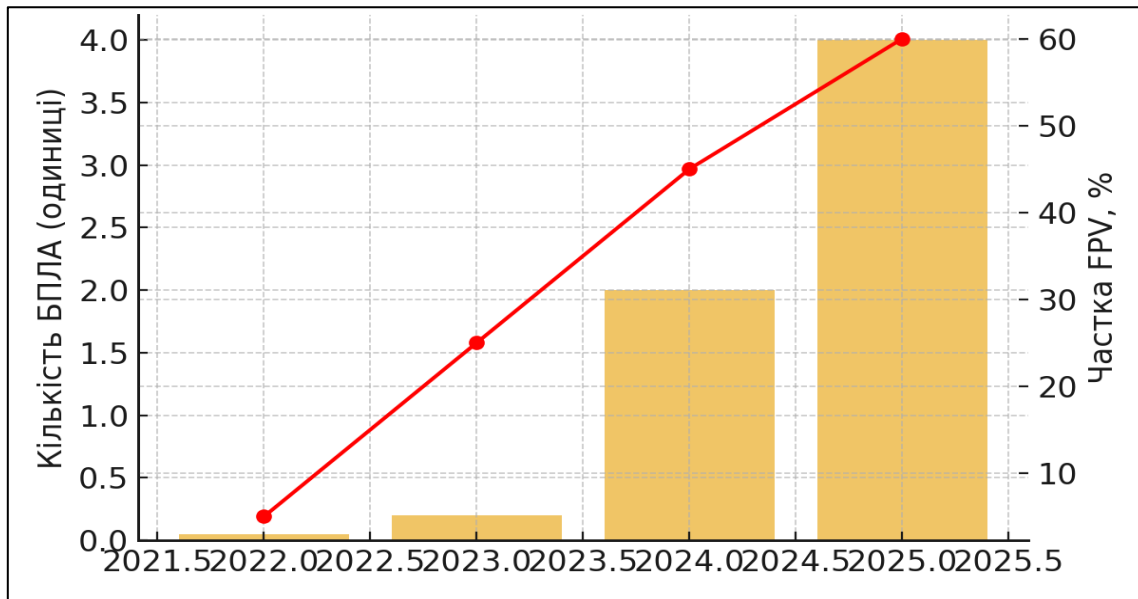


Рис. 1. Динаміка виробництва та застосування БПЛА в Україні (2022–2025 рр.)

Методи протидії БПЛА та їхня ефективність. Російська Федерація з перших місяців повномасштабного вторгнення активно застосовувала засоби протидії українським безпілотникам. Основними напрямками стали комплекси радіоелектронної боротьби (РЕБ), протиповітряна оборона (зенітні комплекси «Панцир», С-300), стрілецьке озброєння та навіть експериментальні лазерні системи [2]. РЕБ придушувала сигнали управління і супутникової навігації GPS, що особливо впливало на комерційні квадрокоптери [1]. Проте ефективність була обмеженою, адже українські оператори почали використовувати зашифровані канали та інерціальну навігацію.

Проти FPV-камікадзе традиційні ППО виявилися малоефективними через малі розміри та низьку висоту польоту цих дронів [5]. Тому рф розробляла фізичні бар'єри («копіни» з металевих сіток на танках) та масово застосовувала антидронові рушніці [3]. У відповідь українські підрозділи вдосконалили тактику: масові рої FPV, атаки у нічний час, застосування тепловізорів і перехоплювачів.

Таблиця 2

Засоби протидії рф та способи адаптації українських виробників БПЛА

Засоби протидії рф	Адаптація українських рішень
РЕБ (глушіння GPS)	Зашифровані канали, інерціальна навігація
ППО (ракети, гармати)	Масові FPV-атаки, нічні місії
Лазерні системи	Зменшення теплової сигнатури
«Копіни» (сітки на техніці)	FPV з потужнішими боєголовками

Як видно з Таблиці 2, засоби протидії безпілотним літальним апаратам з боку Російської Федерації мали комплексний характер: від електронних до фізичних. Найбільш активно застосовувалися комплекси РЕБ, які глушили сигнали управління та навігації GPS. Водночас у відповідь українські виробники почали впроваджувати зашифровані канали зв'язку та інерціальну навігацію, що суттєво підвищувало стійкість дронів до перешкод. Системи ППО намагалися нейтралізувати безпілотники, проте їх ефективність знижувалася завдяки масованим атакам FPV та використанню нічних місій. Лазерні установки, які лише почали з'являтися у противника, спонукали до створення дронів із меншою тепловою сигнатурою. Фізичні бар'єри на кшталт «копінів» (металевих сіток на бронетехніці) компенсувалися розробкою FPV-дронів із потужнішими боеголовками. Таким чином, протистояння БПЛА та засобів їх знищення підтверджує циклічну модель «протидія – адаптація», у якій кожен новий захід стимулює появу вдосконалених технологій з протилежного боку.

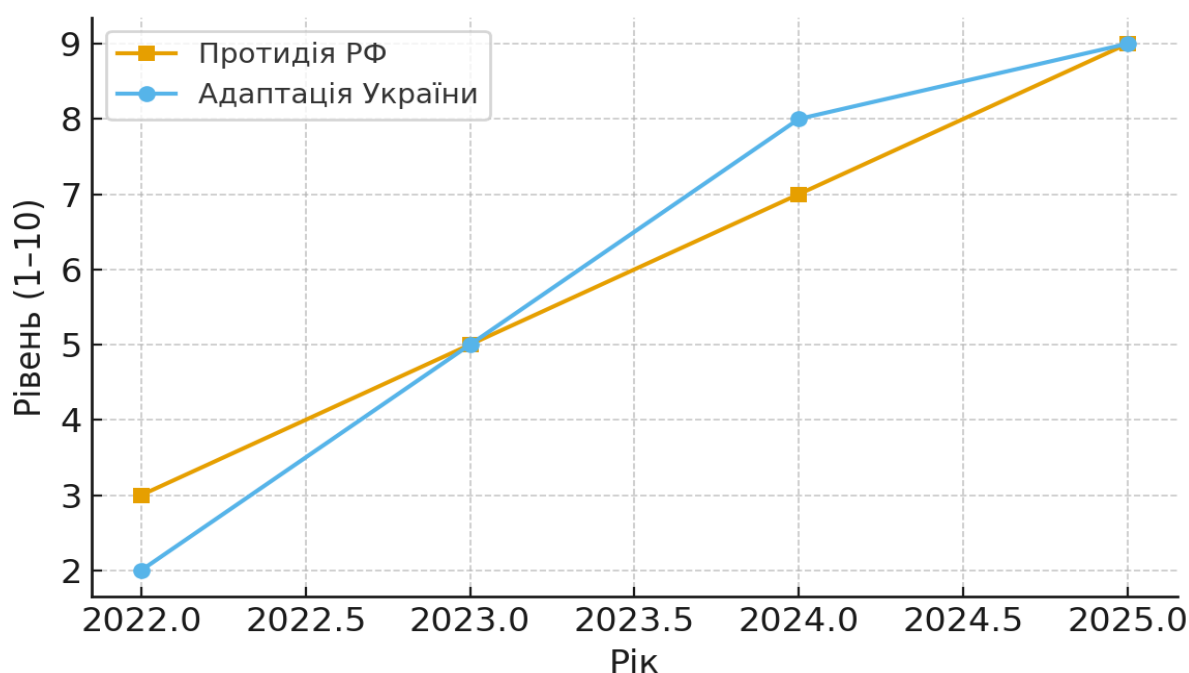


Рис. 2. Динаміка «протидія ↔ адаптація» у 2022–2025 рр.

Графік (Рис.2) відображає співвідношення рівня засобів протидії безпілотникам з боку Російської Федерації та темпів адаптації українських виробників у 2022–2025 рр. На початковому етапі війни перевага була на боці противника: рівень протидії оцінювався у 3 бали проти 2 балів адаптації. У 2023 році обидва показники зрівнялися на рівні 5 балів завдяки масовому впровадженню FPV-дронів та інерціальної навігації. У 2024 році адаптація почала випереджати протидію (8 проти 7 балів), що стало результатом розвитку «стіни дронів» та застосування штучного інтелекту в управлінні. У 2025 році показники практично зрівнялися (9 проти 9), що свідчить про високий рівень технологічної конкуренції сторін. Таким чином, динаміка підтверджує циклічний характер процесу: зростання потужності засобів протидії стимулює інноваційні рішення виробників БПЛА, а нові дрони, своєю чергою, викликають створення удосконалених систем нейтралізації.

Український оборонно-промисловий комплекс продемонстрував унікальні темпи розвитку в умовах війни. Якщо у 2021 році в галузі функціонувало лише кілька десятків підприємств, то вже у 2025 році їхня кількість перевищила 500 [6]. Це стало можливим завдяки державним програмам підтримки, серед яких ключову роль відіграли «Армія дронів» та

інкубатор інновацій Brave1, які профінансували сотні проєктів і створили умови для швидкої комерціалізації нових рішень [7].

Важливою віхою стало досягнення у 2024 році повної локалізації виробництва FPV-дронів: уперше було представлено моделі, створені виключно з українських компонентів [4]. Такий крок не лише знизив залежність від імпорتنих поставок, але й дозволив гнучко адаптувати конструкції під потреби фронту. Паралельно українські інженери почали активно інтегрувати алгоритми штучного інтелекту в системи управління БПЛА. Це дало змогу безпілотникам автономно розпізнавати цілі, формувати «рої» та координувати дії в умовах перешкод або повної втрати зв'язку.

Для кількісної оцінки цього технологічного прогресу застосуємо умовний показник – *індекс адаптації (Ia)*, що визначається як відношення кількості нових рішень до кількості виявлених загроз (1):

$$Ia = \frac{N_{\text{ріш}}}{N_{\text{загр}}} \dots \dots \dots (1)$$

У 2022 році цей індекс становив приблизно 0,5, що означало одне нове рішення на дві загрози. До 2025 року показник досяг значення 1,0, свідчаючи про те, що кількість інновацій повністю зрівнялася з кількістю викликів. Це підтверджує здатність українських виробників оперативно реагувати на виклики війни та забезпечувати технологічний баланс із противником. Якщо у 2022 році цей індекс був близький до 0,5 (одне нове рішення на дві загрози), то у 2025-му він досяг 1,0, що означає рівнозначне співвідношення інновацій і викликів.

Для оцінки ефективності застосування безпілотних літальних апаратів у сучасних бойових умовах доцільно використовувати інтегральні показники, які враховують не лише кількість успішних ударів, але й комплекс інших параметрів. У даному дослідженні введено умовний показник – *індекс ефективності (Ie)*, що дозволяє формалізувати результативність БПЛА з урахуванням їхніх сильних і слабких сторін [3].

Основна ідея показника полягає в тому, що ефективність БПЛА визначається як співвідношення позитивних характеристик (успішність виконаних місій та здатність апарату зберігати працездатність після застосування) до негативних чинників (вартісні витрати та вразливість до протидії). Це дозволяє порівнювати різні класи апаратів за єдиною шкалою, незалежно від їх призначення та технічних характеристик.

Формально індекс ефективності записується так:

$$I_e = \frac{U + R}{C + P}, \quad (2)$$

де: U – рівень успішності місій (ймовірність ураження цілі, нормована у межах 0–1); R – рівень виживання дрона після виконання завдання (0–1); C – відносні витрати на виробництво і застосування апарату (0–1); P – вразливість до засобів протидії противника (0–1).

Таким чином, чим більші показники U та R , і чим нижчі C та P , тим вище значення індексу ефективності. Якщо $I_e > 1$, це свідчить про високу результативність конкретного типу БПЛА у співвідношенні «ефект – витрати». Якщо ж $I_e < 1$, використання такого апарату є менш доцільним у тактичному чи стратегічному плані.

Використання індексу ефективності дозволяє не лише узагальнити емпіричні дані, але й створити основу для математичного моделювання сценаріїв застосування безпілотників у різних умовах, що є важливим для прогнозування їхнього розвитку та інтеграції в структури майбутніх бойових операцій.

Таблиця 3

Динаміка індексу ефективності БПЛА (2022–2025 рр.)

Рік	<i>U</i> (успішність)	<i>R</i> (виживання)	<i>C</i> (витрати)	<i>P</i> (вразливість)	<i>Ie</i>
2022	0.60	0.40	0.50	0.60	0.91
2023	0.70	0.50	0.40	0.50	1.33
2024	0.80	0.65	0.35	0.40	1.93
2025	0.85	0.70	0.30	0.35	2.38

Як показано в Таблиці 3, динаміка індексу ефективності – *Ie* безпілотних літальних апаратів у 2022–2025 рр. демонструє чітку тенденцію до зростання. У 2022 році значення *Ie* становило лише 0,91, що пояснюється переважним використанням комерційних квадрокоптерів, низьким рівнем виживання апаратів після місії та відносно високою вартістю одиниці у порівнянні з отриманим бойовим ефектом.

У 2023 році індекс зріс до 1,33 завдяки масовому застосуванню FPV-дронів-камікадзе, які мали низьку собівартість (близько 400–500 доларів) та високу успішність ураження цілей. Водночас зросли показники виживання завдяки використанню нічних місій та вдосконалених систем наведення.

Найбільш помітні зміни відбулися у 2024 році, коли *Ie* досяг рівня 1,93. Це стало результатом масового виробництва БПЛА в Україні, впровадження концепції «стіни дронів» і початкового використання алгоритмів штучного інтелекту для підвищення точності ударів. Витрати на одну одиницю систематично знижувалися, а стійкість до засобів РЕБ зростала.

У 2025 році індекс ефективності зріс до рекордного рівня 2,38. Це пояснюється впровадженням автономних систем з елементами ШІ, які значно підвищили успішність місій (до 85 %) і знизили залежність від операторів. Водночас витрати на одиницю залишилися відносно низькими завдяки серійному виробництву.

Таким чином, динаміка *Ie* свідчить про прогресуюче зростання ефективності безпілотних систем протягом усіх років війни. Поступове підвищення цього індексу доводить, що дрони стали не лише допоміжним інструментом, а й одним з основних засобів досягнення тактичних і стратегічних цілей на полі бою.

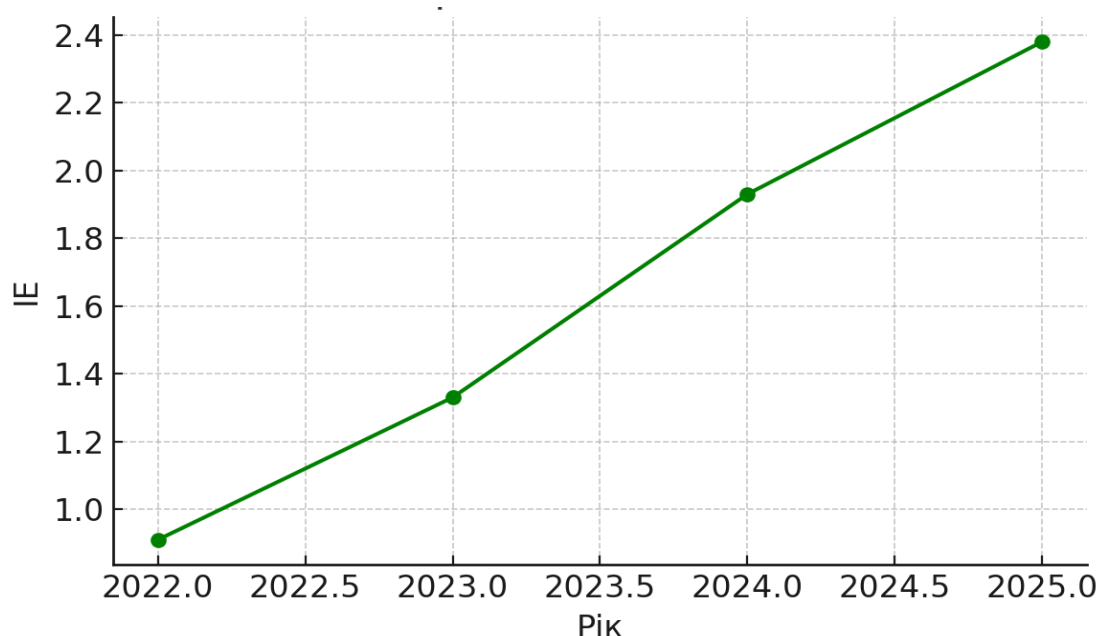


Рис. 3. Зростання індексу ефективності БПЛА у 2022–2025 рр

Таблиця 3

Розвиток засобів протидії українським БПЛА з боку рф і заходи у відповідь з боку України (2022–2025 рр.)

Період (рік) та особливості періоду	Засоби протидії БПЛА (рф)	Ефект засобів протидії та обмеження	Адаптація і контрзаходи (Україна)
2022 (початок вторгнення)	ППО: зрив початкових ударів Bayraktar (ПЗРК, «Тор», винищувачі); РЕБ: розгортання систем «Житель», «Леер-3» у прифронтовій зоні; Поодинокі випадки застосування лазерних антидронових систем «Задира» (заявлено).	До літа 2022 збито більшість ТВ2, знижено ефективність великих дронів; РЕБ перехоплює частину комерційних дронів (ДЛ має вразливі GPS); Лазерні системи не вплинули на хід боїв (прототипи).	Перехід на малогабаритні дрони (менш помітні для ППО); Зашумлення каналів GPS, перші експерименти з антиглушниковими антенами; Маскування станцій управління, щоб уникнути виявлення РЕБ.
2023 (активізація FPV-дронів)	Масове придушення РЕБ уздовж фронту (глушіння пульта FPV); Поширення переносних «антидронових рушниць» у штурмових частинах; ППО мало ефективна проти дрібних цілей; Відключення мобільного зв'язку в зонах атак дронів по рф.	До кінця 2023 РЕБ – головна причина 70–90% втрат безпілотників; «Окопна РЕБ» збиває багато коптерів над позиціями, але не встигає покрити всі ділянки; Кінетичне збиття FPV одиничне (дрони малі і швидкі); Втрати серед українських БПЛА дуже високі (до 10 тис./міс).	Тактика «заліплення» РЕБ: запуск груп дронів, частина з яких долає перешкоди; Використання ретрансляторів сигналу (дрон-ретранслятор високо, щоб передати сигнал нижчим дронам); Освоєння частотного стрибка, зміна частот вручну; Використання дротових (оптоволоконних) каналів на критичних ділянках (перші зразки).
2024 (масштабування)	Вдосконалення РЕБ: нові комплекси (пасивні детектори, багатоканальні глушники – <i>SERP-VS6D</i>); Поєднання РЕБ з ППО: спершу дрон глушать, потім збивають зенітною при спробі повернення; Створення спецпідрозділів «ловців дронів» (з антидроновими рушницями і снайперами для збиття).	рф вдається зірвати частину масованих нальотів (напр., частина дронів на підльоті до Москви примушена до посадки РЕБ); Проте одночасно деякі дрони все одно пробиваються (насичення ефіру заважає і росіянам); Втрати дронів все ще високі, але темпи виробництва України вже компенсують їх.	Нарощування виробництва: Україна випускає дронів більше, ніж їх знищують (200 тис./міс на 2025); Створення захищених від РЕБ каналів: шифрування, динамічна зміна частот; Поява режимів «offline» – дрон виконує задачу за заданою програмою навіть без зв'язку; Придушення російських РЕБ: цілеспрямовані удари по їх позиціях (артилерія, HIMARS).
2025 (автономні технології)	Автоматизація РЕБ: системи, що самі виявляють і глушать десятки дронів одночасно; Спроби перехоплення управління дронів через кібервтручання (шкідливе ПЗ, експлойти); Розробка власних автономних дронів-«мисливців» (для знищення ворожих БПЛА в повітрі).	Російські РЕБ досі завдають втрат, але зі зростанням автономності дронів їх ефективність знижується; Кібератаки поки не дали масового ефекту (Україна швидко оновлює ПЗ дронів); Дрони-перехоплювачі рф на стадії випробувань, в бою більшість перехоплень роблять люди.	ІІІ в дронах: українські БПЛА здатні виконати місію навіть при втраті зв'язку (завдяки комп'ютерному зору і автопілоту); Оптиковолоконні дрони: повна нечутливість до радіо-РЕБ на дистанції до 5 км від оператора; Розосередження управління: оператори діють маленькими мобільними групами, постійно маневрують, щоб їх не виявили; Власні антидронові засоби: Україна теж застосовує дрони-перехоплювачі для збиття шахедів.

Рис. 5 ілюструє поступове зростання індексу ефективності (I_e) безпілотних літальних апаратів у період 2022–2025 рр. На початковому етапі, у 2022 році, значення показника було відносно низьким (0,91), що пояснюється високими витратами на одиницю техніки, низькою виживаністю апаратів та їхньою вразливістю до засобів протидії. У 2023 році I_e підвищився до 1,33 завдяки широкому застосуванню FPV-дронів, які мали невелику вартість та високу результативність при ураженні бронетехніки противника. У 2024 році спостерігається стрибок до рівня 1,93: це було зумовлено масовим виробництвом, стандартизацією «дронових рот» та появою концепції «стіни дронів». Найбільшого значення I_e досягнув у 2025 році (2,38), що відображає впровадження автономних систем з елементами штучного інтелекту. Саме вони забезпечили поєднання високої успішності місій (85 %) з низькою відносною собівартістю. Загальна динаміка кривої на рисунку демонструє експоненційне зростання ефективності БПЛА, що підтверджує перехід від допоміжної до провідної ролі дронів у сучасних бойових діях.

Російські контрзаходи, безумовно, ускладнили використання дронів Україною, проте не змогли його зупинити. На кожний новий «щит» знаходився «меч»: масштабне глушіння спонукало українців застосувати дрони з автономним наведенням; переносні антидронові рушніці компенсувалися запуском відразу десятка FPV-дронів (частина з яких проривається до цілі); мобільні групи ППО ворога перегравалися нетрадиційними маршрутами атаки (обліт з флангів, на малих висотах). Цикл адаптації тривав постійно. Можна сказати, що жоден з видів протидії не зробив дрони «застарілими». Навіть в умовах сильного РЕБ українські війська знаходили можливості застосовувати БПЛА, хоча і з більшими втратами. З іншого боку, масоване використання дронів змусило і російську армію вдосконалювати свої засоби боротьби – цей процес триває. Таблиця 3 демонструє динаміку розвитку засобів протидії українським БПЛА з боку РФ і заходи адаптації у відповідь з боку України у період 2022–2025 рр.

Висновки і рекомендації

БПЛА стали критичним фактором сучасного поля бою. Український досвід 2022–2025 років довів, що безпілотні літальні апарати здатні виконувати практично всі функції бойової підтримки – від розвідки, цілевказівки та коригування вогню до завдання точкових ударів по техніці й живій силі, логістичного забезпечення підрозділів та інформаційно-психологічного впливу. За три роки їхня роль еволюціонувала від допоміжної до однієї з центральних, і в багатьох випадках саме наявність чи відсутність дронів визначала результат бою.

Цикл розвитку дронів «нові завдання – протидія – адаптація» прискорився настільки, що інновації й контрзаходи змінювали одне одного протягом кількох тижнів, тоді як раніше цей процес займав роки. Це свідчить про характерну ознаку сучасної технологічно насиченої війни, де перевага залежить від швидкості впровадження нових рішень.

Домінування в повітрі змістилося з рівня авіації на рівень тактичних дронів. Тисячі малих апаратів забезпечують постійну присутність у небі на малих висотах, що фактично створює «демократизацію» повітряної війни – навіть невеликі підрозділи мають власні «повітряні сили» у вигляді квадрокоптерів. Це змінило саму концепцію контролю над небом, яка тепер полягає у придушенні ворожих дронів і збереженні роботи власних.

Розвиток безпілотників стимулював розвиток радіоелектронної боротьби, і навпаки. Жодна сторона не змогла повністю нейтралізувати ворожі дрони, тому боротьба набула характеру «війни на виснаження», де вирішальною стає здатність компенсувати втрати й одночасно впроваджувати нові технології. Україна фактично стала полігоном для відпрацювання нових дронів технологій, досвід яких уже змінює підходи військових стратегів у світі.

Перспективні напрями розвитку включають створення повністю автономних бойових роїв, інтеграцію дронів із наземними та морськими роботизованими платформами,

розгортання антидронових систем нового покоління (лазерні установки, автоматизовані ППО), удосконалення енергетичних систем для збільшення тривалості польоту, а також розбудову мережево-центричних систем управління, що об'єднують усі типи безпілотників у єдину мережу. Очікуваними є і зміни в організаційній структурі армій – створення окремих підрозділів та родів військ, присвячених безпілотним системам.

Таким чином, війна в Україні продемонструвала, що майбутнє ведення бойових дій невід'ємно пов'язане з масовим застосуванням дронів, а країна, яка першою зможе ефективно інтегрувати автономні системи з елементами штучного інтелекту, отримає вирішальну перевагу у війні XXI століття.

Перелік посилань.

1. Institute for the Study of War. Russian offensive campaign assessment. Washington: ISW, 2023. 256 p.
2. Small Drones, Big Impact: UAVs in the Ukraine War [Електронний ресурс] // RUSI. 2024. Режим доступу: <https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/small-drones-big-impact>.
3. The Role of UAVs in Modern Conflicts. Santa Monica: RAND Corporation, 2023. 312 p.
4. Drone superpower: Ukrainian wartime innovation offers lessons for NATO [Електронний ресурс] // Atlantic Council. 2025. – Режим доступу: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/drone-superpower>.
5. Killing machines: how Russia and Ukraine's race to perfect pilotless drones could harm us all [Електронний ресурс] // The Guardian. 2025. Режим доступу: <https://www.theguardian.com/world/2025/feb/09/killing-machines-ukraine-russia-drones>.
6. Офіційний звіт про впровадження програми «Армія дронів». Київ: Міністерство оборони України, 2024. 124 с.
7. Звіт про інноваційні проєкти у сфері БПЛА [Електронний ресурс] // Brave1. 2025. Режим доступу: <https://brave1.org.ua/report-2025>.
8. «Двобій із FPV-дроном: як піхотинцям ЗСУ протистояти атакам» [Електронний ресурс] // Радіо Свобода. 2025. Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukraine-fpv-drone-battle>.
9. How Ukraine's Killer Drones Are Beating Russian Jamming [Електронний ресурс] // IEEE Spectrum. 2023. Режим доступу: <https://spectrum.ieee.org/ukraine-drones-russia-jamming>.
10. DJI Mavic на фронті: як цивільні дрони стали військовим інструментом [Електронний ресурс] // Defense Express. 2022. Режим доступу: https://defence-ua.com/minds_and_ideas/dji_mavic_na_fronti.

Надійшла 27.11.2025