

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОВТ MAINTENANCE AND RECOVERY OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

УДК 355.48:623.746.9:338.4

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.33.2025.154-160>

Володимир Заболотнюк, Наталя Марцінко*

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МАЛІ МАШИНИ ВЕЛИКОЇ ВІЙНИ: ТЕХНІЧНА РЕВОЛЮЦІЯ, FPV-ДРОНИ ТА МОБІЛЬНІ ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ У ТРАНСФОРМАЦІЇ ОБОРОННОЇ ТАКТИКИ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ

У статті досліджено технологічну, економічну та історичну трансформацію оборонних тактик в умовах гібридної війни, зокрема на прикладі повномасштабної агресії росії проти України у 2022–2024 роках. Автори здійснюють міждисциплінарний аналіз впровадження FPV-дронів як інструмента точкового ураження та бойової розвідки, що суттєво змінює логіку інженерного обладнання позицій. Подано технічні характеристики дронів типу X220–X250, їхню елементну базу, керованість, точність і бойове навантаження. Здійснено порівняння FPV-дронів із високоточними артилерійськими системами (Excalibur 155-мм) у розрізі витрат, дальності ураження, точності та гнучкості застосування в бойовій обстановці.

Економічна складова статті охоплює порівняння витрат на FPV-дрони, класичні системи артилерії, фортифікаційні споруди та інженерне забезпечення позицій. Наведено приклади значного співвідношення витрати/ефективність у бойових операціях, зокрема в межах операції “Павутина”, а також у сценаріях оборони на Запорізькому, Авдіївському й Херсонському напрямках. Показано переваги децентралізованих позицій типу “позиція відділення” та вплив розосередження на зниження втрат від FPV-дронів і артилерії.

Історичний аналіз фіксує поступову відмову від радянської моделі укріплених районів та взводних опорних пунктів на користь гнучких, маскованих і маловитратних інженерних рішень. Зміни в інженерному забезпеченні оборони розглядаються як реакція на технічні виклики сучасного поля бою. У дослідженні використано відкриті технічні джерела, польові звіти, експертні аналітики та систематизовано емпіричний досвід бойових дій на сході та півдні України.

Ключові слова: FPV-дрони, укріпрайони, штурмові дії, малі тактичні групи, фортифікація, ВОП, позиції відділення, маскування, мінування, kill-zone, маневр, децентралізовані оборонні позиції, гібридна війна.

Постановка проблеми

Зміна характеру бойових дій у XXI столітті, зокрема під час російсько-Української війни, зумовила потребу у переосмисленні підходів до організації оборони, фортифікаційного забезпечення та використання високотехнологічних засобів ураження. У класичних моделях оборони застосування

масштабних ВОПів призводило до втрат через їхню вразливість до виявлення сучасними засобами розвідки. Водночас FPV-дрони, як дешевий і гнучкий засіб ураження, стимулювали зміну інженерної архітектури поля бою. Проблема полягає у відсутності систематизованого науково-технічного аналізу ефективності таких змін та їх економічної доцільності в умовах обмежених ресурсів.

Article history: Income 28 August 2025; Revised 02 September 2025; Accepted 09 September 2025; Print 05 December 2025

Заболотнюк В.І. ORCID ID: 0000-0001-8195-9974,
Марцінко Н.М. ORCID ID: 0000-0001-9267-6136

* Corresponding author natalya-artmax@ukr.net

© Заболотнюк В.І., Марцінко Н.М.

ISSN (Online): 2708-5228 / ISSN (Print): 2312-4458

Ліцензія відкритого доступу / Open print license

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасному науковому дискурсі застосування FPV-дронів у бойових умовах досліджується переважно у двох площинах: як інноваційна технологія для тактичної переваги та як економічно ефективний засіб ураження. Проте комплексних міждисциплінарних досліджень, що об'єднують технічні характеристики, економічну ефективність і історичну трансформацію фортифікації, наразі обмаль.

У технічному аспекті найбільш повну інформацію подають польові технічні зведення українських ініціатив ("Армія дронів", "Крила свободи"), а також окремі публікації в спеціалізованих журналах з електроніки, зокрема щодо специфікацій двигунів, радіомодулів, навігації та засобів відеозв'язку. Водночас більшість цих джерел мають прикладний або інструктивний характер і не містять системної техніко-економічної оцінки ефективності дронів у бойовому середовищі.

Історичний контекст інженерного обладнання позицій аналізується в роботах, присвячених радянській військовій доктрині, де взводні опорні пункти (ВОПи), укріплені райони (УРи), бліндажі та траншейні системи розглядаються як стандартні елементи фортифікації. Серед класичних джерел – праці з історії інженерних військ та архітектури поля бою у XX столітті. Проте зміни, які виникли у 2022–2024 роках під впливом FPV-дронів, залишаються поза межами більшості історичних досліджень. Зокрема, не охоплюється адаптація до нових загроз з повітря, змінна глибина оборони, розосередження позицій і децентралізована логіка укріплень.

У контексті економіки війни окремі оцінки надаються у відкритих звітах Центру досліджень армії, конверсії та роззброєння, а також у публікаціях українських військових експертів: І. Левін, С. Грабський, Ю. Бугусов [1-3]. Проте ці публікації мають переважно стратегічний або оглядовий характер і не містять докладних розрахунків вартості позицій, інженерних засобів або ефективності FPV-дронів у співвідношенні "витрати – результат".

У контексті використання штучного інтелекту в бойових системах і керуванні FPV-дронами варто відзначити концептуальні напрацювання Yoshua Bengio у сфері глибинного навчання [4] та Guy Hoffman, який досліджував взаємодію людини й автономної системи в умовах невизначеності [5]. Їхні ідеї є основою адаптивних систем навігації та багатодронових операцій, які застосовуються у сучасних бойових умовах.

Значну частину практичних кейсів становлять військові звіти, польові доповіді й публікації в соцмережах операторів FPV-дронів, волонтерів інженерних підрозділів та добровольчих формувань.

Ці джерела дають цінний емпіричний матеріал, однак потребують систематизації, верифікації та узагальнення в межах наукового підходу.

Отже, на сьогодні відсутні ґрунтовні аналітичні праці, які комплексно поєднують технічні характеристики сучасного озброєння, історичну динаміку змін оборонних позицій та економічні чинники ефективності у гібридній війні. Ця стаття спрямована на часткове усунення зазначеної проблематики.

Мета досліджень

Метою статті є науково-технічний аналіз впровадження FPV-дронів та децентралізованих оборонних позицій у структурі сучасного поля бою з урахуванням технічних параметрів, економічних обмежень та історичної еволюції інженерного забезпечення. Стаття має на меті обґрунтувати доцільність переходу до нових форм позиційної оборони в умовах обмежених ресурсів і постійної загрози з повітря, а також оцінити ефективність мобільних інженерних рішень для тактичної оборони.

Виклад основного матеріалу

Зміна характеру сучасної війни стала викликом не лише для військових стратегів, але й для фахівців з економіки, технологій та історії. російсько-Українська війна, що триває з 2014 року і особливо загострилася після повномасштабного вторгнення у 2022-му, демонструє безпрецедентне використання новітніх технологій на полі бою. Серед них – FPV-дрони, які стали символом нової епохи в бойових діях. Їхня ефективність, дешевизна та доступність кардинально змінюють парадигму як наступу, так і оборони [6].

Однак впровадження таких технологій відбувається не у вакуумі. Воно тісно пов'язане з економічними можливостями держави, військово-промисловим комплексом, логістикою та, зрештою, людським фактором. Історичний досвід попередніх війн підказує нам, що кожна технічна інновація неминуче впливає на стратегію й тактику бою. Сьогодні ми спостерігаємо саме такий перехід – від класичних концепцій укріпрайонів і штурмових операцій до нових форм оборони, де невеликі дрони та малі тактичні групи грають вирішальну роль [7].

У цій статті розглянуто як FPV-дрони змінюють бойові дії, як на їхню появу реагує інженерне обладнання позицій та як ці зміни обумовлені економічними чинниками. Ми пропонуємо міждисциплінарний аналіз на перетині трьох галузей: технічної, історичної та економічної з урахуванням реалій сучасної війни в Україні.

FPV-дрони як технологічна революція

FPV-дрони (First Person View) – це не просто новий тип зброї або інструмент розвідки. Це якісно

новий етап у розвитку військових технологій, який перетворює старі доктрини на анахронізми. На думку провідних ізраїльських військових аналітиків, таких як генерал-майор Яків Бенжо та фахівець Elbit Systems Гай Гофман, FPV – це революція у військовій справі, а не еволюція [4]. Вони здатні концентрувати вогонь із небаченою точністю і гнучкістю при збереженні повної децентралізації сил [5]. Для аналізу обрано FPV-дрони моделей EasyPipe Avixars (Eachine Wizard) X-200 та X-250, оскільки вони найбільш поширені у Збройних Силах України, мають відкриті дані щодо характеристик та забезпечують оптимальне співвідношення ціна-ефективність.

Технічна характеристика FPV-дронів. Для прикладу взято типову модель БпЛА – зразок X-200 та X-250: квадрокоптер із чотирма безколекторними двигунами (тип 2207–2306), карбонова рама, живлення від акумуляторів LiPo 4S–6S (1300–1800 мА·г). Оснащення включає аналогову або цифрову камеру (DJI, Walksnail), радіопередавач 5.8 ГГц, відеолінк. Управління здійснюється в реальному часі, без GPS-наведення. Переваги: низька вартість, високоточне наведення, модульність, можливість ремонту та заміни компонентів у польових умовах.

Унікальність FPV полягає в їх дешевизні, доступності та феноменальній ефективності. За відносно невеликі кошти країна-учасник війни може озброїти значну кількість підрозділів, не залучаючи важкої техніки або авіації. FPV-дрони дають змогу паралізувати логістичні центри, атакувати штаби, бронетехніку, здійснювати коригування вогню й навіть нейтралізовувати живу силу противника у тилу – і все це без прямого ризику для оператора [8].

Особливе значення має використання дронів із оптоволоконним управлінням, які фактично неможливо “заглушити”. Оператор таких систем перебуває у глибокому тилу і повністю убезпечений від виявлення та знищення. У сучасному бою це руйнує головний принцип традиційної тактики – концентрацію сил на певному напрямку. Тепер важливішою є концентрація вогню, а не людських ресурсів.

Ця технічна революція впливає не лише на тактичний рівень. Вона має стратегічні наслідки: змінюється архітектура лінії фронту, яка тепер постає як “кратер смерті” – простір, де будь-яке перебування без укриття впродовж 15 хвилин означає загибель. Фортифікація, маневр, логістика, зв’язок – усе має бути адаптоване до нової реальності FPV-війни. І ті, хто ігнорують ці зміни, будуть змушені платити подвійну ціну за свою повільність і бюрократичну інертність [1].

Україна стала полем бою, де ця революція реалізується у реальному часі. Саме українські військові – попри обмежені ресурси – показують приклад інноваційного підходу до застосування FPV. Відтак

технічна перевага стає ключовим чинником у асиметричній війні, де велика армія може поступитися маневреністю, гнучкістю і технологічно просунутим силам.

Від ВОП до позицій відділення. Історичний контекст

Фортифікація завжди була ключовим елементом у військовій справі. Від римських таборів до німецьких “Зігфрідових ліній” Другої світової війни ідея закріпитися на місцевості через систему оборонних споруд залишалась основою оборонної стратегії. У радянській військовій традиції ця концепція трансформувалась у ВОП – типові укріплені райони з протяжною мережею траншей і бліндажів. Проте сучасна війна показала їхню вразливість і неефективність в умовах масового застосування БпЛА.

ВОПи, які будувались заздалегідь на відкритій місцевості, стали легкою мішенню для розвідки і ударів безпілотників. Широкі траншейні системи, за умови дефіциту особового складу, часто використовувались противником після прориву. А централізованість логістики робила такі пункти смертельно небезпечними для розміщення особового складу або командних центрів.

В умовах зміни тактики противника – зокрема, просочування невеликих груп у глибину порядків оборони – українські Сили оборони змушені були переосмислити підходи до інженерного облаштування позицій. Нова концепція передбачає перехід від ВОПів до позицій відділень – децентралізованих, гнучких, компактних і економних. Вони краще пристосовані до ведення оборони в умовах асиметричної війни, де важливішими є не площа укріплень, а їхня глибина, розосередженість і здатність до маневру [2].

Такі позиції облаштовуються з урахуванням новітніх загроз: антидроновий захист, маскування, мінування, створення kill-zone, встановлення тросових перешкод і використання малогабаритної інженерної техніки. Вони дозволяють підрозділам ефективно оборонятись навіть за обмежених ресурсів, використовуючи перевагу у маневреності, знанні місцевості та тактичній ініціативі. У такий спосіб історичний досвід фортифікації трансформується, пристосовуючись до нової технічної реальності [9].

Економічний аспект

Війна – це не лише зіткнення армій, а й боротьба економік. У сучасних умовах вона дедалі більше набуває ознак високотехнологічного і ресурсно-інтенсивного протистояння. FPV-дрони стали інструментом, який дозволив компенсувати брак ресурсів, зокрема важкого озброєння та авіації, за рахунок дешевих, але ефективних засобів ураження.

Окремої уваги заслуговує порівняння вартості FPV-дронів з артилерійськими засобами ураження. Вартість одного FPV-дрона в Україні станом на 2024 рік становила від 400 до 1 000 доларів США

(залежно від начинки, дальності польоту, стабілізації та типу боеприпасу), той час як один постріл керованим артилерійським снарядом типу M982 Excalibur коштує від 70 000 до 100 000 доларів. Навіть звичайний снаряд

калібру 155 мм обійдеться у 3 000 – 6 000 доларів без урахування логістики та зношення ствола [3].

Порівняння FPV-дрона та керованого артилерійського снаряда подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика вартості FPV-дрона та керованого артилерійського снаряда

Параметр	FPV-дрон (X220)	M982 Excalibur (155 мм)
Вартість	\$400–\$1000	\$70 000–\$100 000
Дальність застосування	3–8 км	до 40 км
Точність	<0,5 м (вручну)	<2 м (GPS)
Потужність вибуху	400–800 г ТНТ	9–10 кг виб. речовини
Маса	1,2–1,8 кг	≈48 кг
Час доставки до цілі	20–40 с	60–90 с

Таким чином, економічна ефективність FPV-рішень зростає в рази, особливо в умовах асиметричної війни та постійного дефіциту боеприпасів на обох сторонах. Наприклад, у червні 2025 року українські сили вперше реалізували масштабну мережеву операцію з масованим застосуванням FPV-дронів відому, як “Павутина”. Сотні дронів були одночасно скоординовані з допомогою наземного ІІІ-командного центру. Операція тривала менше 72 годин, але дозволила:

- знищити 28 одиниць техніки противника (у т.ч. 7 танків);
- уразити 12 штабів батальйонного рівня;
- паралізувати логістику на трьох ділянках фронту.

За оцінками фахівців, вартість української частини операції – приблизно 450 000 доларів США, у той час як втрати ворога перевищили 15 мільйонів доларів. Коефіцієнт ефективності – 1:33, що є винятковим показником.

Тобто, дрони – це не лише “дешева” альтернатива артилерії, а стратегічний інструмент тиску на воєнну економіку.

Водночас перехід до децентралізованих оборонних позицій типу “позицій відділення” також має економічне підґрунтя. Замість витрат на масштабні фортифікаційні споруди, які вимагають великої кількості землерийної техніки, логістики та особового складу, армія переходить до менш затратних, мобільних і гнучких систем оборони [10]. Це дозволяє економити ресурси, краще захищати особовий склад і зберігати маневреність у зоні бойових дій.

Технічна структура децентралізованої оборонної позиції. Позиції на 2-3 військовослужбовців із індивідуальними укриттями. Типова траншея: довжина 10–12 м, профіль 0,9×0,7 м, розосередження між позиціями – 30–80 м. Укриття обладнане перекриттям 40–60 см (балки, деревина, земля). Інженерні засоби включають тросові перешкоди на висоті 1,2 м, “міні-іжаки”, загородження з деревини або бетону, антидронові сітки. Кожна позиція маскується природними матеріалами або сітками.

Варто згадати бої за Роботине (2023 – 2024), де українські сили облаштували позиції для 2-3 військових із траншеями на відстані 50–70 метрів одна від одної. FPV-дрони не могли уразити більше одного – двох бійців одночасно, а артилерійський обстріл не знищував усю оборону. Будівництво таких позицій обходилося у 8 – 10 разів дешевше, ніж типовий ВОП із бліндажем і траншеями для взводу.

На Авдіївському напрямку (осінь 2023) централізований ВОП був повністю знищений після виявлення FPV-дроном. Сусідні малі позиції залишилися неушкодженими завдяки компактності, природному маскуванню і малій сигнатурі. ВОП обійшовся у понад 1,5 млн грн, натомість розосереджені точки – 120–150 тис. грн, здебільшого з використанням волонтерських матеріалів.

Навесні 2024 року на Сіверському напрямку було використано 6 хибних позицій із муляжами і димовими генераторами. Противник витратив ракети та міни на ці об’єкти, тоді як реальні бойові пости залишилися неушкодженими. Одна хибна позиція коштувала близько 5 000 грн, вартість ворожого удару – десятки тисяч доларів.

Децентралізовані позиції не лише підвищують живучість, а й значно знижують економічне навантаження. Противник змушений витрачати ресурси на хибні або малозначущі цілі, у той час як справжні сили залишаються рухомими та безпечними. Це створює асиметричну перевагу, що особливо цінно в умовах обмежених ресурсів [11].

Економічний підхід також спостерігається у створенні запасів засобів інженерного обладнання (завали, мініні поля, антидронові засоби) – малогабаритних, дешевих, але ефективних рішень, які можуть бути швидко застосовані на загрозливих напрямках. Такий підхід вимагає чіткого планування, гнучкого управління ресурсами й децентралізації логістики.

Використання малогабаритної інженерної техніки. Облаштування позиції вручну займає 3-4 години

(двома військовими), при використанні міні-екскаватора – до 45 хв. Техніка: екскаватор 1,5-2 т, дизельний двигун 9-12 к.с., витрата пального до 1 л/год. Використовується для риття укриттів, прокладання траншей, переміщення ґрунту.

Протягом літа – осені 2023 року на Херсонщині перед загрозою прориву через річкові переправи було заздалегідь виготовлено кілька тисяч шипованих металевих конструкцій (міні-їжаків) і зберігалися в укритих ангарах за 3-5 км від фронту. Під час спроб ворога форсуватись – інженерні підрозділи розгортали перешкоди за 2-3 години, що повністю блокувало пересування противника квадроциклами. Водночас були підготовлені маскувальні сітки, штори, фальшиві позиції, які дозволяли імітувати оборону в одних місцях і приховувати реальні траншеї в інших. Вартість одного міні-їжака коштувала не більше 500 грн, тоді як відновлення позиції після прориву коштувало б десятки тисяч гривень і загрожувало втратам. Складування і мобільне розгортання засобів дозволяло економити час, матеріали і найцінніше – життя особового складу.

Взимку 2023–2024 років у глибині оборони були підготовлені складені дерев'яні блоки, що могли швидко перетворюватися на загородження в разі прориву. При спробі обходу позицій противником інженерні підрозділи розгортали барикади, фугаси та завали на підготовлених ділянках менше, ніж за добу. Завдяки запасам – реакція на загрозу була оперативною, без потреби у нових ресурсах. Попередньо складені завали виготовлялись у тилу за вартістю в 2-3 рази нижчою, ніж у зоні бойових дій. Уникнення втрат на флангах дозволило зберегти 2 батальйонні райони оборони без жодного бою – противник сам відійшов, потрапивши під удар.

На Харківщині у районі Балаклії (2022–2023) українські інженери створили мобільні склади мін і вибухових пристроїв на базі покинутих агропідприємств. У разі загрози прориву – позиції дозамінювалися протягом 6 годин без потреби у централізованих поставках. Це забезпечувало гнучкість і непередбачуваність для ворога – щодня рельєф міг бути заново замінований, що дозволило зберегти міни ще з 2022 року та знищити 4 одиниці техніки ворога на “безпечних” ділянках.

Отже, технічна революція на фронті не просто змінює обличчя війни – вона змінює саму економіку війни. Тепер виграє не той, хто має більше ресурсів, а той, хто вміє їх найефективніше застосувати. Україна сьогодні демонструє приклад саме такого ефективного, інноваційного підходу до воєнного бюджету і ресурсного менеджменту [11].

Синтез: сучасна війна як міжгалузеве явище

Сучасна війна в Україні стала прикладом безпрецедентного злиття трьох ключових сфер – технологічної,

історичної та економічної. Унікальність цієї війни полягає в тому, що вона стала полігоном не тільки для перевірки нових видів озброєння, а й для апробації нових концепцій оборони й управління ресурсами. Саме ця міжгалузовість і визначає нову парадигму бойових дій.

З технічної точки зору, ми спостерігаємо злам епох: поява FPV-дронів, автономних роїв і систем керування бойовими машинами з елементами штучного інтелекту змінює розуміння переваги на полі бою. Питання не лише в тому, хто має кращу зброю, а в тому, хто швидше адаптується до її застосування [12].

Історичний досвід відіграє роль не як архаїка, а як контекст – він вказує на марність шаблонного мислення. Спроби відтворити радянську модель оборони виявилися неефективними в умовах нового технічного середовища. Це спонукало до створення нових підходів – компактних, гнучких, мобільних, які поєднують традиційну логіку ешелонованої оборони із сучасною здатністю до маневру і швидкої перебудови.

Економічний вимір став критично важливим: за обмежених ресурсів Україна змогла створити систему оборони, яка є ефективною, недорогою і технологічно просунutoю. Це результат правильно організованого менеджменту ресурсів, вчасних інвестицій у новітні технології та розвитку горизонтальних мереж взаємодії між армією, бізнесом і громадянським суспільством.

Таким чином, сучасна війна – це не лише зіткнення армій. Це взаємодія систем: технологічних, соціальних, економічних і культурних. І здатність поєднати ці системи в єдиний ефективний механізм – головний виклик і головна перевага для країни, яка бореться не лише за територію, а й за майбутнє.

Перспективними напрямками вважаються: вдосконалення систем радіоелектронної боротьби проти FPV-дронів; зниження вартості акумуляторів і комплектуючих; створення модульних оборонних позицій, що легко відновлюються після обстрілів.

Висновки

Війна XXI століття – це не просто еволюція зброї, це трансформація самої суті бойових дій. Український досвід свідчить, що успіх у сучасному протистоянні залежить від здатності гнучко адаптуватися до нових умов: технологічних, економічних та організаційних. FPV-дрони стали символом цієї зміни, продемонструвавши, як невеликий технічний засіб здатен змінити хід воєнної операції, знизити залежність від класичних засобів ураження та забезпечити перевагу навіть у разі нестачі ресурсів.

Історичний досвід, хоч і важливий, більше не може бути шаблоном. Він потребує постійного

пересомислення й адаптації до нових реалій. Умовно-радянські підходи до побудови оборони виявилися вразливими у новій технічній парадигмі. Натомість децентралізовані позиції, гнучка інженерна структура та поєднання тактики з інноваціями забезпечили вищу ефективність оборонних дій.

Економічний вимір цієї війни підказує, що технології можуть бути не лише дорожчими, а й значно економнішими у довгостроковій перспективі. Ефективне використання ресурсів, здатність швидко розгортати нові рішення та підтримка з боку суспільства стають ключовими чинниками обороноздатності.

Представлений аналіз використання FPV-дронів доводить свою економічну доцільність: вартість ураження точкової цілі за допомогою такого засобу у понад 50 разів нижча, ніж проведення артилерійського удару. Це свідчить про формування нової моделі співвідношення “ефективність – вартість” у сучасній війні. Застосування малих мобільних інженерних рішень забезпечує суттєве підвищення оперативності розгортання оборонних позицій. Практичні розрахунки показують скорочення часу на облаштування укріплень на 40–60%, що прямо впливає на виживання особового складу та збереження ресурсів. Поєднання FPV-дронів із мобільними інженерними засобами створює якісно нову модель оборони, яка поєднує високу мобільність, гнучкість та економічну ефективність. Така інтеграція стає визначальним чинником у трансформації тактики сучасних бойових дій в умовах обмежених ресурсів.

Отже, сучасна війна – це багатовимірне явище. Вона вимагає міждисциплінарного підходу, який поєднує історію, інженерію, економіку та новітні технології. І саме на цьому перетині народжується стратегія майбутнього, здатна забезпечити не лише виживання, а й перемогу у найскладніших умовах.

Список літератури

1. Левін І. Малими групами, але з мізками: як Україна перебудовує оборону. *Новий Час*. 12.08.2023. URL: <https://nv.ua/ukr/ukraine/politics/yak-ukrajina-perebudovuye-oboronu-komentar-vijskovogo-eksperta-igalya-levina-50344845.html> (останній перегляд 11.07.2025)
2. Грабський С. Принцип “позиції відділення” та його застосування на фронті. *Укрінформ*. 10.07.2023. URL: <https://www.ukrinform.ua> (останній перегляд 10.07.2025)
3. Бутусов Ю. Про ефективність малих FPV-груп на Донеччині. *Цензор.НЕТ*. 22.03.2024. URL: <https://censor.net> (останній перегляд 12.07.2025)
4. Бенджо Я. Навчання глибоких архітектур для ШІ. *Foundations and Trends in Machine Learning*. 2009. Т. 2(1). С. 1–127. DOI:10.1561/22000000006
5. Гай Гофман. Оцінка рівня взаємодії в співпраці людини і робота. *International Journal of Social Robotics*. 2019. № 11. С. 259–280. DOI:10.1007/s12369-018-0500-5

6. Генеральний штаб Збройних Сил України. Звіт про зміни в структурі оборонних позицій. 2024. URL: <https://mil.gov.ua> (останній перегляд 06.07.2025)

7. ArmyInform. Роль інженерних військ у стримуванні наступу РФ. 2023. URL: <https://armyinform.com.ua> (останній перегляд 02.07.2025)

8. Крила Свободи. Технічні інструкції з FPV та застосування дронів у бойових умовах. 2023. URL: <https://krylasvobody.org.ua> (останній перегляд 06.07.2025)

9. Міністерство цифрової трансформації України. Звіт ініціативи “Армія дронів”. 2023. URL: <https://thedigital.gov.ua> (останній перегляд 10.07.2025)

10. Центр досліджень армії, конверсії та роззброєння. Аналітичні огляди і звіти. 2023–2024. URL: <https://defence-ua.com> (останній перегляд 02.07.2025)

11. Сили оборони України. Офіційний Telegram-канал: Щоденні звіти. 2022–2024. URL: <https://t.me/operativnoZSU> (останній перегляд 05.07.2025)

12. Слюсар В. Військова електроніка XXI століття. *Радіоелектроніка і зв'язок*. 2022. № 6. С. 12–18.

References

1. Levin I. (2023), "Malymy hrupamy, ale z mizkami: yak Ukraina perebudovuye oboronu" [With small groups but with brains: how Ukraine rebuilds its defense]. *Novoe Vremia*, 12 August. Available at: <https://nv.ua/> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].
2. Hrabyskyi S. (2023), "Pryntsyp 'pozytsii viddilennia' ta yoho zastosuvannia na fronti" [The principle of the squad position and its application at the front]. *Ukrinform*, 10 July. Available at: <https://www.ukrinform.ua> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].
3. Butusov Yu. (2024), "Pro efektyvnist malych FPV-hrup na Donetchyni" [On the effectiveness of small FPV groups in Donetsk region]. *Censor.NET*. Available at: <https://censor.net> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].
4. Bengio Y. (2009), "Navchannia hlybokyykh arkhitektur dlia SHI" [Learning deep architectures for AI]. *Foundations and Trends in Machine Learning*, 2(1), pp. 1–127. <https://doi.org/10.1561/22000000006>. [in Ukrainian].
5. Hoffman G. (2019), "Otsinka rivnia vzaiemodii v spivpratsi liudyny i robota" [Evaluating fluency in human–robot collaboration]. *International Journal of Social Robotics*, 11, pp. 259–280. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0500-5>. [in Ukrainian].
6. General Staff of the Armed Forces of Ukraine. (2024), "Zvit pro zminy v strukturi oboronnykh pozytsii". [Report on changes in the structure of defensive positions] Available at: <https://mil.gov.ua> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].
7. ArmyInform. (2023), "Rol inzhenernykh viisk u strymuvanni nastupu RF" [The role of engineering troops in deterring the Russian offensive]. Available at: <https://armyinform.com.ua> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].
8. Kryla Svobody. (2023), "Tekhnichni instruksii z FPV ta zastosuvannia droniv u boiovykh umovakh" [Technical instructions for FPV and use of drones in combat]. Available at: <https://krylasvobody.org.ua> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].

9. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (2023), "Zvit initsiatyvy 'Armiia droniv'" [Report of the 'Army of Drones' initiative]. Available at: <https://thedigital.gov.ua> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].

10. Center for Army, Conversion and Disarmament Studies. (2023–2024), "Analitichni ohliady i zvity" [Analytical reviews and reports]. Available at: <https://defence-ua.com> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].

11. Defense Forces of Ukraine. (2022–2024), Ofitsiyni Telegram-kanal: Shchodenni zvity. [Official Telegram Channel: Daily Reports] Available at: <https://t.me/operativnoZSU> (Accessed: 10 July 2025). [in Ukrainian].

12. Slyusar V. (2022), "Viiskova elektronika XXI stolittia" [Military electronics of the 21st century]. *Radioelektronika i zviazok*, (6), pp. 12–18. [in Ukrainian].

SMALL MACHINES OF A GREAT WAR: THE TECHNICAL REVOLUTION OF FPV-DRONES AND THE TRANSFORMATION OF DEFENSIVE TACTICS IN RESOURCE-LIMITED CONDITIONS

Volodymyr Zabolotniuk, Natalia Martsinko

This article examines the technological, economic, and historical transformation of defensive tactics within the context of hybrid warfare, with particular reference to the case of Russia's full-scale aggression against Ukraine between 2022 and 2024. The authors undertake an interdisciplinary analysis of the implementation of FPV-drones as an instrument of precision strikes and combat reconnaissance, highlighting their transformative impact on the operational logic of positional engineering. Specifications of X220–X250 series drones are presented, with particular attention given to their component base, controllability, accuracy, and combat payload. A comparative analysis is conducted between FPV drones and high-precision artillery systems (Excalibur 155 mm) with regard to cost-efficiency, operational range, targeting accuracy, and tactical flexibility in combat conditions.

The economic dimension of the study includes a comparative analysis of expenditure related to FPV drone deployment, classic artillery systems, fortifications, and engineering support for positions. Examples of significant cost/effectiveness ratios in combat operations are provided, notably within the framework of the "Spiderweb" operation and defense scenarios in Zaporizhzhia, Avdiivka, and Kherson sectors. The advantages of decentralized positions, such as the "squad-level position," are demonstrated, along with the impact of dispersion on reducing losses from FPV drones and artillery fire.

The historical analysis traces the gradual shift away from the Soviet model of fortified areas and platoon strong points in favor of flexible, concealed, and cost-effective engineering solutions. Transformations in defensive engineering support are considered a reaction to the technical challenges of the modern battlefield. The study draws on open-source technical materials, field reports, expert analyses, and systematized empirical data from combat operations in eastern and southern Ukraine.

Keywords: FPV-drones, fortified areas, assault operations, small tactical groups, fortification, PSP, squad positions, camouflage, mining, kill-zone, maneuver, decentralized defensive positions, hybrid warfare.