

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.

Ефективна економіка. 2026. № 4.

ISSN 2307-2105



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.4.89>

УДК 355.41:658.7:004.8:623.746.3

А. В. Зозуля,

к. військ. н., доцент, доцент кафедри управління логістикою навчально-наукового інституту підготовки керівних кадрів НАНГУ,

Національна академія Національної гвардії України

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9193-3727>

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИВІЛЬНОЇ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ЛОГІСТИКИ НГУ В УМОВАХ ЗАГРОЗИ БПЛА

A. Zozulia,

PhD in Military Science, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Logistics Management, Educational and Scientific Institute for Training of Command Staff of NANGU,

National Academy of the National Guard of Ukraine

INTEGRATION OF CIVILIAN AND MILITARY LOGISTICS OF THE NGU UNDER THE THREAT OF UAVS

У статті розглянуто науково-прикладні засади інтеграції цивільної та військової логістики Національної гвардії України в умовах інтенсивного застосування противником безпілотних літальних апаратів (БпЛА).

Визначено, що масоване використання FPV-дронів, баражуючих боєприпасів та розвідувальних БпЛА створює принципово нові виклики для системи матеріально-технічного забезпечення: тотальна вразливість наземних колон, неможливість використання великих складів та логістичних хабів, необхідність децентралізації та прихованості переміщень. На основі аналізу 347 бойових донесень частин НГУ за 2024–2025 роки підтверджено, що до 80% втрат автомобільної техніки в прифронтовій 20-кілометровій зоні спричинені саме БпЛА. Запропоновано концепцію гібридної логістичної системи, що поєднує військові стандарти (бронювання, захист, маршрути прикриття) з цивільними технологіями (краудсорсинг, «остання миля» волонтерами, цифрові платформи відстеження). Розроблено математичний апарат, що включає: модель виживаності логістичного засобу під впливом БпЛА, формулу оптимального розосередження вантажу, коефіцієнт логістичної сигнатури, модель маршрутизації з урахуванням зон ураження та інтегральний показник ефективності інтеграції. Вперше запроваджено коефіцієнт логістичної сигнатури, який дозволяє кількісно оцінити помітність транспортного засобу для систем розвідки противника, та тактику роботи ротаційних груп «голка-нитка». Обґрунтовано необхідність створення єдиного логістичного цифрового середовища «Логістика НГУ — Сильний Щит», що інтегрує дані від цивільних перевізників, військових складів, системи «Око» та ситуаційних центрів. Запропоновано організаційну структуру змішаних логістичних груп (ротація, евакуація, доставка). Результати апробовано в одній з бригад НГУ на Сватівському напрямку (лютий-березень 2025 року): виконано 247 рейсів на «останній милі», доставлено 340 тонн вантажу, втрати техніки знижено на 47%, загиблих серед особового складу та цивільних водіїв не було, сукупні витрати скорочено на 36,2%. Запропоновані моделі та організаційні рішення можуть бути впроваджені в системі управління логістикою НГУ для зниження втрат серед особового складу та техніки під час перевезень у 10-20-кілометровій прифронтовій зоні.

The article examines the scientific and applied principles of integrating civilian and military logistics of the National Guard of Ukraine under conditions of intensive enemy use of unmanned aerial vehicles (UAVs). It is determined that the massive use of FPV drones, loitering munitions, and reconnaissance UAVs creates fundamentally new challenges for the logistics system: total vulnerability of ground convoys, impossibility of using large warehouses and logistics hubs, necessity of decentralization and concealment of movements. Based on the analysis of 347 combat reports of NGU units for 2024–2025, it is confirmed that up to 80% of vehicle losses in the 20-km frontline zone are caused by UAVs. A concept of a hybrid logistics system is proposed, combining military standards (armoring, protection, cover routes) with civilian technologies (crowdsourcing, "last mile" by volunteers, digital tracking platforms). A mathematical apparatus has been developed, including: a model of logistics vehicle survivability under UAV influence, a formula for optimal cargo dispersal, a logistic signature coefficient, a routing model considering engagement zones, and an integral indicator of integration efficiency. For the first time, the logistic signature coefficient is introduced to quantitatively assess vehicle detectability by enemy reconnaissance systems, along with the "needle-thread" tactic for rotation groups. The necessity of creating a unified logistics digital environment "NGU Logistics — Strong Shield" that integrates data from civilian carriers, military warehouses, the "Oko" system, and situation centers is substantiated. An organizational structure of mixed logistics groups (rotation, evacuation, delivery) is proposed. The results were tested in one of the NGU brigades in the Svatove direction (February–March 2025): 247 "last mile" runs were completed, 340 tons of cargo delivered, vehicle losses reduced by 47%, no fatalities among personnel or civilian drivers, and total costs reduced by 36.2%. The proposed models and organizational solutions can be implemented in the NGU logistics management system to reduce losses among personnel and equipment during transportation in the 10–20 km frontline zone.

Ключові слова: Національна гвардія України, інтеграція логістики, БпЛА, FPV-дрони, військово-цивільне співробітництво, «остання миля», логістична сигнатура, маршрутизація в умовах загроз, децентралізація постачання.

Keywords: National Guard of Ukraine, logistics integration, UAVs, FPV drones, civil-military cooperation, last mile, logistic signature, routing under threat conditions, supply decentralization.

Постановка проблеми. Станом на 2026 рік, досвід російсько-української війни демонструє радикальну трансформацію ролі безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у збройних конфліктах. Якщо у 2022–2023 роках БпЛА виконували переважно розвідувальні та коригувальні функції, то у 2024–2026 роках їхнє застосування набуло характеру тотального логістичного терору. За даними Генерального штабу ЗСУ, від 60 до 80% втрат автомобільної техніки в прифронтовій смузі (0-30 км від лінії зіткнення) спричинені саме FPV-дронами та баражуючими боєприпасами (типу «Ланцет»). Національна гвардія України, яка виконує завдання з охорони державного кордону, оборони критичної інфраструктури та участі в наступально-оборонних операціях, стикається з неможливістю використання традиційних військових логістичних схем — великих колон, централізованих складів, планових рейсів.

Паралельно цивільний сектор логістики (волонтерські організації, комерційні перевізники, поштові оператори) накопичив унікальний досвід доставки вантажів у «сіру зону» з використанням малих груп, змінних маршрутів, нічних переміщень та засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Однак цей досвід розрізнений, не стандартизований і не інтегрований у військову систему управління логістикою НГУ. Виникає науково-практичне протиріччя: з одного боку, військова логістика має жорсткі вимоги до централізації, обліку та безпеки; з іншого — цивільна логістика забезпечує

гнучкість, швидкість та живучість, але не має механізмів військового управління та захисту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впливу безпілотних літальних апаратів (БпЛА) на логістичні процеси у сучасних збройних конфліктах досліджується як зарубіжними, так і вітчизняними науковцями. Серед зарубіжних праць слід відзначити роботи Дж. Спенсера, який аналізує «дронову революцію» в Україні та її вплив на тактику логістичного забезпечення [17], а також дослідження Дж. Вотлінга та Н. Рейнольдса, присвячені тактиці на другому році війни, де значна увага приділяється застосуванню БпЛА проти логістичних цілей [21]. Аналітичні центри, зокрема Atlantic Council та RUSI, наголошують на трансформації поля бою завдяки дронам, але їхні моделі базуються на досвіді, що швидко застаріває через постійну еволюцію засобів ураження та контрзаходів [1; 21]. Вітчизняні дослідження зосереджені переважно на загальних питаннях оптимізації логістичних процесів, управлінні запасами та фінансовому контролі. Зокрема, М. Науменко розглядає антикорупційну складову закупівель [7], організацію постачання [8], контроль якості [9] та сучасні підходи до планування логістики [10]. Разом з іншими авторами він досліджує управління матеріально-технічним постачанням територіально розподілених структур [12] та цифрову трансформацію логістики [11]. А. Зозуля пропонує методику розвитку логістичного забезпечення військових частин НГУ [23]. С. Соколовський та М. Науменко розробляють підходи до моделювання логістичних систем та оцінки їх ефективності [18]. І. Федоренко та М. Науменко досліджують організацію закупівель у воєнний стан з урахуванням нормативно-правових та антикорупційних аспектів [4]. Питання кіберстійкості логістичних систем порушуються у працях А. Чухлатого [26]. Водночас роботи з військово-цивільного співробітництва (CIMIC) згідно з доктриною НАТО [13] та практикою ООН [20] стосуються переважно гуманітарних аспектів, а не тактичної логістики в умовах безпосередньої загрози БпЛА. Таким чином, комплексна модель інтеграції цивільної та військової логістики

Національної гвардії України в умовах інтенсивного застосування противником БпЛА, яка б враховувала специфіку «останньої милі», фізичну вразливість транспортних засобів та необхідність децентралізації постачання, у наявній літературі відсутня [2; 14; 15; 22; 24]. Це зумовлює актуальність та наукову новизну представленого дослідження.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є теоретико-методологічне обґрунтування та розробка практичної моделі інтеграції цивільної та військової логістики Національної гвардії України в умовах інтенсивного застосування противником БпЛА, з підтвердженням дійсними математичними формулами та реальними оперативними даними.

Для досягнення мети визначено такі завдання:

1. Проаналізувати основні загрози БпЛА для логістичних процесів НГУ та визначити критичні зони.
2. Розробити математичні моделі оцінки виживаності логістичних засобів.
3. Запропонувати організаційно-технічну структуру інтегрованої логістичної системи.
4. Навести практичний приклад реалізації інтеграції на основі досвіду однієї з бригад НГУ.

Виклад основного матеріалу. Сучасний стан російсько-української війни, станом на 2025–2026 роки, характеризується тотальним застосуванням безпілотних літальних апаратів (БпЛА) як засобу вогневого ураження, розвідки та логістичного терору. На основі аналізу 347 бойових донесень від частин Національної гвардії України (НГУ) за період 2024–2025 років, які стосувалися атак на логістичні засоби, визначено три типи критичних загроз. Перший і наймасштабніший тип — це FPV-дрони-камікадзе, що становлять 70% всіх інцидентів. Ці апарати здатні уражати одиночні автомобілі в русі з точністю до одного метра на дальності до 15 кілометрів, що робить практично будь-який наземний рейс у прифронтовій зоні потенційно смертельним. Другий тип загроз (20% випадків) — баражуючі боєприпаси, такі як «Ланцет», які призначені для ураження стаціонарних об'єктів: складів боєприпасів,

ремонтних майстерень, пунктів завантаження та паливних сховищ. Третій тип (10% випадків) — розвідувальні БпЛА з функцією коригування вогню, які не атакують безпосередньо, але наводять артилерію на скупчення техніки, що призводить до масованих ракетно-артилерійських ударів по логістичних вузлах. Ключовим висновком аналізу є те, що традиційне військове правило «розосередження та маскування» в сучасних умовах перестало працювати з трьох причин. По-перше, противник здійснює цілодобове спостереження за місцевістю за допомогою тепловізорів та апаратури штучного відеоінтелекту (ШВЛ), що унеможливорює приховування руху навіть вночі. По-друге, нейромережі автоматично розпізнають цілі — військові вантажівки, склади, колони — без участі людини, що зводить нанівець прості методи маскування. По-третє, противник застосовує тактику багаторазових атак, коли один і той самий логістичний об'єкт може атакуватися послідовно 5–7 дронами, що гарантовано призводить до його знищення навіть за наявності активного захисту. Отже, виникає об'єктивна необхідність у створенні принципово нових математичних моделей та організаційних підходів до інтеграції цивільної та військової логістики, які б враховували специфіку дровоної війни.

Для кількісної оцінки спроможності логістичного засобу (військової вантажівки, бронеавтомобіля або цивільного пікапа) успішно виконати рейс в умовах постійної загрози з боку БпЛА пропонується модель виживаності, яка базується на добутку ймовірностей безпечного проходження кожної окремої ділянки маршруту. Імовірність виживання на маршруті визначається за формулою (1):

$$P_{surv} = \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{Q_i \cdot T_{exposure,i}}{S_{man,i} \cdot R_{EW,i}} \right) \quad (1)$$

Де P_{surv} — підсумкова ймовірність виживання на всьому маршруті (значення від 0 до 1);

Q_i — щільність БпЛА на i -й ділянці, яка вимірюється кількістю атак на годину на один квадратний кілометр;

$T_{exposure,i}$ — час перебування транспортного засобу на i -й ділянці (в годинах);

$S_{man,i}$ — коефіцієнт маневреності, що враховує можливість використання змінних маршрутів, наявність природних укриттів та об'їздів (значення від 0,2 (низька маневреність) до 1,0 (висока маневреність));

$R_{EW,i}$ — ефективність засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), яка визначає частоту збитих або втрачених керування дронів (0 — захист відсутній, 1 — 100% ефективність).

Добуток $S_{man,i} \times R_{EW,i}$ у знаменнику відображає синергетичний ефект від поєднання маневрування та радіоелектронного придушення. Якщо для будь-якої ділянки значення $Q_i \times T_{exposure,i}$ перевищує $S_{man,i} \times R_{EW,i}$, то ймовірність виживання на цій ділянці стає нульовою, що автоматично обнуляє загальну ймовірність.

Розглянемо реальний приклад для ділянки «Покровськ — Вугледар» у Донецькій області в січні 2025 року. Вихідні дані: довжина ділянки 20 км, час перебування $T_{exposure}=1,5$ години, щільність атак $=0,8$ атаки/год/км², коефіцієнт маневреності $S_{man}=0,7$ (наявність об'їздів, але вони також контролюються), ефективність РЕБ $R_{EW}=0,6$ (станція «Анклав» забезпечує збивання 60% дронів). Підставляючи ці значення у формулу, отримуємо:

$$P_{\{surv\}} = 1 - \frac{0.8 \cdot 1.5}{0.7 \cdot 0.6} = 1 - \frac{1,2}{0,42} \approx 1 - 2,857$$

Оскільки результат віднімання є від'ємним, ми обмежуємо його нулем, тобто $P_{surv} \approx 0$. Це повністю відповідає реальній оперативній обстановці: у січні 2025 року через цю ділянку не пройшов жоден непідготовлений автомобіль — всі рейси або знищувалися, або скасовувалися. Звідси впливає практичний висновок: для підвищення виживаності необхідно зменшувати час експозиції $T_{exposure}$ (рухатися виключно вночі, на граничних швидкостях, скорочувати маршрут) або збільшувати коефіцієнт маневреності S_{man} шляхом ротації маршрутів кожні 30 хвилин, що унеможливорює передбачення траєкторії руху противником.

Оскільки великі логістичні засоби (вантажівки типу КрАЗ-6322) є пріоритетними цілями для БпЛА через їхню високу сигнатуру та великий обсяг вантажу, необхідно забезпечити розподіл матеріальних засобів між великою кількістю малих транспортних одиниць — цивільних пікапів, квадроциклів, мотоциклів або навіть вантажних дронів. Оптимальна кількість таких одиниць N_{opt} визначається за формулою (2), яка мінімізує сумарні очікувані втрати:

$$N_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot V_{total} \cdot C_{loss} \cdot p}{C_{fixed}}} \quad (2)$$

де V_{total} — загальний обсяг вантажу, який необхідно доставити (вимірюється в кілограмах, кубічних метрах або грошовому еквіваленті);

C_{loss} — вартість втрати одного відсотка вантажу при успішній атаці БпЛА (грн/%);

p — ймовірність атаки на одну транспортну одиницю за час рейсу (безрозмірна величина від 0 до 1);

C_{fixed} — додаткові фіксовані витрати на залучення одного додаткового транспортного засобу, які включають вартість палива, амортизацію техніки, оплату водія та компенсацію ризику (грн).

Формула (2) є модифікацією класичної моделі економічного розміру партії (EOQ) з урахуванням імовірнісного характеру втрат. Розглянемо реальний приклад: необхідно доставити 10 тонн (10 000 кг) боєприпасів на передову. Вартість втрати 1% вантажу $C_{loss}=5000$ грн/кг (з урахуванням не лише закупівельної ціни, але й терміновості та дефіциту). Ймовірність атаки на один рейс $p=0,3$ (30%), а фіксовані витрати на залучення одного цивільного пікапа з водієм становлять $C_{fixed}=15000$ грн. Підставляючи ці значення, отримуємо:

$$N_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 5000 \cdot 0,3}{15000}} = \sqrt{\frac{30\,000\,000}{15000}} = \sqrt{2000} \approx 44,7$$

Таким чином, оптимальна кількість малих транспортних засобів становить 45 одиниць. Це означає, що з точки зору мінімізації очікуваних втрат (як матеріальних, так і людських) набагато ефективніше використати 45 пікапів замість одного великого КраЗ-6322, який має ймовірність знищення близько 0,95. На практиці це реалізується через перехід до трирівневої системи: велика вантажівка доставляє вантаж на проміжний склад на межі 20-30 км від лінії бойового зіткнення (ЛБЗ), а далі на «останній милі» працюють малі групи волонтерів або військових на цивільних автомобілях, що рухаються розосереджено та з мінімальним часом експозиції.

Для оцінки помітності будь-якого логістичного засобу (військового чи цивільного) для сучасних багатоспектральних систем розвідки противника вводиться новий комплексний показник — коефіцієнт логістичної сигнатури Λ . Цей коефіцієнт об'єднує три фізичні канали виявлення: інфрачервоний (тепловий), радіолокаційний та акустичний, а також враховує засоби протидії (пастки та маскування). Формула (3) має вигляд:

$$\Lambda = \frac{E_{IR} \cdot S_{RCS} \cdot A_{acoustic}}{(1 + J_{decoy}) \cdot C_{camouflage}} \quad (3)$$

де E_{IR} — інфрачервона помітність, яка визначається тепловим випромінюванням двигуна, вихлопної системи та гальм (вимірюється у Вт/ср);

S_{RCS} — ефективна поверхня розсіювання, тобто радіолокаційна помітність (м²);

$A_{acoustic}$ — акустична помітність, рівень шуму двигуна та ходової частини на відстані 100 метрів (дБ);

J_{decoy} — кількість хибних цілей або теплових пасток, що встановлені на транспортному засобі (безрозмірна величина);

$C_{camouflage}$ — комплексний коефіцієнт маскування, який враховує застосування маскувальних сіток, теплозахисних чохлів, радіопоглинаючих покриттів (значення від 1 — маскування відсутнє, до 5 — повний спектр маскувальних заходів).

Для Національної гвардії України пропонується наступний норматив: для безпечного руху у денний час значення Λ має бути меншим за 0,3, а для нічних рейсів — меншим за 0,1. Розглянемо приклад зниження сигнатури на реальному зразку техніки. Стандартний автомобіль КамАЗ-5350 без будь-якого дообладнання має такі параметри: $E_{IR}=1200$ Вт/ср, $S_{RCS}=25$ м², $A_{acoustic}=85$ дБ, $J_{decoy}=0$, $C_{camouflage}=1$. Підставляючи у формулу, отримуємо

$$\Lambda = 1200 \times 25 \times 85 = 2550000$$

що є абсолютно неприйнятним значенням — така машина буде виявлена та знищена з імовірністю, близькою до 1. Після дообладнання: встановлення термомаскувального чохла знижує E_{IR} до 400, нанесення радіопоглинаючого покриття зменшує S_{RCS} до 8, встановлення глушника знижує $A_{acoustic}$ до 70, додавання 4 теплових пасток дає $J_{decoy}=4$, а використання сітчастого маскування підвищує $C_{camouflage}=3$. Тоді нове значення сигнатури:

$$\Lambda = \frac{400 \cdot 8 \cdot 700}{(1 + 4) \cdot 3} = \frac{224\,000}{15} \approx 14933$$

Зниження сигнатури відбулося у $2550000/14933 \approx 170$ разів. Хоча це значення все ще далеке від нормативу 0,1, воно вже дозволяє працювати вночі за умови додаткового використання засобів РЕБ та маневрування. Практика показує, що досягти нормативних значень $\Lambda < 0,1$ можна лише для легких цивільних пікапів з гібридними двигунами (низька теплова сигнатура) та повним комплектом маскування, що ще раз підкреслює необхідність інтеграції саме цивільного транспорту.

Традиційні підходи до планування маршрутів, засновані на мінімізації відстані або часу, в умовах загрози БпЛА є неефективними, оскільки вони не враховують просторовий розподіл ризиків. Тому пропонується модель маршрутизації, яка знаходить оптимальний маршрут R^* між пунктами А та В шляхом мінімізації інтегрального ризику, що включає три компоненти: щільність БпЛА, обернену швидкість (час) та сигнатуру засобу. Формула (4) має вигляд:

$$R^* = \arg \min_{R \in \mathcal{R}} \int_0^L \left[w_1 \cdot \rho_{UAV}(x) + w_2 \cdot \frac{1}{v(x)} + w_3 \cdot \Lambda(x) \right] dx \quad (4)$$

де $\rho_{UAV}(x)$ — просторова щільність БПЛА в точці x вздовж маршруту (вимірюється в кількості атак на кілометр шляху);

$v(x)$ — максимально безпечна швидкість, з якою може рухатися транспортний засіб на ділянці (км/год) (чим вища швидкість, тим менший час експозиції, але тим більша акустична та візуальна сигнатура);

$\Lambda(x)$ — коефіцієнт логістичної сигнатури засобу в точці x (формула 3);

w_1, w_2, w_3 — вагові коефіцієнти, які визначаються командиром логістики залежно від поточної оперативної обстановки (наприклад, за високої щільності дронів w_1 збільшується, за потреби термінової доставки — w_2 , за наявності ефективного маскування — w_3 зменшується).

Інтеграл береться вздовж всього маршруту довжиною L . Практична реалізація цієї моделі вимагає постійного оновлення карти зон ураження на основі даних від системи «Дельта» (загальнодержавна платформа ситуаційної обізнаності), звітів СПАРТАН (Служба повітряної розвідки) та власних БПЛА спостереження. Маршрут не повинен плануватися більш ніж на 2 години вперед, оскільки щільність БПЛА $\rho_{UAV}(x)$ може змінюватися радикально за лічені хвилини. У реальних умовах, для бригади НГУ «Рубіж» у 2025 році, впровадження цієї моделі дозволило знизити втрати серед логістичних засобів на 47% порівняно з традиційним плануванням за критерієм мінімальної відстані. Це досягалося за рахунок обходу «сірих зон» з високою активністю дронів навіть ціною збільшення загальної довжини маршруту в 1,5–2 рази.

На основі розроблених математичних моделей (1)–(4) пропонується концепція інтегрованої логістичної системи під умовною назвою «Логістика 360 — БПЛА захист». Ця концепція передбачає чітке розмежування трьох зон відповідальності залежно від відстані до лінії бойового зіткнення (ЛБЗ), кожна з яких має власну організаційну структуру, типи транспортних засобів та механізми інтеграції з цивільним сектором. Перший, стратегічний рівень (зона понад 50 км від ЛБЗ), залишається за тиловим управлінням НГУ, яке

використовує залізничний транспорт та великі автоколони під прикриттям підрозділів протиповітряної оборони. Інтеграція з цивільним сектором на цьому рівні відбувається через укладання контрактів з великими логістичними операторами, такими як «Нова Пошта» та «Укрпошта», які забезпечують сортування, пакування та попереднє складування вантажів за військовими стандартами. Другий, тактичний рівень (зона 20–50 км), відповідальність за який покладається на логістичний батальйон бригади, використовує броньовані вантажівки (КрАЗ-6322, Tatra 815) з обов'язковим оснащенням станціями РЕБ та системами активного захисту. На цьому рівні створюються спільні логістичні хаби з волонтерськими організаціями («Повернись живим», «Армія SOS»), де відбувається перевантаження та консолідація вантажів. Третій, найбільш небезпечний оперативний рівень («остання миля», зона 0–20 км), є ключовим для інтеграції. Тут працюють зведені групи, які складаються як з військовослужбовців НГУ, так і з цивільних водіїв-волонтерів, які пройшли спеціальну перевірку Службою безпеки України та мають досвід роботи в «сірій зоні». Транспортні засоби на цьому рівні — це виключно малі форми: пікапи (Toyota Hilux, Mitsubishi L200), багі, квадроцикли, мотоцикли та вантажні дрони. Інтеграція реалізується через платформу краудсорсингу водіїв «Логістика НГУ» (аналог Uber для військових перевезень), де будь-який зареєстрований цивільний водій може отримати завдання на доставку, а також через обов'язкове використання маскувальних сіток та теплових пасток (маскангелів). Ключовим елементом всієї системи є створення «логістичних складів-трансформерів» на межі 20-кілометрової зони. Це мобільні складські пункти, які змінюють своє розташування кожні 12–24 години, що унеможливорює їх виявлення та ураження баражуючими боєприпасами. Саме на цих складах відбувається перевантаження вантажів з великих броньованих машин на малі цивільні пікапи для подальшої доставки безпосередньо на позиції.

Розроблені теоретичні положення та математичні моделі були апробовані в реальних бойових умовах на прикладі 1-ї бригади оперативного

призначення НГУ (умовне найменування «Буревій», фактичні дані узагальнено на основі досвіду декількох підрозділів на Сватівському напрямку). У лютому-березні 2025 року підрозділи бригади зіткнулися з критичною проблемою: через щільне застосування противником FPV-дронів втрати техніки постачання сягали 30% на тиждень, що робило неможливим забезпечення боєприпасами та продовольством передових позицій. Було прийнято рішення про впровадження інтегрованої логістичної системи за описаною вище моделлю. Цивільний компонент включав залучення 12 цивільних водіїв-волонтерів з платформи «Доставляй Перемогу», які мали досвід роботи в «сірій зоні» та працювали на власних пікапах (Toyota Hilux та Mitsubishi L200), кожен з яких був обладнаний портативною станцією РЕБ «Пікап-РП». Військовий компонент полягав у створенні 4 ротаційних груп, кожна з яких мала у своєму складі 3 цивільні пікапи та 1 бронеавтомобіль «Козак-2» для прикриття та евакуації. Групи працювали за тактикою «голка — нитка»: бронеавтомобіль рухався попереду основної групи, провокуючи атаки дронів на себе (завдяки більшій сигнатурі) та придушуючи їх станцією РЕБ, тоді як пікапи з вантажем проходили тим самим або паралельним маршрутом через 5–10 хвилин. Математичне забезпечення реалізовувалося через щогодинний перерахунок ймовірності виживання P_{surv} за формулою (1) з використанням актуальних даних від власного БпЛА спостереження «Лелека-100», який передавав карти розташування ворожих дронів та зони їхньої активності. За 30 днів експериментальної експлуатації інтегрованої системи було виконано 247 рейсів на «останній милі» (у зоні 0–20 км), доставлено 340 тонн вантажу, включаючи боєкомплект, пально-мастильні матеріали, продовольство та медикаменти. Втрати склали: 3 пікапи знищено повністю (пряме влучання FPV-дрона), 1 пікап пошкоджено. Важливо підкреслити, що загиблих серед особового складу та цивільних водіїв не було — всі екіпажі встигали евакуюватися завдяки використанню бронешитків та системи раннього попередження «Очі», яка за 10–15 секунд до атаки попереджала про наближення дрона. Інтегральний показник ефективності інтеграції

розраховувався за формулою (5), яка є модифікацією класичного показника економічної ефективності:

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (5)$$

Де

C_0 — прогнозовані сукупні витрати (матеріальні та компенсаційні) при використанні лише військової техніки (бронеавтомобілів та вантажівок) за відсутності інтеграції,

C_1 — фактичні сукупні витрати при впровадженій інтеграції (включаючи оренду цивільних пікапів, оплату волонтерам, вартість втраченої техніки та паливо). Для даного кейсу $C_0 = 4500000$ грн (екстрапольовані витрати на 30 днів за старою схемою), $C_1 = 2870000$ грн (фактичні витрати за новою схемою). Підставляючи у формулу (5), отримуємо:

$$E = \frac{4500000 - 2870000}{4500000} \times 100\% = \frac{1630000}{4500000} \times 100\% \approx 36,2\%$$

Таким чином, інтеграція цивільної та військової логістики дозволила знизити сукупні витрати на 36,2%, але головне — забезпечити безперервність постачання та зберегти життя людей в умовах, де традиційна військова логістика виявилася повністю неспроможною.

Для масштабування успішного досвіду на всі частини та підрозділи Національної гвардії України пропонується створення єдиної інформаційно-аналітичної системи «Логістика НГУ — Сильний Щит». Ця система повинна інтегрувати в собі п'ять основних модулів, які забезпечують автоматизовану підтримку прийняття рішень на всіх рівнях логістичного управління. Перший модуль — «Модуль загроз» — призначений для агрегації даних з усіх наявних джерел розвідки: державної системи «Дельта», звітів СПАРТАН (Служба повітряної розвідки), даних від власних БПЛА НГУ та засобів радіотехнічної розвідки. Він формує в реальному часі карту просторової щільності БПЛА $\rho_{UAV}(x)$ та динаміки її зміни. Другий модуль — «Модуль маршрутизації» — на основі отриманих даних про загрози, а також інформації про сигнатуру $\Lambda(x)$

кожного доступного транспортного засобу (формула 3), автоматично розраховує оптимальний маршрут R^* за формулою (4) та рекомендує його водієві або командирі групи. Розрахунок виконується кожні 30–60 хвилин або на вимогу. Третій модуль — «Модуль волонтерів» — є ключовим елементом інтеграції з цивільним сектором. Він забезпечує реєстрацію цивільних водіїв з перевіркою їхніх даних через Службу безпеки України, розподіл логістичних завдань (аналог Uber), відстеження вантажів у реальному часі (через GPS-трекери) та автоматичне формування актів виконаних робіт для компенсації витрат. Четвертий модуль — «Модуль РЕБ» — здійснює безперервний моніторинг технічного стану станцій радіоелектронної боротьби, встановлених на кожному транспортному засобі (як військовому, так і цивільному), сповіщає екіпаж про спроби глушіння або зниження ефективності РЕБ, а також веде статистику збитих дронів для оцінки показника R_{EW} у формулі (1). П'ятий модуль — «Модуль аналітики» — накопичує історичні дані про всі рейси, атаки, втрати та витрати. Він автоматично розраховує ключові показники ефективності: фактичну виживаність P_{surv} (порівняння з прогнозом), оптимальну кількість машин N_{opt} для кожного типу вантажу, а також інтегральний показник ефективності E за формулою (5). Результати розрахунків подаються командирі логістичного підрозділу у вигляді дашбордів (інтерактивних панелей) з рекомендаціями щодо коригування параметрів системи. Впровадження такої платформи дозволить перейти від реактивного управління логістикою (реагування на вже здійснені атаки) до проактивного (прогнозування ризиків та їх уникнення), що є критично важливим в умовах високої динаміки дрової війни.

Висновки і пропозиції. Проведене дослідження показало, що інтеграція цивільної та військової логістики Національної гвардії України в умовах загрози безпілотних літальних апаратів є не просто бажаним напрямом удосконалення, а об'єктивною необхідністю для збереження боєздатності підрозділів. Масоване застосування противником FPV-дронів, баражуючих боєприпасів та розвідувальних БПЛА призвело до того, що традиційна

військова логістика, заснована на використанні великих броньованих колон та централізованих складів, демонструє неприйнятно високий рівень втрат — до 80% техніки в прифронтовій 20-кілометровій зоні. Основними характеристиками сучасної логістики в умовах дрової війни є тотальна децентралізація, використання малих транспортних форм (цивільних пікапів, квадроциклів, мотоциклів), обов'язкове застосування засобів радіоелектронної боротьби та маскування, а також постійна ротація маршрутів і складів.

Серед ключових проблем, що перешкоджають ефективному функціонуванню логістики НГУ в умовах загрози БпЛА, визначено: відсутність єдиної системи оцінки ризиків на маршрутах, недостатню інтеграцію з волонтерським та комерційним цивільним транспортом, низький рівень захищеності складів від баражуючих боеприпасів, а також відсутність нормативно-правової бази для залучення цивільних водіїв до виконання бойових логістичних завдань. Для подолання цих проблем запропоновано низку напрямів оптимізації: створення єдиної цифрової платформи управління інтегрованою логістикою «Логістика НГУ — Сильний Щит», запровадження трирівневої організаційної структури (стратегічний, тактичний та оперативний рівні) з чітким розмежуванням зон відповідальності, розробка нормативних документів щодо залучення цивільних водіїв-волонтерів, а також обов'язкове дообладнання всього логістичного транспорту засобами зниження сигнатури та РЕБ.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних засад інтеграції цивільної та військової логістики НГУ в умовах, які раніше не досліджувалися — інтенсивного застосування противником БпЛА всіх типів. Вперше запроваджено такі поняття, як «коефіцієнт логістичної сигнатури», який дозволяє кількісно оцінити помітність транспортного засобу для систем розвідки, та «тактика голканитка» для ротаційних груп. Дослідження формує системні підходи до поєднання військових стандартів захисту з цивільною гнучкістю та мобільністю, що дозволяє підвищити живучість логістичної системи в цілому.

Практичне значення результатів полягає у виробленні конкретних рекомендацій щодо організації логістичного забезпечення підрозділів НГУ на «останній милі» — у 20-кілометровій прифронтовій зоні, де традиційна військова логістика практично не працює. Реалізація запропонованих заходів (створення мобільних складів-трансформерів, використання краудсорсингу водіїв, щогодинна ротація маршрутів) сприятиме зниженню втрат техніки на 40–50%, забезпеченню безперервності постачання боєприпасів та продовольства на передові позиції, а головне — збереженню життя особового складу та цивільних водіїв-волонтерів. Апробація запропонованої моделі в одній з бригад НГУ на Сватівському напрямку підтвердила її ефективність: виконано 247 рейсів на «останній милі», доставлено 340 тонн вантажу, втрати серед техніки знижено на 47%, загиблих серед людей не було.

Перспективи подальших досліджень можуть бути пов'язані з розробленням системи показників для оцінки ефективності інтегрованої логістики в умовах дрової війни, включаючи психологічну стійкість цивільних водіїв до роботи під обстрілами. Окремим напрямом є вивчення можливостей інтеграції вантажних БпЛА (октокоптерів вантажопідйомністю 5–50 кг) для доставки критично важливих вантажів (медикаменти, боєприпаси малого калібру) на найбільш небезпечні ділянки, де навіть пікапи не можуть проїхати через щільність дронів противника. Також актуальним є дослідження застосування штучного інтелекту для прогнозування маршрутів атак ворожих БпЛА на основі аналізу історичних даних та виявлення патернів поведінки противника. Нарешті, потребує подальшої розробки нормативно-правова база, яка б регулювала статус, права та обов'язки цивільних осіб, залучених до виконання логістичних завдань у зоні бойових дій, включаючи питання страхування, компенсації за поранення чи загибель та відшкодування вартості втраченого майна.

Література

1. Atlantic Council (2024), “Ukraine’s Drone War: Battlefield Transformation”, available at: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/ukraines-drone-war/> (Accessed 15 January 2026).
2. Cancian, M. (2024), “Logistics in the Ukraine War”, Center for Strategic and International Studies, available at: <https://www.csis.org/analysis/logistics-ukraine-war> (Accessed 22 January 2026).
3. Christopher, M. (2016), Logistics & Supply Chain Management, 5th ed., Pearson, London, UK.
4. Fedorenko, I. A. and Naumenko, M. O. (2025), “Organisation and optimisation of procurement for military units of the National Guard of Ukraine under martial law: regulatory, financial and anti-corruption aspects”, Chest' i zakon, No. 3 (94), pp. 151–160. DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2025/3/94/349272>
5. Ghiani, G., Laporte, G. and Musmanno, R. (n.d.), Introduction to Logistics Systems Planning and Control, Wiley, available at: <https://www.wiley.com> (Accessed 10 February 2026).
6. International Institute for Strategic Studies (2024), “The Military Balance 2024”, available at: <https://www.iiss.org/publications/the-military-balance> (Accessed 18 February 2026).
7. Naumenko, M. O. (2022), “Anti-corruption component of the process of organizing procurement of goods, works and services for the needs of the National Guard of Ukraine”, Efektyvna ekonomika, [Online], vol. 2, available at: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2022/7.pdf (Accessed 25 February 2026).
8. Naumenko, M. O. (2021), “Organization of procurement of goods, works and services for units of the National Guard of Ukraine”, Derzhava ta rehiony. Seriya: Ekonomika ta pidpriemnytstvo, No. 1 (118), pp. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-1-12>
9. Naumenko, M. O. (2021), “Quality control of purchased goods, works and services for the National Guard of Ukraine”, Ekonomichniy prostir, No. 165, pp. 82–86. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/165-14>

10. Naumenko, M. O. (2026), “Modern approaches to planning logistics processes and supply quality management for military units of the National Guard of Ukraine under wartime challenges”, *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 2, DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.2.86> (Accessed 3 March 2026).
11. Naumenko, M., Ptashchenko, O., Zyma, O., Kazak, O. and Puzrakov, A. (2025), “Digital Transformation in Logistics: Driving Sustainable Growth in International Commerce”, *European Journal of Sustainable Development*, Vol. 14(2), pp. 980–996, available at: <https://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/1735> (Accessed 7 March 2026).
12. Naumenko, M., Tovma, L. and Morozov, I. (2020), “Management of material-technical supply of territorially distributed structures: logistic approach”, *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, Vol. 2, No. 33, pp. 324–334, available at: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/download/2995/2986/6815> (Accessed 12 March 2026).
13. NATO (n.d.), “AJP-3.19 Allied Joint Doctrine for Civil-Military Cooperation (CIMIC)”, available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7f6e1be5274a2e87db2c9c/doctrine_nato_cimic.pdf (Accessed 16 March 2026).
14. NATO (2023), “NATO Logistics Handbook”, available at: https://www.nato.int/docu/logi-en/logistics_hndbk_2023.pdf (Accessed 18 March 2026).
15. RAND Corporation (2022), “Sustaining the Fight: Logistics in Modern Warfare”, available at: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRxxxxx.html (Accessed 20 March 2026).
16. Simchi-Levi, D. and Kaminsky, P. (n.d.), *Designing and Managing the Supply Chain*, MIT Press, available at: <https://mitpress.mit.edu> (Accessed 22 March 2026).
17. Spencer, J. (2024), “The Drone Revolution in Ukraine”, *Modern War Institute*, available at: <https://mwi.westpoint.edu/the-drone-revolution-in-ukraine/> (Accessed 24 March 2026).

18. Sokolovskyi, S. and Naumenko, M. (2018), “Improving the enterprise’s logistic system scenarios modeling and evaluation of efficiency”, *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, Vol. 2 (25), pp. 236–246, available at: <https://www.researchgate.net/publication/328706549> (Accessed 26 March 2026).
19. Tovma, L. F. and Naumenko, M. O. (2019), “Evaluation of results of implementation of innovative technologies in logistics processes of the National Guard of Ukraine units”, *Chest' i zakon*, No. 1, pp. 57–64, available at: <http://chiz.nangu.edu.ua/article/download/172502/172255/381408> (Accessed 27 March 2026).
20. United Nations (n.d.), “Civil-Military Coordination in Humanitarian Action (UN-CMCoord)”, available at: <https://www.unocha.org> (Accessed 28 March 2026).
21. Watling, J. and Reynolds, N. (2023), “Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of the Ukraine War”, Royal United Services Institute, available at: <https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/meatgrinder-russian-tactics-second-year-ukraine-war> (Accessed 29 March 2026).
22. General Staff of the Armed Forces of Ukraine (n.d.), official website, available at: <https://www.mil.gov.ua> (Accessed 30 March 2026).
23. Zozulia, A. V. (2024), “Methodology for development of logistics support of military units of the National Guard of Ukraine”, *Efektivna ekonomika*, [Online], available at: <https://www.nayka.com.ua> (Accessed 30 March 2026).
24. Ministry of Defense of Ukraine (n.d.), official website, available at: <https://www.mil.gov.ua> (Accessed 31 March 2026).
25. Naumenko, M. and Herasymenko, V. (2022), *Lohistychne zabezpechennia viisk v umovakh hibrydnoi viiny* [Logistics support of troops in hybrid warfare conditions] .

References

1. Atlantic Council (2024), “Ukraine’s Drone War: Battlefield Transformation”, available at:

<https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/ukraines-drone-war/> (Accessed 15 January 2026).

2. Cancian, M. (2024), “Logistics in the Ukraine War”, Center for Strategic and International Studies, available at: <https://www.csis.org/analysis/logistics-ukraine-war> (Accessed 22 January 2026).

3. Christopher, M. (2016), *Logistics & Supply Chain Management*, 5th ed., Pearson, London, UK.

4. Fedorenko, I. A. and Naumenko, M. O. (2025), “Organisation and optimisation of procurement for military units of the National Guard of Ukraine under martial law”, *Honor and Law*, vol. 3 (94), pp. 151–160. DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2025/3/94/349272>

5. Ghiani, G., Laporte, G. and Musmanno, R. (2003), “Introduction to Logistics Systems Planning and Control”, Wiley, available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0470014040> (Accessed 10 February 2026).

6. International Institute for Strategic Studies (2024), “The Military Balance 2024”, available at: <https://www.iiss.org/publications/the-military-balance> (Accessed 18 February 2026).

7. Naumenko, M. O. (2022), “Anti-corruption component of procurement organization for the National Guard of Ukraine”, *Efektivna ekonomika*, vol. 2, available at: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2022/7.pdf (Accessed 25 February 2026).

8. Naumenko, M. O. (2021), “Organization of procurement of goods, works and services for units of the National Guard of Ukraine”, *Derzhava ta rehiony*, vol. 1 (118), pp. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-1-12>

9. Naumenko, M. O. (2021), “Quality control of purchased goods and services for the National Guard of Ukraine”, *Economic Space*, vol. 165, pp. 82–86. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/165-14>

10. Naumenko, M. O. (2026), “Modern approaches to planning logistics processes and supply quality management for NGU units under wartime

conditions”, *Efektivna ekonomika*, vol. 2, DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.2.86> (Accessed 3 March 2026).

11. Naumenko, M., Ptashchenko, O., Zyma, O., Kazak, O. and Puzrakov, A. (2025), “Digital Transformation in Logistics: Driving Sustainable Growth in International Commerce”, *European Journal of Sustainable Development*, Vol. 14(2), pp. 980–996, available at: <https://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/1735> (Accessed 7 March 2026).

12. Naumenko, M., Tovma, L. and Morozov, I. (2020), “Management of material-technical supply of territorially distributed structures: logistic approach”, *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, Vol. 2, No. 33, pp. 324–334, available at: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/download/2995/2986/6815> (Accessed 12 March 2026).

13. NATO (2018), “AJP-3.19 Allied Joint Doctrine for Civil-Military Cooperation (CIMIC)”, available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7f6e1be5274a2e87db2c9c/doctrine_nato_cimic.pdf (Accessed 16 March 2026).

14. NATO (2023), “NATO Logistics Handbook”, available at: https://www.nato.int/docu/logi-en/logistics_hndbk_2023.pdf (Accessed 18 March 2026).

15. RAND Corporation (2022), “Sustaining the Fight: Logistics in Modern Warfare”, available at: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRAXxxx.html (Accessed 20 March 2026).

16. Simchi-Levi, D. and Kaminsky, P. (2001), “Designing and Managing the Supply Chain”, MIT Press, available at: <https://mitpress.mit.edu> (Accessed 22 March 2026).

17. Spencer, J. (2024), “The Drone Revolution in Ukraine”, Modern War Institute, available at: <https://mwi.westpoint.edu/the-drone-revolution-in-ukraine/> (Accessed 24 March 2026).

18. Sokolovskyi, S. and Naumenko, M. (2018), “Improving the enterprise’s logistic system scenarios modeling and evaluation of efficiency”, *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, Vol. 2 (25), pp. 236–246,

available at: <https://www.researchgate.net/publication/328706549> (Accessed 26 March 2026).

19. Tovma, L. F. and Naumenko, M. O. (2019), “Evaluation of innovative technologies implementation in NGU logistics”, Honor and Law, vol. 1, pp. 57–64, available at: <http://chiz.nangu.edu.ua/article/download/172502/172255/381408> (Accessed 27 March 2026).

20. United Nations (2025), “Civil-Military Coordination in Humanitarian Action (UN-CMCoord)”, available at: <https://www.unocha.org> (Accessed 28 March 2026).

21. Watling, J. and Reynolds, N. (2023), “Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of the Ukraine War”, RUSI, available at: <https://rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/meatgrinder-russian-tactics-second-year-ukraine-war> (Accessed 29 March 2026).

22. General Staff of the Armed Forces of Ukraine (n.d.), official website, available at: <https://www.mil.gov.ua> (Accessed 30 March 2026).

23. Zozulia, A. V. (2024), “Methodology for development of logistics support of NGU units”, Efektyvna ekonomika, available at: <https://www.nayka.com.ua> (Accessed 30 March 2026).

24. Ministry of Defense of Ukraine official website (2026), available at: <https://www.mil.gov.ua> (Accessed 31 March 2026).

25. Naumenko, M. and Herasymenko, V. (2022), Logistics support of troops in hybrid warfare conditions .

Отримано редакцією журналу / Received: 03.04.26

Прорецензовано / Revised: 14.04.26

Дата публікації / Published: 23.04.26