

УДК 623.546

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.33.2025.115-126>

О.В. Корольова*, П.І. Казан, В.В. Хахула, А.В. Луцькова, І.Б. Мількович

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ВАРІАНТ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛУ БЕЗЕКІПАЖНИХ НАЗЕМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Безпілотні системи, та безекіпажні наземні комплекси зокрема, стали важливим елементом ведення бойових дій в ході війни за незалежність України проти російського загарбника. На них покладається доволі широкий спектр завдань виходячи з їх призначення: розвідувальні, ударні (вогневі), логістичні, евакуаційні тощо.

У статті наведено аналіз сучасних найбільш поширених у Збройних Силах України зразків багатофункціональних безекіпажних наземних комплексів різних типів, зокрема кодифікованих. Окреслено потенціал та обмеження безекіпажних наземних комплексів з огляду на аналіз тактико-технічних характеристик та бойових можливостей за досвідом застосування.

Визначено та обґрунтовано ключовий показник оцінювання ефективності застосування підрозділу безекіпажних наземних комплексів, який включає групові показники: функціональність / бойові спроможності, мобільність, захищеність, автономність, та прокоментовано інтерпретацію обраних складових.

Наведено розроблену методику оцінювання ефективності застосування підрозділу безекіпажних наземних комплексів, за основу якої взято мультикритеріальний метод оцінювання за групою показників з ваговими коефіцієнтами, а головним критерієм визначено кількісний (числовий) показник оцінювання. Наведено етапи роботи з оцінювання ефективності застосування бойових безекіпажного наземного комплексу із використанням створеної методики.

Проведено оцінювання ефективності виконання завдань за призначенням бойовим безекіпажним наземним комплексом, для наочності наведено приклад.

Ключові слова: безекіпажний наземний комплекс, моніторинг, розвідка, виявлення, засіб ситуаційної обізнаності, оцінювання ефективності, застосування підрозділу.

Постановка проблеми

У ході сучасної російсько-Української війни безпілотні системи (БпС) здійснюють перехід від звичайного до новітнього озброєння. Підрозділами Сухопутних військ широко використовуються повітряні комплекси та наземні роботизовані платформи, відповідно до нової класифікації [1] – безекіпажні наземні комплекси (БеНК). Спостерігається бурхливий розвиток та розробки нових зразків БеНК різними виробниками, що потребує приведення до єдиного стандарту та єдиних поглядів на визначення, класифікацію, роль і місце БпС серед інших сил і засобів ЗС України. Сьогодні триває розробка нових та удосконалення існуючих доктринальних та нормативних документів, запроваджено алгоритми щодо кодифікації вітчизняних та іноземних зразків. Ця трансформація ставить ЗС України перед низкою питань щодо мети, завдань, способів та порядку

застосування цих систем, а також постає питання оцінювання ефективності застосування БеНК.

Згідно з Доктриною «Безпілотні системи», затвердженій у серпні 2025 року [1], безекіпажний наземний комплекс – це сукупність апаратів, пов'язаних з ним станцій наземного керування, ліній керування та контролю, інші елементи, які забезпечують функціонування (за попередньою Доктриною 2023 року вживався термін наземні роботизовані комплекси або НРК).

Сьогодні розробляються БеНК різного призначення, проте досвід застосування показує, що їх доцільно використовувати переважно для логістики, евакуації та розвідки; бойові модулі – тільки в супровідних / підтримувальних діях. Необхідно вдосконалювати окремі технічні показники, для чого треба визначитись з проблемними питаннями та обґрунтувати критерії оцінювання БеНК.

Article history: Income 15 October 2025; Revised 17 October 2025; Accepted 24 October 2025; Print 05 December 2025

Корольова О.В. ORCID ID: 0000-0002-9265-8445, Казан П.І. ORCID ID: 0000-0001-5929-0469,
Хахула В.В. ORCID ID: 0000-0002-6198-8652, Луцькова А.В. ORCID ID: 0000-0002-8959-927X,
Мількович І.Б. ORCID ID: 0000-0003-4478-9536

* Corresponding author ok_im2@ukr.net

© Корольова О.В., Казан П.І., Хахула В.В., Луцькова А.В., Мількович І.Б.

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

Ліцензія відкритого доступу / Open print license

За функціональним призначенням БєНК у ЗСУ можна поділити на кілька типів, кожен з яких виконує специфічні завдання [2], [3] (на рис. 1 розташовані зліва направо):

Ударні (вогневі) комплекси – це озброєні платформи, призначені для прикриття піхоти вогнем або прямих ударів по позиціях ворога. Прикладом є БєНК «Лють» (рис. 1) або інтеграція українського бойового модуля (БМ) «Буря» виробника Frontline на платформу THeMIS.

Інженерні (саперні) комплекси обладнані інструментами для розмінування або встановлення протипіхотних мін. Прикладом є «Гном-Мінер» (рис. 1). Вони можуть прокладати коридори для піхоти або встановлювати мінні загорождження.

Логістичні комплекси – невеликі напівавтономні платформи для перевезення вантажів, таких як боєприпаси, паливо, провіант на передову або між підрозділами. Це базова функція наземного дрона, і в цій ніші досягнуто найбільших успіхів (рис. 1 – логістичні БєНК «Терміт»).

Евакуаційні комплекси – роботизовані носії на колісному або гусеничному ході, що вивозять поранених із «червоних зон» (зокрема з мінних полів), мінімізуючи ризик для медиків. Наприклад, БєНК «Ардал» (рис. 1) вже на практиці використовувався в евакуаційних місіях [4].

Розвідувальні комплекси – малі маневрені роботи з камерами та сенсорами, які працюють у тандемі з безпілотними літальними апаратами (БПЛА), виконуючи функції «очей роботів» для спостереження та компенсації слабкого поля зору наземних машин.

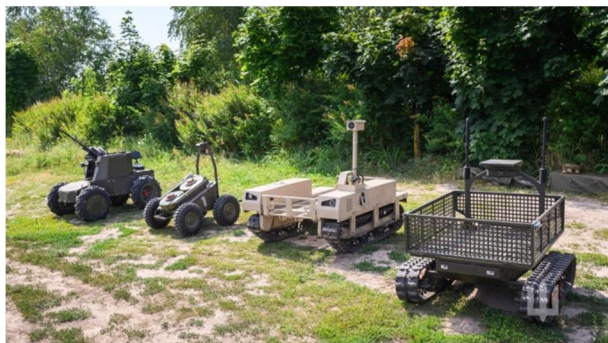


Рис. 1. Різновиди БєНК, фото Центр інформаційно-комунікаційної підтримки Сухопутних військ

За даними Управління безпілотних систем Командування СВ станом на липень 2025 відомо [2-3], що на:

логістичні та евакуаційні завдання припадає 47% місій БєНК;

інженерні (мінування/розмінування) близько 25%;

ударні (вогневі) – приблизно 12%;

спеціальні місії – решта 16% (рис. 2).

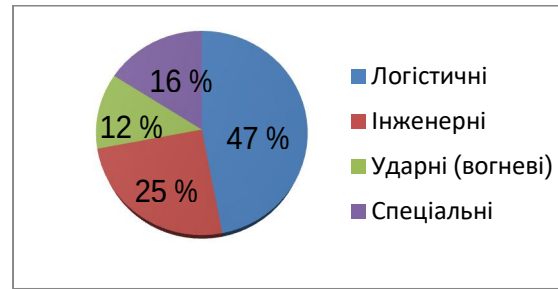


Рис. 2. Діаграма відсоткового розподілу місій БєНК

Сьогодні БпС впроваджуються у всі сфери та ділянки застосування. Згідно з Доктриною [1] від 2025 року розподіл різних типів БєНК (апаратів, БєНА) відбувається між більшістю видів (родів) військ (сил) та їх підрозділами.

Тому необхідно детально проаналізувати застосування БєНК у бойових сучасних діях та виявити їх слабкі сторони та проблемні моменти для окреслення основних показників, які впливають на ефективність застосування БєНК.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз досвіду застосування БтНК у бойових діях російсько-Української війни (публічні звіти, аналітика [1-17]. та внутрішні військові джерела) окреслює загальні проблеми:

Недостатній рівень захищеності: одна з найсерйозніших операційних загроз – вразливість до засобів РЕБ та кібератак (багато БєНК втрачають контроль через РЕБ, втручання в управління, джемінг, спуфінг); вразливість до вогню піхоти; для важких бойових функцій і захисного бронювання сьогодишні платформи ще слабкі.

Слабкий рівень керованості: необхідність постійної підтримки, БєНК потребують постійної координації з іншими силами для максимальної ефективності, оскільки самостійно вони не можуть вести затяжні бої; ризик захоплення і використання ворогом, технічна інформація та давачі можуть бути скопійовані або використані проти власних сил.

Недостатній рівень маневреності: залежність від ґрунту – поля, складний рельєф (для колісних) та урбанізована зона, вузькі міські вулиці (для гусеничних); значна залежність від особливостей довкілля та погодних умов.

Тривалість та надійність місії: енергоживлення – обмежений час автономної роботи (середній час роботи однієї батареї – години, за інтенсивних завдань менше); логістична витрата (заряд або заміна); складна логістика зарядки; відмови; зниження працездатності через екстремальні умови роботи (пил, вода, мороз/спека, пересічений рельєф тощо).

Вартість / ефективність витрат: співвідношення ефекту зекономлених людських ресурсів та виконаних завдань до загальних витрат. Корисність висока, але вартість і масштаби обмежують застосування: час і ресурси на ремонт та заміни; потреба у запчастинах; велика кількість комерційних систем; складний ремонт у полі; масштабна закупівля і підтримка потребують значних ресурсів; водночас потреба у десятках/тисячах одиниць для повсюдного застосування

З огляду на широкий перелік проблемних питань щодо застосування БпНК необхідно визначити основні часткові показники оцінювання ефективності

застосування БпНК, які роблять основний вклад в загальну оцінку.

Формулювання мети статті – обґрунтування та оцінка головного показника ефективності застосування підрозділу БпНК.

Викладення основного матеріалу

Загальний огляд джерел щодо створення наземних платформ та їх застосування у бойових діях в Україні висвітлює можливості та обмеження, які сьогодні виникають перед БпНК, табл. 1 [4-10].

Таблиця 1

Порівняння: потенціал та обмеження БпНК

Потенціал та переваги	Реальні обмеження
Висока мобільність і можливість діяти у небезпечних для людини умовах	Застригання на складному рельєфі, проблеми з пересуваністю у болотистих і гірських умовах
Точність та автоматизація завдань завдяки сенсорам та алгоритмам	Збої у позиціонуванні, залежність від GPS, вразливість до РЕБ
Можливість працювати без ризику для життя людини	Низька надійність деяких систем, ризик виходу з ладу під час операцій
Логістична підтримка (транспортування вантажів, боєприпасів, евакуація)	Мала вантажопідйомність у більшості моделей, проблеми з балансуванням
Скорочення витрат людських ресурсів, автоматизація завдань	Необхідність значного обслуговочного персоналу, складний ремонт у полі
Можливість інтеграції у системи управління військами та розвідки	Відсутність стандартизації, різні протоколи, несумісність програмного забезпечення
Розвиток технологій – підвищення бойових та інженерних можливостей у майбутньому	Обмежене фінансування, висока вартість виробництва та експлуатації

Бачимо, що кожен зразок має недоліки, тому будемо досліджувати вплив функціонального призначення БпНК на його часткові характеристики.

Виконання БпНК завдань за функціональним призначенням (тактична ефективність) можна розглядати практично як виконання бойового завдання інакше – чи досягає БпНК поставлених бойових/операційних завдань щодо розвідки, розмінування тощо). Якісне виконання покладеної місії (наприклад, здійснення евакуації або доставка вантажу) є одним з вагових показників ефективності виконання завдання БпНК. Тому логічно розглянути цю властивість БпНК більш детально і зосередитись на окремих зразках, які представляють відповідну категорію. З огляду на реальне практичне використання наземних платформ, за досвідом бойових дій [2-13], для подальшого дослідження доцільно зосередитись на трьох класах БпНК: логістичних, евакуаційних та ударних (вогневих).

Застосування логістичних БпНК (рис. 3) у бойових діях в Україні відзначається такими головними проблемами: [3], [5-13].

Вразливість до засобів РЕБ (глушіння та протидія зв'язку, перехоплення керування), особливо тих БпНК, що керуються дистанційно або мають обмежену автономію. В умовах РЕБ (російські “Житель”, “Сінтія”, “Поле-21”) канали керування глушаться, що призводить до втрати управління; лінії зв'язку часто аналогові або без зашифрованих протоколів; затримки передачі відеосигналу до 1-2 секунди. Це знижує їхню ефективність у інтенсивних зонах бойових дій і робить легкою ціллю.

Обмежений час роботи батареї й енергетична автономність. Батареї обмежують тривалість місії / патрулювання і змушують частіше відводити платформи для підзарядки або заміни акумуляторів, що ускладнює їхню безперервну експлуатацію на фронті. Це обмеження особливо помітне при інтенсивному використанні в холоді чи при транспортуванні вантажів.

Обмежена вантажопідйомність і балістична стійкість (бронювання). Більшість доступних БпНК розраховані на легкі вантажі (логістика, розвідка), але мають обмеження для встановлення важких систем

озброєння чи захисту; це знижує їхню ефективність у ролі повноцінної ударної платформи.

Недостатня підготовка операторів і відсутність відпрацьованих тактик застосування. Не вистачає підготовлених кадрів і відпрацьованих процедур / тактик інтеграції БеНК у підрозділи – як використовувати їх разом із піхотою, артилерією, РЕБ і розвідкою. Це призводить до субоптимального використання та іноді – до скорочення рот БеНК.

Логістика, технічне обслуговування та ремонт на полі бою. Забезпечення запчастинами, діагностика й

ремонт БеНК на фронті складні: багато платформ – комерційні зразки, для яких важко знайти сумісні деталі або фахівців з техобслуговування у польових умовах.

Ризик захоплення / використання ворогом (трофеїзація). У разі втрати БеНК їх можуть відремонтувати, адаптувати або використати для розвідки проти власних сил – це питання безпеки та контрзаходів.

Вартість і масштабне виробництво. Щоб впровадити БеНК у великому масштабі, потрібні значні кошти на закупівлю, локалізацію виробництва та підтримку – і це конкурує з іншими пріоритетами оборони.



а



б



в

Рис. 3. Логістичні БеНК вітчизняного виробництва:
а – TerMIT (TENCORE); б – CRAB-LS; в – Targan (TarGun)

Логістичні та евакуаційні платформи мають схоже призначення, але в евакуаційних БеНК є свої специфічні функціональні особливості та труднощі. Проблеми евакуаційних БеНК (рис. 4) на фронті України є системними, і багато з них вже зафіксовані в практичних відгуках підрозділів [4-10]. Станом на 2024–2025 роки технічний аналіз показує схожі з логістичними платформами проблеми щодо маневре-

ності та прохідності: на пересіченій місцевості (воронки, грязь, сніг) легкі колісні (на кшталт Rys-Med) часто втрачають тягу або буксують; гусеничні варіанти (наприклад, Ironclad Medevac, RoboMedic) мають вищу прохідність, але потребують потужного живлення та важчі для транспортування; часто відсутня автоматична система стабілізації при евакуації пораненого – виникає ризик повторних травм.



а



б



в

Рис. 4. Евакуаційні БеНК:
а – RoboMedic (Robotic Complexes), Україна;
б – THeMIS MedEvac (Milrem), Естонія;
в – Ardal (BUREVII), Україна

Захищеність більшості евакуаційних платформ: (як і логістичних) мають мінімальний бронезахист, розрахований лише на уламки; вразливі до FPV-дронів і стрілецької зброї калібру 7,62–12,7 мм; відсутність активних систем придушення дронів (РЕБ) або датчиків наближення FPV.

Комунікація та керування в умовах РЕБ також ускладнена через чутливість БеНК до глушіння, перехоплення та втрат керування, а затримки передачі відеосигналу у 1-2 секунди критично під час евакуації з-під вогню.

Бойова живучість і ремонтпридатність, схоже до логістичних, це: відсутність стандартизації акумуляторів та вузлів – важко відновити в польових умовах; більшість евакуаційних БеНК мають незахищені електродвигуни, які легко пошкоджуються пилом або уламками; при виході з ладу системи управління – немає аварійного режиму повернення.

Також у підрозділах часто немає спеціальних операторів, підготовлених саме до евакуаційних БеНК; несумісність між різними типами систем управління, особливо якщо техніка різних виробників.

Аналіз матеріалів досвіду застосування БеНК Силами оборони України показав, що станом на грудень 2024 року системного використання бойових БеНК не зафіксовано [11-12].

Характерною особливістю застосування бойових БеНК за досвідом російсько-Української війни є стрільба з місця (коротких зупинок). Ведення ефективної стрільби бойовими БеНК з ходу (під час руху) сьогодні, на жаль, є проблематичним, досвід постійного застосування зафіксовано лише у 4 підрозділах з 22 опитаних, а підтверджені випадки ураження живої сили противника мають поодинокий характер. Підрозділи, що застосовують бойові БеНК (рис. 5) в російсько-Українській війні, поки не визначили їх місця у власних бойових порядках. Потенціал застосування бойових БеНК залишається дискусійним. Вітчизняні розробники та виробники БеНК покращують та удосконалюють існуючі зразки, тестують та випробовують свої вироби в підрозділах під час реальних бойових дій та в полігонних умовах.

Для зручності аналізу БеНК поділено на групи: БеНК+БМ (UGV+RWS), БМ (RWS) та камікадзе (в англомовних джерелах – Unmanned Ground Vehicles та Remote Weapon Station, UGV та RWS та kamikaze).

Типовими проблемами і обмеженнями при застосуванні ударних (вогневих) БеНК можна виділити [7-17]:

Віддача і стабілізація – стрільба з крупних калібрів (особливо під час руху) потребує стабілізованої

платформи і компенсаторів, без цього значне падіння точності.

Бойовий боскомплект – обмежена вантажопідйомність зменшує кількість боєприпасів, що може призвести до «вичерпання» платформи в критичний момент.

Фізичне пошкодження модуля – ураження БМ чи сенсорів робить платформу марною як бойову одиницю.

Помилки в ідентифікації – алгоритми розпізнавання у реальному середовищі часто дають хибні спрацьовування (пил, дим, маркування, цивільний рух).

Обмеження сенсорного охоплення – вузькі кути огляду, відсутність 360° без додаткових сенсорів, тобто ситуація, коли платформа «заплющена» і не бачить загрозу збоку чи з тилу.

Втручання РЕБ – руйнація або збільшення затримки зв'язку (ускладнює прицілювання); «зависання» платформи у критичній зоні.

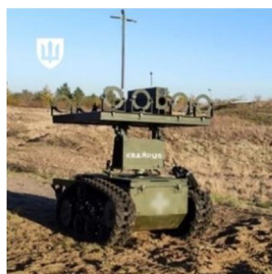
Короткий життєвий цикл – малі / середні ударні (вогневі) БеНА без броні вразливі до кулеметного, гранатометного удару та ворожої артилерії; втрата чи захоплення; навіть при захисті від осколків підрип під днищем та інженерні пастки можуть вивести платформу з ладу.

Підтримка боскомплекту і батарей – постачання, зарядка, заміна АКБ суттєво впливає на тривалість місії.

Ремонт і ресурси – ремонтувати БеНК на полі бою важче, ніж звичайну логістичну платформу.



а



б



в

Рис. 5. Ударні (вогневі) БеНК вітчизняного виробництва:

а – PROTECTOR (ТОВ «Українська бронетехніка»);

б – Krampus Brave1/Deviro; в – БУРЯ (Frontline)

Категорія «одноразові / камікадзе та імпровізовані бойові роботи» – приклади польових, одноразових або кустарних бойових платформ і модулів. Дешеві, масово вироблені або модифіковані платформи для одноразових ударів, пасток, блокування або підняття спеціальних засобів (включно зі встановленням радянських ПТРК / ПЗРК на дистанційно керовані шасі).

Реальне застосування «камікадзе» підходів представлено низкою вітчизняних розробок: Ratel S (рис. 6), MINI BRO, Гісна, Копук S, TETRIS тощо. Одноразові БеНК широко застосовуються для ризикових завдань: підрипних операцій, підходів під ворожі позиції, монтажу старих зенітних/ракетних пускових установок на дистанційні платформи тощо.



Рис. 6. Мала колісна дистанційна платформа-камікадзе Ratel S

Основними проблемами можна визначити:

Надійність і беззахисність – кустарні системи часто мають малі резерви надійності, слабе керування, легко виводяться з ладу або перехоплюються.

Операційна сумісність – багато таких саморобок важко інтегрувати в стандартні тактичні ланцюги, зв'язок і логістику.

На практиці були повідомлення про серйозні обмеження: неробочий або ненадійний зв'язок у бою, швидка втратність, технічні несправності; демонструє, що озброєний БєНК без надійного зв'язку й стійкості до РЕБ – мало корисний і швидко стає тягарем.

Таким чином, бойовий модуль підвищує тактичну корисність БєНК, але одночасно значно підвищує вимоги до інших компонентів системи – броні, енергетики, зв'язку, сенсорів і процедур керування. Найкращим застосуванням для ударних (вогневих) БєНК є доповнення/підсилення людини, робота у складі комбінованих груп (людина + БєНК + артилерія / БпЛА), де вони виконують обмежені вогневі ролі з людиною в ланці сприйняття.

Можливості сучасних розробок БєНК, демонструють широкий спектр для виконання бойових завдань, тому доцільно провести оцінювання ефективності застосування БєНК.

Показники для визначення оцінювання ефективності застосування бойових безпілотних систем (наземних роботизованих комплексів). Встановлення показників для визначення будь-якого оцінювання ефективності є ключовим кроком у підготовці до збирання даних, який впливає на якість та корисність отриманих результатів.

Враховуючи основні вимоги до показників (релевантність до мети процесу, універсальність та зрозумілий фізичний зміст) оцінювання ефективності застосування бойових безпілотних систем, зокрема безпечних наземних комплексів (БєНК), пропонується здійснювати з використанням таких чотирьох основних групових показників:

функціональність (функціональні властивості БєНК визначаються здатністю виконувати завдання за призначенням: транспортні/евакуаційні для логістичних (евакуаційних) БєНК та бойові для ударних (вогневих) БєНК),

мобільність (маневреність БєНК – це комплексна характеристика, що характеризує зразок щодо можливостей руху для забезпечення виконання його завдання, в роботі показник маневреності визначається як здатність БєНК до раптовості та вчасності дій, можливістю БєНА долати перешкоди);

захищеність (захищеність / прихованість БєНК – це комплексна характеристика, що спричиняє можливість виявлення та знищення зразка противником, тому оцінюваною характеристикою для них вважається наявність засобів їх приховування);

автономність (визначається здатністю БєНС виконувати поставлені завдання без постійного втручання оператора (з самостійним прийняттям рішень у межах алгоритмів керування).

Зазначений перелік і найменування показників не є сталими і можуть змінюватися залежно від конкретних умов, за яких здійснюється визначення пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень.

Порядок розрахунку ключового показника ефективності застосування бойових БєНК [18-22]. З урахуванням обраних показників для оцінювання ефективності застосування бойових БєНК та зважаючи на необхідність забезпечення достатньої оперативності й простоти обчислень, у методиці використовуються методи експертного оцінювання, достатня точність яких забезпечується консенсусним рішенням залучених експертів.

Підбір експертів, визначення їхньої компетенції, інші передбачені заходи під час експертного оцінювання здійснюються відповідно до відомих процедур, тому в цій методиці не описується. Важливо, щоб під час визначення показників для оцінювання ефективності застосування бойових БєНК усіма групами експертів використовувався той самий метод.

З метою забезпечення простоти, наочності та оперативності отримання результатів для оцінювання ефективності застосування бойових БєНК пропонується використовувати метод зваженої суми, який є ефективним для визначення пріоритетів серед кількох варіантів. Цей метод дозволяє упорядкувати варіанти за ступенем їхньої важливості або значущості на основі визначених показників. На цьому етапі відбувається оцінювання ефективності зразка (бойовий потенціал), його можливості до виконання означених завдань згідно з дослідженням реальних ТТХ БєНК.

Для оцінювання ефективності застосування БєНК необхідно врахувати вплив динамічних чинників, які виникають протягом виконання завдання і ступінь спроможності зразка витримувати цей вплив – надійності за один бойовий вихід.

Тому основним показником оцінювання ефективності застосування бойових БєНК визначено ключовий показник ефективності застосування (КПЕЗ), з урахуванням надійності за один бойовий вихід.

Для визначення E_{tot} – КПЕЗ запропоновано ввести корегуючий коефіцієнт K^H – коефіцієнт надійності за один бойовий вихід (КНОБ). Так оцінювання ефективності застосування БєНК розраховується за співвідношенням (1)

$$E_{tot} = \sum_{i=1}^N \omega_i E_i K_i^H, \quad (1)$$

де:

E_i – нормалізовані оцінки групових критеріїв за визначеною експериментальною шкалою;

ω_i – вагові коефіцієнти важливості (визначаються методом експертного оцінювання), де $\sum_{i=1}^N \omega_i = 1$;

K_i^H – коефіцієнти надійності за один бойовий вихід для відповідного групового показника;

N – кількість групових критеріїв.

Значення КНОБ знаходиться в інтервалі $K_i^H \in [0,1]$, залежить від ступеня впливу. В разі виведення з роботи відповідного групового показника відбувається втрата спроможності до подальшого виконання завдання (наприклад, відбулось застрягання БеНК з високим ступенем відмови до подальших дій – повне виведення з ладу зразка), тоді $K_i^H = 0$, що призводить до суттєвого зменшення КПЕЗ.

У рамках цього дослідження приклади розрахуноків для статичної моделі, без врахування динаміки бою та змін, що відбуваються, тому коефіцієнт надійності за один бойовий вихід приймається за 1 і на результати дослідження не впливає – $K_i^H = 1$.

Розрахунок вагових коефіцієнтів показників оцінювання ефективності застосування бойових БеНК здійснюється за допомогою методу попарних порівнянь. Для можливості порівняння якісних показників підкритеріїв групового критерію, які мають різну природу, використовується нормалізація значень оцінок методом min–max. У разі покращення одного або декількох значень підкритеріїв (наприклад, при модернізації зразка), для оцінювання впливу цих покращень на загальний показник ефективності зразка, використовується методом аналізу чутливості.

Методика оцінювання ефективності застосування бойових БеНК передбачає формування вхідних даних; розрахунок складових для оцінювання ефективності застосування бойових БпС (БеНК); оцінка результату. Структурну схему методики оцінювання ефективності застосування бойових БеНК наведено на рис. 7.

Основними припущеннями при вирішенні задачі оцінювання ефективності застосування підрозділів бойових БеНК є:

- противник може здійснювати вплив по наших військах;
- підрозділи БеНК спроможні виконувати бойові завдання (боездатні);
- підрозділи БеНК забезпечені необхідними матеріальними засобами;
- система управління забезпечує доведення інформації до різних ланок управління військами.

Під бойовим застосуванням (БЗ) розуміється виконання БеНК завдань за призначенням в умовах бойових дій, БеНК виконують завдання щодо підтримки основних сил підрозділу, ВЗ – виконання завдання.

Етапи роботи з оцінювання ефективності застосування бойових БеНК.

Етап 1 – підготовка вихідних даних, формування експертної групи, підготовка матеріалів для проведення процедур оцінювання.

Етап 2 – формування складових для оцінювання ефективності бойового БеНК.

Етап 3 – оцінювання ефективності застосування бойового БеНК.

Етап 4 – формування висновків експертної групи щодо оцінювання ефективності застосування бойових БеНК.

На першому етапі для експертної групи готуються вихідні дані щодо умов оцінювання ефективності застосування бойових БеНК (відбувається визначення еталонного зразка та значення його ТТХ та економічної складової); проходить визначення об'єктів оцінювання та підготовка матеріалів для проведення процедур оцінювання (відомості щодо ТТХ, звіти та протоколи випробувань тощо); здійснюється підбір експертної групи та підготовка необхідних для проведення процедур оцінювання (складання аркушів опитування, анкет, чек-листів тощо).

На другому етапі відповідно до відомих процедур проводиться формування матриці вагових коефіцієнтів бойових властивостей БеНК за результатами усвідомлення бойового завдання. Експертною групою здійснюється вивчення підготовлених на першому етапі вихідних даних, їх узагальнення та визначення переліку групових критеріїв та часткових складових для оцінювання ефективності бойового БеНК. Проводиться розрахунок коефіцієнта ефективності КПЕЗ.

На третьому етапі експертною групою проводиться оцінювання ефективності застосування бойового БеНК. На етапі оцінювання відбуваються дві перевірки значень зразка, що досліджується: ключового показника ефективності застосування бойового БеНК та економічної складової зразка, за потреби. В разі необхідності пошуку шляхів покращення зразка проводиться повторна перевірка отриманих після модернізації значень.

На четвертому етапі експертною групою формуються висновки щодо оцінки ефективності застосування бойових БеНК, готуються пропозиції та подаються на подальший розгляд.

Для визначення якісної оцінки ефективності застосування бойових БеНК (високий, середній та низький рівні) використовується загальновідома шкала Харрінгтона.

Практична реалізація запропонованої методики на основі використання даних КПЕЗ бойових БеНК дозволяє забезпечити оцінювання ефективності виконання завдань за призначенням ударних (вогневих) БеНК, наочно побачити існуючі проблемні питання та обґрунтувати напрями їх усунення.

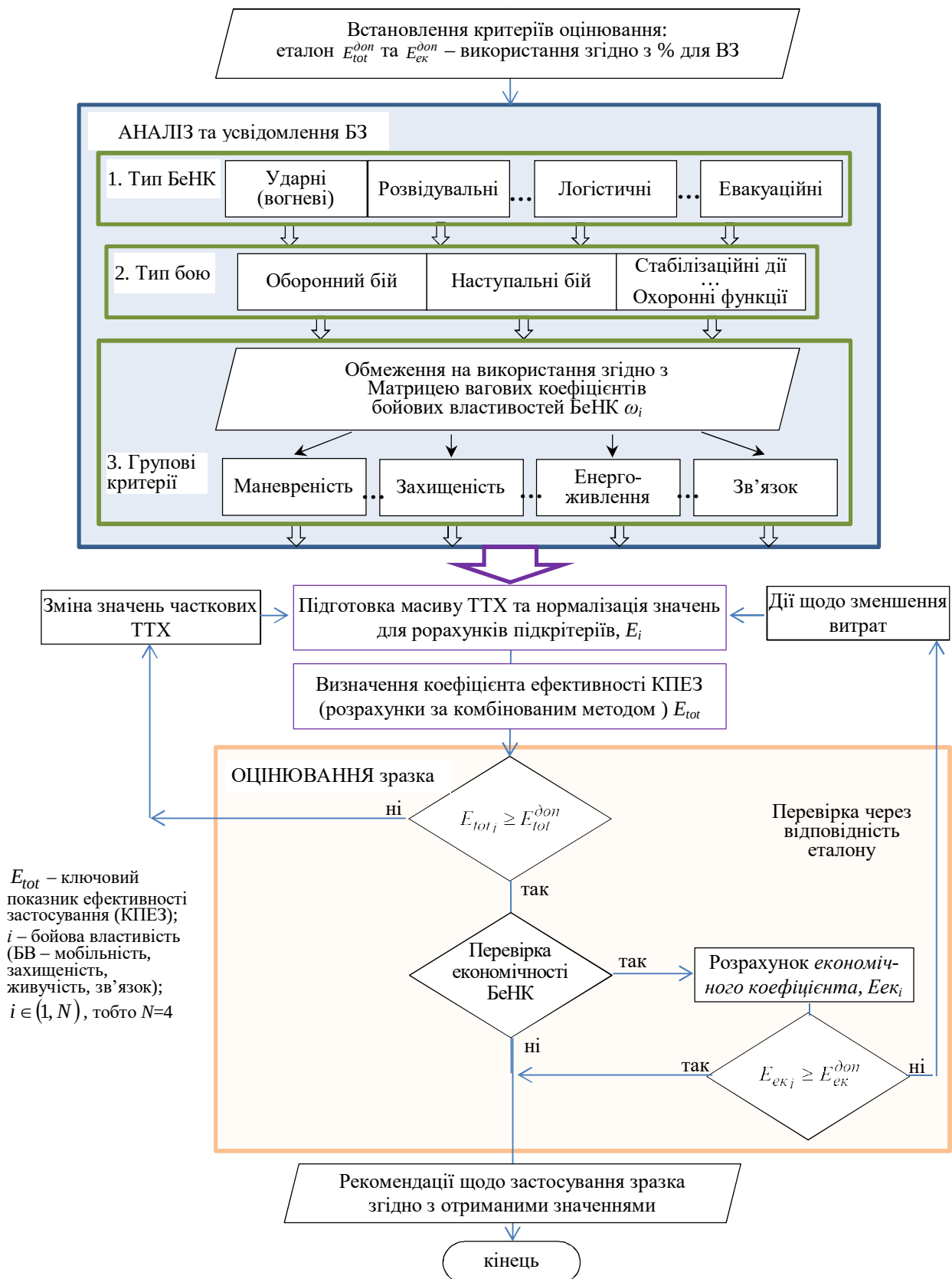


Рис. 7. Схема методики оцінювання ефективності застосування бойових БпС (БєНК)

Приклад оцінювання ефективності БеНК у різних сценаріях. Для визначення КПЕЗ у різних сценаріях (видах бою) пропонується змінювати значення вагових коефіцієнтів важливості для окремих групових критеріїв згідно з потребами бойових дій. В табл. 2 наведено розрахунок КПЕЗ для 5 зразків бойових турелей (Buria, ShaBlya, Wolly, Pernach, Tavria) для трьох альтернативних вагових наборів дій (тактичних ситуацій):

Сценарій 1 «Стаціонарний / оборонний» (наприклад, середній БеНК з БМ забезпечує обороні тригодинний вогневий пункт) – підвищена вага для виконання бойового завдання, середні для забезпечення автономності);

Сценарій 2 «Міський / захищений» (наприклад, колісний БеНК з кулеметом прикриває евакуацію) – підвищена вага захищеності;

Сценарій 3 «Мобільний наступ / удар» (наприклад, малі БеНК здійснюють влучні атаки на легкі склади противника) – підвищена вага бойових властивостей і маневреності.

Визначено групові критерії та їхні показники: бойова спроможність (вогнева міць, точність, сумісність, автоматизація); мобільність (швидкість, прохідність, запас ходу, маневри); захищеність (броня, протидія РЕБ (EW), помітність); автономність (енергія, алгоритми, зв'язок). Проведено нормалізацію оцінок [19-20] та виставлено відповідні бали, згідно з ТТХ зразків. За співвідношенням (1) визначено КПЕЗ для відповідного сценарію для кожного зразка.

Таблиця 2

Значення КПЕЗ бойових турелей для 3 альтернативних сценаріїв дій

Сценарій		Критерій	Підкритерій	Зразок				
№	Ваги			Buria	ShaBlya	Wolly	Pernach	Tavria
1	0,45	Бойова спроможність	вогнева міць	7	8	6	5	7
2	0,4		точність	6	6	7	6	6
3	0,5		сумісність	7	6	7	6	5
			автоматизація	5	4	7	4	5
1	0,25	Мобільність	швидкість	5	4	4	4	4
2	0,2		прохідність	5	4	4	5	5
3	0,3		запас ходу	6	4	4	4	4
			маневри	4	3	3	4	4
1	0,2	Захищеність	броня	2	2	2	1	3
2	0,35		помітність	3	3	3	3	3
3	0,1		EW	3	2	2	2	3
1	0,1	Автономність	енергія	5	4	5	4	5
2	0,15		алгоритми	5	4	6	4	5
3	0,1		зв'язок	5	4	5	4	4
		КПЕЗ E_{tot}^i , у.о.	Сценарій 1	5,10	4,54	5,21	4,19	4,78
			Сценарій 2	5,18	4,57	5,07	4,25	4,90
			Сценарій 3	5,39	4,76	5,27	4,50	4,92

Аналіз отриманих даних показує (рис. 8), що за визначених вагових оцінок для трьох альтернативних сценаріїв, обраних групових критеріїв та значень балів їх підкритеріїв, а також значення КПЕЗ для відібраного парку зразків кращі оцінки у бойових турелях Buria та Wolly.

Можна зробити висновок, що для:

Сценарію 1 доцільно обрати бойову турель Wolly – $E_{tot}^1 = 5.21$;

Сценарію 2 доцільно обрати бойову турель Buria – $E_{tot}^2 = 5.18$;

Сценарію 3 доцільно обрати бойову турель Buria – $E_{tot}^3 = 5.39$.

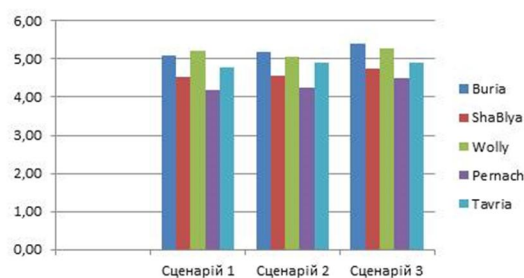


Рис. 8. Розподіл балів обраних зразків БеНК для трьох сценаріїв

В подальшому планується дослідити вплив динаміки бою та змін, які відбуваються з урахуванням КНОБ на оцінювання ефективності застосування БеНК.

Висновки

Проведено аналіз ТТХ та визначення бойових можливостей, потенціалу та проблем найбільш поширених у Збройних Силах України зразків БеНК різних типів, зокрема кодифікованих бойових БеНК згідно з досвідом застосування за функціональністю (призначенням). Визначено, що на ефективність зразків БеНК всіх типів найбільше впливають: функціональність, мобільність, захищеність та автономність.

Обрано методологічний підхід щодо оцінювання ефективності зразків БеНК – мультикритеріальний метод оцінювання за групою показників з ваговими коефіцієнтами. За кількісний (числовий) показник оцінювання ефективності застосування БеНК визначено ключовий показник ефективності застосування, для чого аргументується введення додаткового корегуючого коефіцієнта надійності за один бойовий вихід, який буде враховувати вплив змін за бойових умов.

Наведено структурну схему розробленої методики оцінювання ефективності застосування бойових БпС (НРК) з описом етапів роботи з проведення оцінювання.

Розглянуто приклад для визначення КПЕЗ у різних сценаріях (видах бою), запропоновано змінювати значення вагових коефіцієнтів важливості для окремих групових критеріїв згідно з потребами бойових дій. Проведено розрахунок КПЕЗ для 5 зразків бойових турелей (Buria, ShaBlya, Wolly, Pernach, Tavria) для трьох альтернативних вагових наборів дій (тактичних ситуацій): Аналіз отриманих даних показав, що кращі вагові оцінки у бойових турелях Buria та Wolly (Сценарій 1 – $E_{tot}^1 = 5.21$, Сценарій 2 – $E_{tot}^2 = 5.18$, Сценарій 2 – $E_{tot}^3 = 5.39$).

Список літератури

1. Доктрина «Безпілотні системи» ОП 3.0 (46), затверджено 14.08.2025. Командування Сил безпілотних систем. 34 с. Інв. НАСВ № 2275д (Вх. № 5795д від 18.08.2025).
2. Олег Онопрієнко. Роботи на передовій беруть у полон, трофеяють зброю і рятують життя. Як працюють наземні роботизовані комплекси, які стали невіддільним технологічним елементом війни. 2 вересня 2025. URL: <https://dev.ua/news/UGV-na-peredovii>
3. Антон Печерський. Замінити піхоту: перспективи наземних дронів представили у Сухопутних військах. 11 Липня 2025. *АрміяInform*. URL: <https://armyinform.com.ua/2025/07/11/zaminyty-pihotu-perspektyvy-nazemnyh-droniv-predstavlyu-u-suhoputnyh-vijskah/>
4. THeMIS Dorsel Boyer II, TRADOC Military Analyst. Ukraine's Uncrewed Air and Ground Systems

Teaming Marks a Watershed Moment. June 18 2025. URL: <https://oe.tradoc.army.mil/product/ukraines-uncrewed-air-and-ground-systems-teaming-marks-a-watershed-moment/>

5. В.М. Руснак, С.В. Хоменко, О.О. Лисий Інноваційний підхід щодо науково-технічного супроводу експериментальних досліджень роботизованих комплексів. *Журнал Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (ДНДІ ВС ОВТ)*. 2024. № 2(58). С. 45–53. URL: <https://dndivsovt.com/index.php/journal/article/view/396/367> <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.20.2024.10>

6. Україна активніше застосовує наземні дрони на полі бою, але є проблеми – WSJ. Інформатор. 2024. 17 вересня. URL: <https://informator.ua/uk/ukrajina-aktivnishe-zastosovuye-nazemni-droni-na-poli-boyu-ale-ye-problemi-wsj>

7. Довгополий А., Загірський А. Механіка та керованість безпілотних наземних роботизованих комплексів в умовах складного рельєфу. *Механіка та гідравлічні системи*, 2023. КП. № 46. С. 5–21. DOI: <https://doi.org/10.20535/0203-3771462023302678> URL: <https://mgsys.kpi.ua/article/view/302678>

8. 170 типів безпілотників у ЗСУ – досягнення і проблема. NV.ua. 2024. 10 липня. URL: <https://nv.ua/ukr/amp/170-tipiv-bezpilotnikov-u-zsu-ye-dosyagnenniam-i-problemoyu-novini-ukrajini-50456906.html>

9. Zoran Gacovski. Mobile Robots Current Trends. Rijeka: In Tech. 2011. 414 p.

10. Відомості щодо випробувань, проведених з 25.06-24.10.2024 року. *Наука і випробування у полум'ї війни*. 36. № 8. 2025. Черкаси: ДНДІ ОВТ. с. 99.

11. Звіт з вивчення досвіду застосування наземних роботизованих комплексів Силами оборони України. Сили безпілотних систем, 2025. 60 с.

12. Інформаційний бюлетень з вивчення та впровадження досвіду : СВП 7-00(11). *Управління вивчення та впровадження досвіду Командування Сухопутних військ ЗС України*. Липень 2025. с. 96.

13. The Russia-Ukraine Drone War: Innovation on the Frontlines and Beyond. May 28, 2025. URL: <https://www.csis.org/analysis/russia-ukraine-drone-war-innovation-frontlines-and-beyond>

14. Janusz Kacprzyk. Robot Intelligence Technology and Applications. Warsaw: Springer. 2014. 610 p.

15. Guslyakov O. M., Dovgopoliy A. S., Chepkov I. B. Critical technologies for the creation of ground robotic complexes of heavy and medium classes. Armament and military equipment. 2020. [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.1\(25\).24-34](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.1(25).24-34)

16. A. Rankin, A. Huertas, L. Matthies, M. Bajracharya, Ch. Assad, Sh. Brennan, and P. Bellutta. Unmanned ground vehicle perception using thermal infrared cameras. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2011. № 8045. DOI:10.1117/12.884349

17. S. Minaeian, J. Liu and Son Y. Vision-based target detection and localization via a team of cooperative UAV and UGVs. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.: Syst.* 2016. 46 (7), 1005–1016. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2015.2491878>

18. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. метод анализа иерархических структур [Т. L. Saati,

K.P. Kearns. Analitical Planning the Organization of Systems]. переклад з англ. М. Радіо и сввзь. 1994. 224 с.

19. Казан П.І., Корольова О.В. Визначення кращого мультикоптера для виконання завдань за рівнем технічної досконалості. *Proceeding of XV International Scientific and Practical Conference "INTERNATIONAL SCIENTIFIC INNOVATIONS IN HUMAN LIFE"*. September 1-3, 2022, Manchester, United Kingdom. С. 88-93.

20. Корольова О.В., Казан П.І., Мількович І.Б. Оцінювання рівня технічної досконалості крокуючих безпілотних наземних комплексів типу Robot Dog. *Військово-технічний збірник. НАСВ, Львів. № 31. С. 27-38*. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.31.2024.27-38>

21. Павлов А. А., Лишук Е. И. Принятие решений на основе метода анализа иерархий. *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Системный анализ, управление и информационные технологии*. Харьков : НТУ "ХПИ", 2007 № 41. С. 69-76.

22. Methods of Evaluation and Modelling of Autonomous Ground Vehicles. IEEE Robotics and Automation Society. IEEE Access, 2024. Vol. 12. pp. 14560–14578.

References

1. (2025), "Doktryna «Bezpilotni systemy» OP 3.0 (46), zatverdzheno 14.08.2025" [Doctrine "Unmanned Systems" OP 3.0 (46), approved on 08/14/2025]. Command of the Unmanned Systems Forces. 34 p. [in Ukrainian]

2. Oleh Onoprienko (2025), "Roboty na peredovii berut u polon, trofeiat zbroiu i riatiut zhyttia. Yak pratsiuiut nazemni robotyzovani kompleksi, yaki staly neviddilnym tekhnolohichnym elementom viiny" [Robots on the front line are taking full advantage, honing weapons and saving lives. How ground-based robotic complexes work, which have become an integral technological element of war]. September 2, 2025. URL: <https://dev.ua/news/UGV-na-peredovii> [in Ukrainian]

3. Anton Pecherskyi (2025), "Zaminyty pikhotu: perspektyvy nazemnykh droniv predstavlyu u Sukhoputnykh viiskakh " [Replacing the infantry: the prospects of ground drones presented in the Land Forces]. July 11, 2025. *ArmyInform*. URL: <https://armyinform.com.ua/2025/07/11/zaminyty-pikhotu-perspektyvy-nazemnykh-droniv-predstavlyu-u-sukhoputnykh-viiskakh/> [in Ukrainian]

4. TheMIS Dorsel Boyer II, TRADOC Military Analyst. Ukraine's Uncrewed Air and Ground Systems Teaming Marks a Watershed Moment. June 18 2025. URL: <https://oe.tradoc.army.mil/product/ukraines-uncrewed-air-and-ground-systems-teaming-marks-a-watershed-moment/>

5. Rusnak V.M., Khomenko Ye.V. and Lysyi O.O. (2024), "Innovatsiyni pidkhid shchodo naukovotekhnichnoho suprovodu eksperymentalnykh doslidzhen robotyzovanykh kompleksiv" [Innovative approach to scientific and technical support of experimental research of robotic complexes]. *Journal of the State Research Institute for Testing and Certification of Armaments and Military Equipment (SRITCAME)*. 2024. No. 2(58). Pages 45–53. URL: <https://dndivsovt.com/index.php/journal/article/view/396/367> <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.20.2024.10> [in Ukrainian]

6. (2024), "Ukraina aktyvnishe zastosovuye nazemni drony na poli boiu, ale ye problemy – WSJ" [Ukraine is more actively using ground drones on the battlefield, but there are

problems – WSJ]. *Informer*. 2024. September 17. URL: <https://informer.ua/uk/ukrajina-aktivnishe-zastosovuye-nazemni-droni-na-poli-boyu-ale-ye-problemi-wsj> [in Ukrainian]

7. Dovhopolyi A. and Zahirskyi A. (2023), "Mekhanika ta kerovanist bezpilotnykh nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv v umovakh skladnoho reliefu" [Mechanics and controllability of unmanned ground robotic complexes in difficult terrain]. *Mechanics and hydraulic systems*, 2023. KPI. No. 46. Pages. 5–21. DOI: <https://doi.org/10.20535/0203-3771462023302678> URL: <https://mgsys.kpi.ua/article/view/302678> [in Ukrainian]

8. (2024), "170 tipiv bezpilotnykiv u ZSU – dosiahnennia i problema" [170 types of drones in the Armed Forces of Ukraine – achievements and problems]. NV.ua. 2024. July 10. URL: <https://nv.ua/ukr/amp/170-tipiv-bezpilotnykiv-u-zsu-ye-dosyagnenniam-i-problemoyu-novini-ukrajini-50456906.html> [in Ukrainian]

9. Zoran Gacovski. Mobile Robots Current Trends. Rijeka: In Tech. 2011. 414 p.

10. (2025), "Vidomosti shchodo vyprobuvan provedenykh z 25.06-24.10.2024 roku" [Information on tests conducted from 25.06-24.10.2024]. *Science and tests in the flames of war*, Collection. No. 8. 2025. Cherkasy: State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification. 99 pages. [in Ukrainian]

11. (1994), "Zvit z vyvchennia dosvidu zastosuvannia nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv Sylamy oborony Ukrainy" [Report on the study of the experience of using ground robotic complexes by the Defense Forces of Ukraine]. Forces of Unmanned Systems, 2025. 60 pages. [in Ukrainian]

12. (2025), "Informatsiyni biuleten z vyvchennia ta vprovadzhennia dosvidu : SVP 7-00(11)" [Information Bulletin on the Study and Implementation of Experience: MSP 7-00(11)]. Department of the Study and Implementation of Experience of the Land Forces Command of the Armed Forces of Ukraine. July 2025. 96 pages. [in Ukrainian]

13. The Russia-Ukraine Drone War: Innovation on the Frontlines and Beyond. May 28, 2025. URL: <https://www.csis.org/analysis/russia-ukraine-drone-war-innovation-frontlines-and-beyond>

14. Janusz Kacprzyk. Robot Intelligence Technology and Applications. Warsaw: Springer. 2014. 610 p.

15. Guslyakov O. M., Dovgopoliy A. S., Chepkov I. B. Critical technologies for the creation of ground robotic complexes of heavy and medium classes. Armament and military equipment. 2020. [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.1\(25\).24-34](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2020.1(25).24-34)

16. A. Rankin, A. Huertas, L. Matthies, M. Bajracharya, Ch. Assad, Sh. Brennan, and P. Bellutta. Unmanned ground vehicle perception using thermal infrared cameras. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2011. № 8045. DOI:10.1117/12.884349

17. S. Minaeian, J. Liu and Son Y. Vision-based target detection and localization via a team of cooperative UAV and UGVs. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.: Syst.* 2016. 46(7), 1005–1016. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2015.2491878>

18. Saati T. and Kearns K. (1994), "Analytycheskoe planirovaniye. metod analiza yerarkhicheskikh struktur"

[Analytical planning. method of analyzing hierarchical structures]. Translation from English. M. Radio and television. 1994. 224 pages. [in Russian]

19. Kazan P.I. and Koroleva O.V. (2022), "Vyznachen-nya krashchoho mul'tykoopera dlya vykonannya zavdan' za rivnem tekhnichnoyi doskonalosti" [Determining the best multicopter for performing tasks by the level of technical perfection]. *Proceeding of XV International Scientific and Practical Conference "INTERNATIONAL SCIENTIFIC INNOVATIONS IN HUMAN LIFE"*. September 1-3, 2022, Manchester, United Kingdom. pp. 88-93. [in Ukrainian]

20. Koroleva O.V., Kazan P.I. and Milkovich I.B. (2024), "Otsinyuvannya rivnya tekhnichnoyi doskonalosti krokuyuchykh bezpilotnykh nazemnykh kompleksiv typu Robot Dog" [Asses-

sing the level of technical perfection of walking unmanned ground complexes of the Robot Dog type]. *Military-technical collection*. NAA, Lviv. No 31. pp. 27-38. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.31.2024.27-38> [in Ukrainian]

21. Pavlov A.A. and Lyshchuk E.Y. (2007), "Pryniatye resheniya na osnove metoda analiza yerarkhiyi" [Making decisions based on the method of hierarchical analysis] Bulletin of the National technical "KhPI" University: *Collection of Scientific works Thematic Issue: System analysis, management and information technologies*. Kharkiv: NTU "KhPI", 2007 No. 41. Pp. 69-76. [in Ukrainian]

22. *Methods of Evaluation and Modelling of Autonomous Ground Vehicles*. IEEE Robotics and Automation Society. IEEE Access, 2024. Vol. 12. pp. 14560–14578.

A VARIANT FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF UNMANNED GROUND VEHICLE UNIT APPLICATION

O. Korolova, P. Kazan, V. Khakhula, H. Lunkova, I. Milkovych

Unmanned systems, and specifically Unmanned Ground Vehicles, have become a crucial element in conducting combat operations during Ukraine's war for independence against the russian aggressor. A fairly wide range of tasks is assigned to them, based on their purpose: reconnaissance, strike (fire support), logistics, evacuation, and others.

The article provides an analysis of the most common multifunctional Unmanned Ground Vehicle models of various types, including those officially codified, currently in use by the Armed Forces of Ukraine. The potential and limitations of Unmanned Ground Vehicles are outlined based on an analysis of their tactical and technical characteristics and combat capabilities drawn from operational experience.

The key performance indicator for evaluating the effectiveness of a Unmanned Ground Vehicle unit's application is defined and substantiated. This indicator incorporates group metrics: functionality / combat capabilities, maneuverability, protection (survivability), and autonomy. The interpretation of the chosen components is also commented upon.

A developed methodology for evaluating the effectiveness of Unmanned Ground Vehicle unit application is presented. This methodology is based on a multi-criteria evaluation method using a group of indicators with weighting coefficients, and the main criterion is defined as a quantitative (numerical) performance indicator. The stages for evaluating the effectiveness of combat Unmanned Ground Vehicle application using the developed methodology are provided.

An evaluation of the effectiveness of a combat Unmanned Ground Vehicle in performing its assigned tasks is conducted, and an illustrative example is provided for clarity.

Keywords: *unmanned ground complex, monitoring, reconnaissance, detection, means of situational awareness, Evaluating the Effectiveness, Unit Application.*