

УДК 355.422.16

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.33.2025.185-193>

Ю.О. Фтемов

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

АНТИДРОНОВИЙ ЗАХИСТ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДТРИМКИ МОБІЛЬНОСТІ ВІЙСЬК (СИЛ) В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

У статті проаналізовано сучасні підходи до ведення збройної боротьби, в умовах якої застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) стає важливим інструментом для обмеження мобільності військ (сил) і створення перешикоду для їхнього просування на полі бою. Особливу увагу приділено антидроновим захисним конструкціям тунельного типу, які забезпечують горизонтальний і вертикальний захист об'єктів від ударних дронів. Застосування дронів-камікадзе з автономним або оптоволоконним керуванням розглядається як новий виклик для підрозділів, що відповідають за безпеку на передовій і в тилу. У роботі враховано досвід бойових дій, зокрема в умовах російсько-Української війни, де тактика противника вирізняється асиметричністю та раптовістю. Ворожі дії спрямовані не лише на ураження ключових напрямів, а й на блокування маршрутів постачання, що значно ускладнює функціонування логістичних ланцюгів. Для підвищення мобільності підрозділів і захисту від БпЛА запропоновано комплекс організаційно-підготовчих заходів. Серед них: інтеграція тунельних антидронових систем для прикриття ключових маршрутів, поетапне планування будівництва наземних захисних споруд, а також шляхи оптимізації їхнього використання в умовах бойових дій.

Ключові слова: антидроновий захист, маскування, мобільність, шляхи руху військ (сил).

Постановка проблеми

Інтеграція безпілотних технологій за останні роки кардинально змінила характер ведення бойових дій. Сьогодні безпілотні системи, особливо у контексті війни в Україні, відіграють вирішальну роль у досягненні оперативних цілей – від контролю над територіями до знищення ворожих підрозділів і техніки [1].

За відкритими даними представників силових структур України, до 85% втрат живої сили та озброєння противника припадає саме на бойові БпЛА [2]. Джерела російської федерації фактично підтверджують ці цифри, повідомляючи, що понад 70% поранень були спричинені скиданням боєприпасів або влучанням дронів [3]. Це підкреслює не лише високу ефективність таких систем, а й їхній вплив на тактику наступу й оборони.

Безпілотні роботизовані комплекси фактично змінили уявлення навіть й про традиційну оборону. Замість суцільних ліній рубежів дедалі частіше використовуються мобільні опорні пункти та позиції, які забезпечують гнучкість і маневреність, знижуючи вразливість до атак [4].

Фортифікація, як наука, набула нового значення та потребує негайного перегляду положень

чинних керівних документів (статутів, настанов тощо) з урахуванням набутого бойового досвіду. Її ефективність дедалі більше асоціюється з поверненням до так званої "підземної війни". Відкриті фортифікаційні споруди більше не забезпечують необхідного рівня безпеки – натомість актуальними стають глибокі підземні ходи (до 2,5 м), бетонвані укриття з багаторівневим (2-3) захистом, приховані ходи ("нори"), інженерні антидронові засоби (заслони), димові завіси та інші комплексні заходи [4]. Типові бліндажі без додаткового захисту та маскування легко виявляються та знищуються навіть FPV-дронами.

Завдяки мобільності й здатності проникати в глибокий тил, БпЛА значно ускладнюють організацію та безпеку постачання на всіх етапах логістичного ланцюга (рис. 1). На відстанях до 5 км від лінії бойового зіткнення ефективно уражується техніка й особовий склад, а загальна ефективність логістики може знижуватись до 60–70%. Зона 5–15 км використовується для дестабілізації постачання та створення умов тривалого блокування, що може призводити до значних втрат – ефективність доставки у цій зоні знижується на 40–50%. У діапазоні 15–40 км дрони здатні перерізати ключові шляхи постачання, виявляти та уражати об'єкти у глибині [5, 6].

Article history: Income 20 May 2025; Revised 02 June 2025; Accepted 03 June 2025; Print 05 December 2025

Фтемов Ю.О. ORCID ID: 0000-0003-1709-5395

* Corresponding author fetmoy.yuriy@gmail.com

© Фтемов Ю.О.

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

Ліцензія відкритого доступу / Open print license

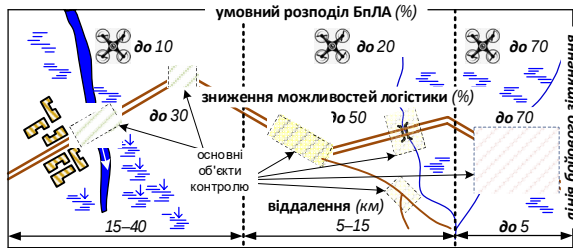


Рис. 1. Вплив БпЛА на ефективність логістики залежно від відстані до лінії бойового зіткнення

Доцільно зауважити, що вплив безпілотних авіаційних систем на процес медичної евакуації поранених має суттєві оперативні та медико-тактичні наслідки. Незахищеність маршрутів і відсутність можливості оперативного прикриття призводять до того, що в окремих випадках час доставки пораненого до етапу надання кваліфікованої медичної допомоги може сягати понад десяти годин. Подібне уповільнення евакуаційних заходів спричиняє зростання летальності серед особового складу.

Застосування БпЛА з оптоволоконним управлінням, яке стало поширеним останнім часом, забезпечує високоточне керування та дозволяє проводити атаки на значні відстані – до 40 км і більше. Такі системи практично не піддаються впливу засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) [7].

Однією з найефективніших форм пасивного захисту від БпЛА типу "камікадзе" є фізичні бар'єри, що забезпечують механічне перехоплення та нейтралізацію дронів до моменту досягнення ними цілі. Важливою перевагою фізичного захисту є його універсальність: він здатен протистояти БпЛА різного типу, включно з високоточними моделями, що використовують оптоволоконні канали зв'язку, які залишаються маловразливими до засобів РЕБ.

Слід зазначити, що протидія включає широкий спектр заходів: маскувальні, переміщення вночі або під природними укриттями (зокрема в лісових масивах), використання техніки, оснащеної засобами протидії дронам [5]. Піхота дедалі частіше переміщується на бронетехніці зі спеціальними захисними укриттями. Обидві сторони також застосовують так звані "тунелі" з сіток (маскувальних, рибальських тощо), якими перекривають дороги – цей метод уперше був застосований російськими військами поблизу міста Бахмут, а згодом його адаптували Сили оборони України на ключових напрямках [8-11]. Втім, такі заходи не гарантують повного захисту і не є універсальним вирішенням проблеми.

Отже, комплексний вплив безпілотних систем на мобільність військ (сил), з урахуванням їхньої здатності ефективно діяти на різних оперативних і тактичних відстанях, обумовлює не лише зміну підходів до ведення бойових дій, а й формування нової концепції сучасної війни. Цей процес висуває на

перший план важливу проблему – пошук нових, більш прогресивних способів інженерної підтримки щодо безпечного пересування підрозділів мережею шляхів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз джерел [5-11], у яких започатковано вирішення даного питання, свідчить про часткове його розкриття, що в свою чергу спонукає до подальшої розробки відповідних рекомендацій. Існуючий науково-методичний апарат ґрунтується на принципах, розроблених авторами [12-17], і безумовно враховує окремі підходи та способи виконання заходів в загальній системі інженерної підтримки мобільності військ (сил).

Однак отримані результати можуть бути адаптовані до сучасних умов військового протистояння лише частково. Крім того, необхідно врахувати використання антидронових систем тунельного типу на шляхах руху військ (сил), що є важливим елементом у контексті підвищення ефективності захисту та зниження загроз від ворожих БпЛА.

Формулювання мети статті (постановка завдання)

Метою статті є обґрунтування пропозицій щодо вдосконалення організаційно-підготовчих заходів інженерної підтримки мобільності військ (сил) в умовах загрози з боку БпЛА шляхом розробки та впровадження фізичного антидронного захисту тунельного типу.

На основі аналізу сучасних загроз та існуючих способів обмеження пересування підрозділів, у статті визначено ключові напрями розвитку інженерних споруд захисного характеру, здатних забезпечити ефективне екранування об'єктів від ударних дронів, зокрема таких, що функціонують на основі автономного або оптоволоконного керування.

Основне завдання дослідження полягає у визначенні науково обґрунтованих підходів до проектування та вдосконалення конструкцій тунельного типу з метою підвищення їхньої ефективності, мобільності, швидкості розгортання та адаптивності до умов сучасного бою.

Виклад основного матеріалу

Досліджуючи тактику ведення "дронної війни", противник постійно її вдосконалює та активно застосовує безпілотні системи у форматі засідок на маршрутах пересування підрозділів. Якщо раніше біля дороги зазвичай перебував один дрон, який очікував проходження техніки Сил оборони України для нанесення удару, то нині тактика ускладнилася – на окремих ділянках одночасно можуть діяти до п'яти і більше БпЛА, розміщених у різних точках уздовж маршруту. Це дає змогу створити багатопозиційну

пастку (рис. 2), в якій кожен дрон контролює свій сектор або прикриває інші апарати.

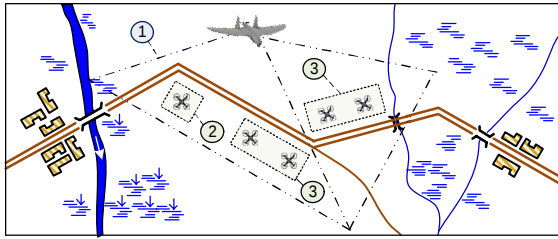


Рис. 2. Дронова засідка (варіант):

- 1 – зона спостереження (цілевказання);
2 – сектор прикриття; 3 – сектор очікування (атаки)

Паралельно в повітрі можуть перебувати кілька БПЛА-розвідників, які виконують функції спостереження та цілевказання. Вони зависають на висоті та передають дані операторам, які координують дії ударних БПЛА, застосовуючи різноманітні способи ураження, зокрема: "Класика", "Полювання", "FPV-рій", "FPV-дрон в засідці", "Комбінований удар" та ін. [3]. У деяких випадках ці дрони здатні супроводжувати ціль на великій відстані, очікуючи зручного моменту для атаки – наприклад, коли техніка сповільнюється або зупиняється.

Також фіксуються випадки використання дронів із зарядом живлення, що добігає кінця: якщо такі апарати не виявляють конкретної військової цілі, оператори навмисно скеровують їх у бік найближчої будівлі або укриття – незалежно від того, перебувають там військові чи цивільні. Це здійснюється з метою максимального психологічного впливу та фізичного ураження в глибині тилу.

Таким чином, дрони використовуються комплексно: частина з них виконує функцію довготривалого очікування на маршрутах, частина зависає в повітрі для виявлення та супроводу, а решта застосовується як ударна сила або засіб тиску, навіть інколи без визначеної цілі.

Як уже зазначалося, у зв'язку з появою новітніх засобів розвідки та наведення засобів ураження на ціль, роль маскування в сучасному бою різко зростає. У загальному розумінні маскування має подвійне й принципово протилежне призначення: з одного боку – приховування демаскувальних ознак реальних об'єктів, з іншого – імітацію діяльності військ (сил) шляхом створення хибних об'єктів [18]. Водночас сучасні умови висувають і додаткову вимогу – виконання захисної функції.

Уміле використання природних умов дозволяє ефективно приховувати війська, об'єкти та виконання військово-інженерних робіт із мінімальними витратами часу, зусиль і засобів. Проте на місцевості, позбавленій природних маскувальних властивостей, широко застосовують штучні маскувальні засоби. По суті, це екрани, які встановлюються між

противником і об'єктом, що приховується – особливо у випадках, коли об'єкт розташовано на відкритій місцевості або природна маска має недостатні маскувальні властивості. Найчастіше для укриття техніки та об'єктів застосовують маски-перекриття, а також вертикальні, горизонтальні та деформувальні маски.

За призначенням, конструкцією та зовнішнім виглядом розрізняють наступні типи: маски-перекриття, горизонтальні маски, маски-нависи, вертикальні маски та нахилені маски, деформувальні маски та маски-макети [18].

Оскільки розглянуте питання здебільшого стосується інженерної підтримки мобільності військ (сил), зокрема їх пересування дорогами та колонними шляхами, для захисту від наземної розвідки й перспективного повітряного спостереження часто використовують вертикальні маски. Вони поділяються на траншейні, дорожні та маски-паркани.

Основне призначення дорожніх масок – приховати рух підрозділів мережею шляхів. Залежно від місця встановлення, дорожні маски поділяються на придорожні та наддорожні.

Придорожні вертикальні маски встановлюються вздовж рокадних доріг. Вони можуть мати каркас або бути безкаркасними. Каркас зазвичай складається зі стійок, які забиваються або закопуються в ґрунт з інтервалом 3–6 м, прогонів або тяжів, що закріплюються на стійках з кроком 0,5–1,5 м по висоті, а також відтяжок. На твердих (кам'янистих або мерзлих) ґрунтах каркаси можуть встановлюватися на козлових опорах із прогонами. До каркаса кріпиться полотно маски, яке виготовляється з місцевих матеріалів (хмизу, жердин тощо), а також з елементів табельних маскувальних покриттів або сіток, заповнених місцевими матеріалами. Один табельний маскувальний комплект дозволяє облаштувати 72 м вертикальної маски висотою 3 м.

Наддорожні вертикальні маски встановлюються на фронтальних дорогах. Нижній край полотна підвішується на висоті, що забезпечує вільний проїзд усіх видів техніки та транспорту. Полотна таких масок також виготовляються з місцевих матеріалів або елементів табельних маскувальних комплектів.

Кожна маска складається з каркаса, виготовленого, як правило, із жердин і дроту (або тросів), та покриття шириною від 1,5 до 3,0 м, яке створюється з табельних маскувальних засобів або підручних матеріалів. Залежно від умов місцевості, на кожний кілометр дороги встановлюється від 8 до 12 масок.

Слід зазначити, що для приховування пересування підрозділів від наземної розвідки противника, застосовують комбіновані маски (рис. 3), які складаються з вертикальних масок (придорожніх або наддорожніх) і кутикових відбивачів ОМУ, які підвішуються на стійках через 8...12 м [18].

Таблиця 1

Потреба в матеріалах та інструменту для облаштування захисного антидронових тунелю (екрана)

Найменування	Потреба
Матеріали:	
Ліс круглий (довжина 6 м, Ø 20–24 см, може розпилюватися на 4 частини)	14 м³ (~170 стовпів)
Дріт в'язальний	800 кг
Цвяхи 100 мм	40 кг
Поліпропіленовий шпагат	8 км
Сітка пластикова (рулон 1,7×500 м, вічко 13×18 см)	28 рулонів
Інструмент:	
Мотобур, відбійний молоток, бензопила	по 1 од.
Лом, сокира, лопата, кирка-мотига	по 2 шт.
Рушниця (антидронів)	3 од.

Орієнтовна вартість матеріалів, наведених у табл. 1, складає 180 тис. грн.

Залежно від типу ґрунту, температурних умов та інтенсивності вогневого впливу противника, група з 15 військовослужбовців може збудувати від 40 до 60 м захисного тунелю протягом доби за умови використання відповідного обладнання та інструментів, наведених у табл. 1.

Будівництво захисних антидронових тунелів (екрана) можна умовно поділити на кілька основних етапів, кожен з яких потребує відповідного оснащення, матеріалів та інженерних рішень залежно від умов місцевості, рівня загрози та наявного ресурсу [10]. Загальний вигляд антидронових тунелів (екранів) показано на рис. 4.

На першому етапі проводиться аналіз місцевості: визначаються основні логістичні шляхи, оцінюється їхня віддаленість від лінії бойового зіткнення та інтенсивність застосування противником FPV-дронів проти техніки, що переміщується цими маршрутами та ін.

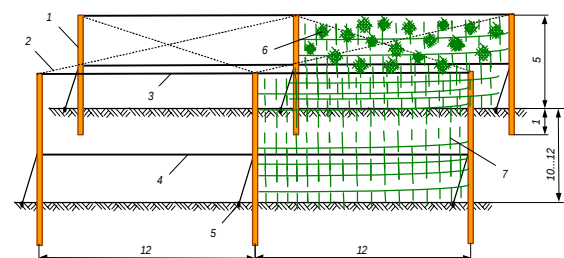


Рис. 4. Типова схема влаштування антидронових тунелю (екрана) (варіант):

- 1 – стовп; 2 – поліпропіленовий шпагат;
3 – верхній боковий дріт; 4 – нижній боковий дріт;
5 – бокова відтяжка; 6 – горизонтальна маска (маскувальне покриття, сітка тканинна);
7 – вертикальна маска (сітка пластикова)

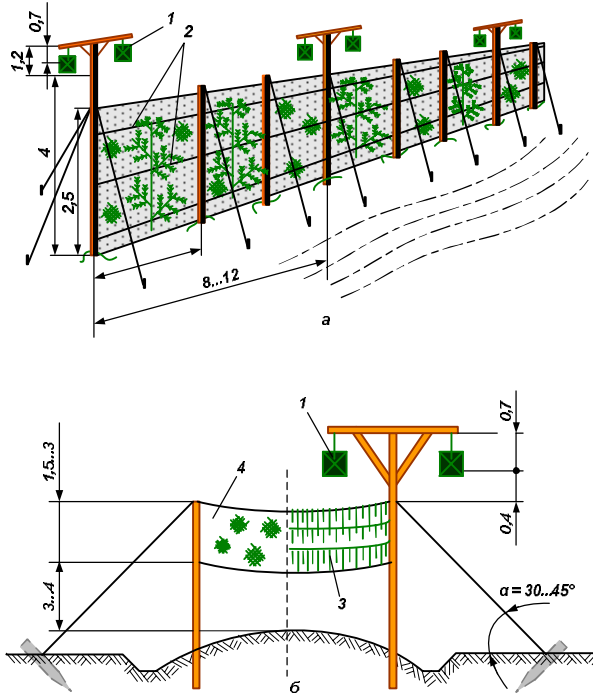


Рис. 3. Комбіновані маски (варіант):

а – придорожня; б – наддорожня.

- 1 – кутиковий відбивач ОМУ; 2 – розтяжки;
3 – полотно (солома, очерет, хмиз);
4 – маскувальне покриття (сітка з заплетенням гілок або інших місцевих матеріалів)

Водночас варто підкреслити, що наявні маски не в повній мірі виконують свої функції. Окрім основного маскувального призначення, сучасні умови вимагають від них також виконання захисної ролі – передусім у прикритті техніки на військових автомобільних дорогах від ураження дронами [9]. Наявні конструкції часто не здатні забезпечити належний рівень протидії сучасним безпілотним загрозам, що вимагає подальшого вдосконалення підходів до їхнього виготовлення та застосування.

З огляду на це, захист техніки від вогневого ураження та виявлення противником набуває вирішального значення під час її пересування в умовах сучасного високоманеврового бою. Одним із способів забезпечення безпеки техніки під час руху та збереження бойових машин є так звані антидронові укриття тунельного типу.

Захисні антидронові тунелі (екрани) призначені для обладнання на логістичних шляхах з метою створення перешкод для БПЛА противника, що дозволяє зменшити ймовірність ураження техніки та особового складу під час пересування.

Для облаштування захисного антидронових тунелю (екрану) протяжністю 1 км мінімальна орієнтовна потреба в матеріалах подана в табл. 1 [10].

Після ідентифікації логістичних шляхів, які підлягають обладнанню засобами антидронових захисту, організовується їх інженерна розвідка. У ході якої визначаються:

наявність інженерних загороджень на запланованій ділянці робіт;

протяжність відкритих ділянок, що потребують обладнання;

стан дорожнього покриття та узбіч, їхню ширину, матеріал дорожнього одягу та тип ґрунтів уздовж дороги та ін.

Після проведення інженерної розвідки здійснюється розрахунок необхідних матеріальних засобів та інструментів, подається запит. З урахуванням протяжності ділянок, що підлягають обладнанню, та строків виконання робіт проводиться розподіл особового складу на робочі групи, а дороги ділять на окремі робочі ділянки.

Завдання на обладнання захисних антидронових тунелів доводяться до загальновійськових підрозділів через розпорядження з підтримки, а до підрозділів інженерної підтримки – через бойові розпорядження.

Облаштування захисної конструкції (рис. 4) відбувається на другому етапі, особливості якого наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Основні кроки будівництва захисного антидронного тунелю (екрана)

Назва кроку	Короткий опис
Підготовка місцевості	Проводиться розмітка місць встановлення стовпів
Встановлення каркаса	Прив'язуються бокові розтяжки, стовпи закріплюються в'язальним дротом, після монтажу натягується дріт по верхній частині конструкції
Обшивання сіткою	Сітка натягується поперек осі тунелю, фіксується мотузкою з вантажем, яка перекидається через тунель. Сітка розгортається і закріплюється до нижнього бокового дроту. Нижня частина сітки повинна вільно провисати до землі для евакуації
Фіксація сітки (маски)	Під сіткою (маскою) натягуються мотузки навхрест для уникнення провисання
Захист в'їздів та виїздів	Встановлюються вертикальні "жалюзі" з мотузок на повну висоту тунелю, верхній край додатково фіксується до сітки, мотузки прив'язуються до кожного вічка для запобігання обриву всієї системи

Окрім зазначених заходів, альтернативним рішенням для створення горизонтального та вертикального перекриття є застосування різноманітних сітчастих конструкцій, зокрема рибальських сіток. У разі спроби дрона-камікадзе подолати таку перешкоду, він заплу-

тується в сітці, втрачаючи можливість прицільного ураження об'єкта. Крім того, заплутування призводить до порушення просторової орієнтації апарата, що унеможливорює активацію його детонаційного механізму, оскільки для багатьох моделей дронів вибух ініціюється безпосереднім ударом або контактом із цілью [9-11].

Цей підхід базується на фізичному принципі механічного перехоплення та значною мірою ігнорує технічні характеристики FPV-дрона, включаючи тип його керування, що робить його актуальним навіть у випадках використання безпілотників з автономною навігацією або на шифрованому/ оптоволоконному каналі зв'язку.

Слід зазначити, оскільки противник може атакувати тільки на в'їздах/виїздах, рекомендується початок і кінець тунелю розмішувати в природних укриттях, зокрема лісистій місцевості.

На етапі оформлення документації, а саме паспорта споруди та постановки її на облік, комісія підрозділу складає акт виконаних робіт, в якому зазначаються підстави, місце, період виконання робіт та використані матеріали. На підставі цього створюється акт якісного стану, що містить інформацію про матеріали та характеристики споруди. Потім на основі зазначених документів складається паспорт наземної захисної споруди тунельного типу, який подається на реєстрацію встановленим порядком.

Для утримання тунелю (екрана) виділяється група до 5 військовослужбовців з автомобілем, необхідним інструментом та матеріальними засобами для ремонту. Щоденно проводиться огляд тунелю (екрана) методом патрулювання. У разі критичних пошкоджень від вогневого впливу противника, робоча група доповідає за підпорядкуванням, а інформація про пошкодження вноситься у журнал бойових дій. В залежності від характеру ушкоджень, частина конструкції може бути списана або знята з експлуатації [10].

Порівняно з наведеними вище конструктивними рішеннями, у роботі [11] запропоновано рекомендації щодо інженерного облаштування антидронних тунельних транспортних коридорів, зведення яких здійснюється за каркасно-розтяжним принципом. Залежно від віддаленості від лінії бойового зіткнення (ЛБЗ), протяжності маршруту та характеру завдань, що виконуються, передбачено поділ зазначених споруд на два основні типи (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльна характеристика антидронних коридорів

Характеристики	Тип № 1	Тип № 2
Віддалення від ЛБЗ (км)	до 20	понад 20
Залучення засобів механізації	–	+
Кількість залученого особового складу (чол.)	20 (5 розрахунків, 1 з них для прикриття)	

Продовження табл. 3

Характеристики	Тип № 1	Тип № 2
Габарити тунелю:		
ширина, висота центральної частини (м)	10×5	10×6
ширина похилих зон з обох сторін (м)	3,5	4,6
допустима висота техніки (м)	4,8	до 5,5
висота основних опорних стійок (м)	5	6
Сітка (нейлон, армований полімер та ін.) (мм)	вічко 150×150 (150×170)	

Особливістю зазначених транспортних коридорів, порівняно з антидроновим тунелем, зображеним на рис. 4, є наявність оптимального кута нахилу бокових поверхонь конструкції, що становить орієнтовно 30 – 45°. Такий кут сприяє зниженню ризику ураження техніки та особового складу дронами противника або їх уражаючими елементами, а також впливає на зміну траєкторії кумулятивного струменя відносно потенційних цілей.

У місцях в'їзду та виїзду техніки до/з тунелю (коридору) передбачено встановлення "антидронових штор", конструкція яких складається з двох основних елементів: верхнього – смужки з сітки шириною 30 см з великим вічком (150×150 мм, поліестер або інші подібні матеріали), та основного – підвісів із поліамідного шнура діаметром 8 мм. Підвіси кріпляться до верхнього елемента вузловим способом з кроком не більше 15 см та відступом від поверхні ґрунту не більше 10 см [11].

Для забезпечення надійного монтажу вертикальних опор (стійок) антидронових коридорів другого типу використовуються опорні елементи: швелер № 12 довжиною до 2 м та профільна труба 80×80×3 мм довжиною 1,5 м. Зазначені елементи забиваються у ґрунт за допомогою палейних засобів, що забезпечує їхню необхідну стійкість і фіксацію.

Таким чином, запропоновані функціональні модифікації дозволяють адаптувати технічні рішення залежно від віддаленості до ЛБЗ, протяжності мережі шляхів, наявних засобів механізації тощо.

З огляду на зростаючу загрозу застосування сучасних дронів-камікадзе, особливої уваги набуває вдосконалення фізичних засобів захисту, зокрема тунельного типу – інженерної системи перекриттів, яка забезпечує багатопланове горизонтальне й вертикальне екранування об'єктів (рис. 5).

На рис. 5 представлено конструкцію тунельного типу захисту, де відстань між першим і другим шарами перекриттів становить орієнтовно 1–1,5 метра. Такий проміжок дозволяє ефективно розсіювати енергію вибуху дронів-камікадзе, знижуючи ймовірність пробиття захисту. Багатопланова

структура значно перевершує одношаровий захист за ефективністю, оскільки дає змогу перехопити або зруйнувати боеприпас ще до досягнення основного об'єкта, створюючи додатковий бар'єр, який ускладнює пряме влучання.

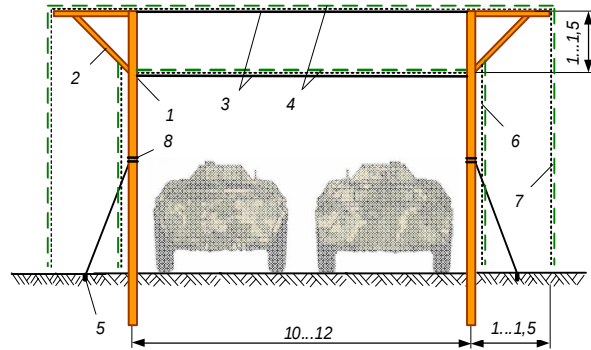


Рис. 5. Схема облаштування двошарового антидронових тунелю (екрана) (варіант):

- 1 – стовп; 2 – "Г-подібна" стійка;
3 – нижній та верхній поліпропіленовий шпатат (дріт);
4 – внутрішня та зовнішня горизонтальна маска (маскувальне покриття, сітка тканинна);
5 – бічна відтяжка; 6 – внутрішня вертикальна маска (сітка пластикова); 7 – зовнішня вертикальна маска (маскувальне покриття, сітка тканинна);
8 – нижній бічний дріт

Ці два шари захисту можуть бути виконані у різних конструктивних варіантах з урахуванням особливостей місцевості, доступних матеріалів та характеру загроз. Зокрема, верхній шар може мати вигляд натягнутої нахрест сітки з мотузок або сталевих дротів невеликого діаметра [9]. Вона не створює великого навантаження на каркас, однак ефективно виконує роль першого бар'єра: при зіткненні з нею дрон може втратити орієнтацію, уповільнитися або передчасно ініціювати бойову частину. Подібна конструкція є простою у монтажі, відносно дешевою та легко відновлюваною, що робить її доцільним елементом багаторазового захисту.

У цьому контексті визначено низку ключових напрямів удосконалення, що наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Основні напрями удосконалення антидронових захисту тунельного типу

Напрямок удосконалення	Обґрунтування
Нарощування площини покриття	Збільшення площі перекриття запобігає атакам з різних траєкторій. Модульність дозволяє адаптувати захист під об'єкт

Продовження табл. 4

Напрямок удосконалення	Обґрунтування
Удосконалення технології установки сіток	Використання легких, міцних матеріалів і попередньо зібраних модулів забезпечує швидке розгортання
Інтеграція елементів, що дозволяють виявляти	Сенсори натягу або вібрації в сітці дозволяють оперативно виявляти контакт із дронами та підвищують ситуаційну обізнаність
Використання багатошарових бар'єрів	Комбінування сіток з різною щільністю та висотою забезпечує поетапне уповільнення та знешкодження БпЛА
Мобільні конструкції на автотранспортній базі	Переносні інженерні системи тунельного типу дозволяють захищати як постійні, так і тимчасові об'єкти
Маскування та оптична дезорієнтація	Застосування тканин, що знижують теплову/радарну видимість, ускладнює наведення дронів на захищений об'єкт

Вони охоплюють як конструктивні, так і функціональні аспекти системи, зокрема нарощування площини покриття, прискорення монтажу, багатошаровість, мобільність та інтеграцію додаткових технологій для виявлення та маскування.

Важливим етапом у процесі зведення антидронного тунелю (коридору, екрану) є організація охорони району будівництва, яка умовно поділяється на два типи: пасивну та активну.

До засобів пасивного захисту належать: системи раннього виявлення БпЛА, пости візуального спостереження, технічні засоби виявлення дронів, використання наземних роботизованих комплексів для підвезення матеріально-технічних засобів, а також застосування суцільних захисних коконів для техніки, таких як СКПЗ "РАПАН-5", "RingGuard" тощо.

Активний захист передбачає застосування стрілецької зброї, зокрема помпових рушниць для ураження малогабаритних цілей типу FPV-дронів на відстані до 50 м, а також використання БпЛА з підвісними ріжучими системами, призначеними для переривання оптоволоконних ліній зв'язку та виконання інших спеціалізованих завдань [7, 10, 11].

Особливу увагу доцільно приділити інтеграції засобів РЕБ, які забезпечують нейтралізацію каналів управління БпЛА, створюючи додатковий рівень захисту. Включення систем РЕБ до складу комплексу протидії дронам суттєво підвищує його ефективність і знижує ймовірність успішної атаки з боку противника.

У районах, де розгортання стаціонарних засобів прикриття (зокрема антидронних тунелів або екранів) є технічно складним або неможливим, доцільне є використання мобільних протидронних команд (МПК). Такі підрозділи здатні забезпечувати оперативне прикриття відкритих ділянок маршрутів, що особливо актуально в умовах інтенсивного застосування БпЛА противником.

До складу МПК може входити спеціалізована техніка, зокрема високомобільні легкоброньовані транспортні засоби (типу багі), обладнані засобами РЕБ для протидії FPV-дронам. Основними засобами ураження повітряних цілей виступають багатоцільові дрони-перехоплювачі, здатні діяти в автоматизованому режимі, а також БпЛА, оснащені сітко-метами для селективного та "м'якого" перехоплення ворожих апаратів.

Стандартний склад МПК зазвичай повинен включати оператора РЕБ-систем, пілота дрона-перехоплювача, водія-механіка (командира екіпажу), що забезпечує координацію дій. Така організаційно-технічна структура дозволить здійснювати ефективне реагування на повітряні загрози в реальному часі та суттєво підвищувати рівень захисту сил і засобів на маршрутах пересування.

Отже, комплексне удосконалення систем фізичного антидронного захисту є ключовою умовою підвищення живучості військ і критично важливих об'єктів в умовах сучасного високотехнологічного бою. Фізичні бар'єри при цьому розглядаються як універсальний, надійний та відносно економічний компонент системи протиповітряної оборони ближньої дії.

Висновки

Для забезпечення ефективного захисту від FPV-дронів противника доцільно облаштовувати захисні екрани на загрозованих напрямках, з урахуванням оперативної обстановки, рельєфу місцевості та маршрутів пересування військ. Важливим елементом є створення підрозділів, відповідальних за технічне утримання й відновлення захисних конструкцій тунельного типу, а також розгортання вогневих груп протиповітряної оборони на в'їздах, виїздах та з'їздах, що сприятиме підвищенню надійності системи прикриття.

Досягнення максимальної ефективності вимагає комплексного підходу, що включає використання мобільних та адаптивних інженерних засобів перекриття, інтеграцію сенсорних технологій виявлення та раннього попередження, а також постійний моніторинг повітряної обстановки.

Перспективні напрями подальших досліджень включають:

удосконалення технологій автоматизації процесів розгортання та демонтажу захисних систем;

розроблення й апробацію новітніх матеріалів з підвищеною стійкістю до впливу елементів ураження від БпЛА;

аналіз ефективності комбінованих підходів, які поєднують використання антидронних сіток і вогневих засобів у межах єдиного комплексу захисту.

Урахування тактичних і технічних новацій у зазначених напрямках дозволить суттєво підвищити ефективність захисту об'єктів та підрозділів Збройних Сил України в умовах ведення сучасної війни.

Список літератури

1. Доктрина застосування безпілотних систем у Силах оборони України. ОП 3-0(46). Центральне управління безпілотних систем Генерального штабу Збройних Сил України. Київ, 2024. 55 с.
2. Малюк В. Про операції СБУ: Робота БПЛА забезпечує 85% знищення і живої сили, і техніки ворога. *Укрінформ*. 23 лютого 2025. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3963389-maluk-pro-operacii-sbu-robota-bpla-zabezpecue-85-znisenna-i-zivoi-sili-i-tehniki-voroga.html> (дата звернення: 16.05.2025).
3. Тактика применения противником FPV-дронов (в схемах) и способы противодействия. Справочник. Книга врага, врагом языком. Київ : Сварог вид. дім, 2025. 32 с.
4. Керівництво "Військові фортифікаційні споруди". ПТКП 11-92(298). Командування Сил підтримки Збройних Сил України. Київ, 2025. 337 с.
5. Інженерна підтримка бойових дій військ (сил) з урахуванням досвіду російсько-української війни : навч. посібник / Ткачук П.П. та ін. Львів : НАСВ, 2024. 218 с.
6. Олексенко О. О., Авраменко О. В., Федоров А. В., Сніцаренко В. В., Чернавіна О. Є. Застосування безпілотних літальних апаратів збройними силами російської федерації у війні проти України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Харків, 2022. № 4 (49). С. 37-42. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.49.05> (дата звернення: 18.05.2025).
7. Інформаційний бюлетень з протидії БПЛА типу FPV із використанням оптико-волоконного каналу зв'язку. ВП 3(7)-(01, 03-05)162.55. Головне управління доктрин та підготовки Генерального штабу Збройних Сил України. Київ, 2025. 38 с.
8. Анализ южной группировки войск по обобщению опыта боевых действий. Министерство обороны российской федерации. 2024. 67 с.
9. Інформаційний бюлетень з питань інженерного обладнання, маскування вогневих позицій, районів зосередження, протидії ударним БПЛА противника. Центральне управління підготовки ракетних військ і артилерії командування ракетних військ і артилерії Командування Сухопутних військ Збройних Сил України. Київ, 2025. 34 с.
10. Методичні рекомендації по обладнанню захисних антидронових тунелів (екранів). Командування угруповання військ "Курск". Токарі, 2025. 12 с.
11. Методичні рекомендації щодо облаштування "антидронового" захисту на маршрутах висування військ. Командування Сил підтримки Збройних Сил України. Київ, 2025. 42 с.
12. Спірін Д. А., Брянкін С. С., Подчерніна В. О., Сай В. М., Доманов І. О. Протидія безпілотним літальним апаратам: аналіз загроз та пошук ефективних рішень. *Випробування та сертифікація*. Черкаси, 2024. №2(4). С. 111-117. DOI: <https://doi.org/10.37701/ts.04.2024.14> (дата звернення: 18.05.2025).
13. Дудуш А. С., Тютюнник В. О., Резніченко О. А., Гогонянц С. Ю. Сучасний стан та проблеми протидії маловисотним, низькошвидкісним та малорозмірним БПЛА. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ, 2018. № 31(1), С. 121-131. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2018-31-1-121-131> (дата звернення: 18.05.2025).
14. Корольов Р. В., Королюк Н. О., Петров О. В., Сюлев К. В. Аналіз сучасних засобів знищення без пілотних літальних апаратів. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. Харків, 2017. № 4. С. 17-21 DOI: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_4_6 (дата звернення: 18.05.2025).

15. Krivtsun, V., Holushko, S. (2024). Analysis of ways and means of counteracting unmanned aerial vehicles and areas for their improvement. *Social Development and Security*, 2024. №14(4), pp. 210–222. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.4.17> (Accessed 18 May 2025).
16. Skoglund, P., Listou, T., Ekström, T. (2022). Russian Logistics in the Ukrainian War: Can Operational Failures be Attributed to logistics? *Scandinavian Journal of Military Studies*. 2022. № 5(1), pp. 99–110. DOI: <https://doi.org/10.31374/sjms.158> (Accessed 18 May 2025).
17. Фтемов Ю. О., Купрінченко О.М., Ленков С.В., Мірошніченко О.В., Літвіненко Н.І. Удосконалення способів ведення інженерної розвідки в інтересах інженерної підтримки бойових дій військ (сил). *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ, 2023. № 80. С. 72-86. DOI: <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/80-08> (дата звернення: 18.05.2025).
18. Керівництво з виконання інженерних заходів маскування військ та об'єктів. Наказ №90. Головне управління оперативного забезпечення Збройних Сил України. Київ, 2017. 138 с.

References

1. The General Staff of the Armed Forces of Ukraine (2024), "Doktryna zastosuvannia bezpilotnykh system u Sylakh oborony Ukrainy" [Doctrine on the Use of Unmanned Systems in the Defense Forces of Ukraine]. OP 3-0(46). Kyiv, 55 p. [in Ukrainian].
2. Maluk V. (2025), "Pro operatsii SBU: Robota BPLA zabezpechue 85% znischennia i zhivoi sylu, i tekhniky voroha" [About SBU operations: UAV work ensures 85% destruction of both enemy manpower and equipment]. *Ukrinform*, 23 February 2025. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3963389-maluk-pro-operacii-sbu-robota-bpla-zabezpecue-85-znisenna-i-zivoi-sili-i-tehniki-voroga.html>. (Accessed 16 May 2025). [in Ukrainian].
3. Swarog Publishing House (2025), "Taktyka zastosuvannia protivnykom FPV-droniv (v skhemakh) i sposoby protydyi" [Tactics of enemy use of FPV drones (with diagrams) and countermeasures]. Kyiv, 32 p. [in russian].
4. Command of Support Forces of the Armed Forces of Ukraine (2025), "Kerivnytstvo 'Viiskovi fortyfikatsiini sporudy'." [Manual "Military Fortification Structures"]. PTKP 11-92(298). Kyiv, 337 p. [in Ukrainian].
5. Tkachuk P.P., et al. (2024), "Inzhenerna pidtrymka boiovykh dii viisk (syl) z urakhuvanniam dosvidu rosiisko-ukrainskoi viiny" [Engineering support of military operations considering the experience of the russo-ukrainian war]: Tutorial, NASV, Lviv, 218 p. [in Ukrainian].
6. Oleksenko O.O., Avramenko O.V., Fedorov A.V., Snitsarenko V.V. and Chemavina O.Ye. (2022), "Zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparatov zbroinymy sylamy rosiiskoi federatsii u viini proty Ukrainy" [Application of UAVs by the armed forces of the russian federation in the war against Ukraine]. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, Kharkiv, 2022. Issue № 4(49). pp. 37–42. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.49.05>. (Accessed 18 May 2025). [in Ukrainian].
7. Main Directorate of Doctrines and Training of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine (2025), "Informatsiinyi biuletyn z protydyi BpLA typu FPV iz vykorystanniam optyko-volokonnoho kanalu zviyazku" [Information Bulletin on Countering FPV-type UAVs Using Optical-Fiber Communication Channel]. VP 3(7)-(01, 03-05)162.55. Kyiv, 38 p. [in Ukrainian].

8. Ministry of Defence of the Russian Federation (2024), "Analiz yuzhnoy gruppировки voysk po obobshcheniyu opyta boevykh deystviy" [Analysis of the Southern Troop Grouping Based on Combat Experience]. 67 p. [in Russian].

9. Central Directorate of Missile Troops and Artillery Training, Missile Troops and Artillery Command of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine (2025), "Informatsiyni biuleten z pytan inzhenernoho obladdannia, maskuvannia vohnevykh pozitsii, raioniv zoseredzhenia, protydii udarnym BpLA protyvnyka" [Information Bulletin on Engineering Equipment, Camouflage of Fire Positions, Concentration Areas, Counteraction to Enemy Strike UAVs]. Kyiv, 34 p. [in Ukrainian].

10. Command of the "Kursk" Troop Grouping (2025), "Metodychni rekomendatsii po obladdanniu zakhysnykh antydronovykh tuneliv (ekraniv)" [Methodical Recommendations for Equipping Protective Anti-Drone Tunnels (Screens)]. Tokari, 12 p. [in Ukrainian].

11. Command of the Support Forces of the Armed Forces of Ukraine (2025), "Metodychni rekomendatsii shchodo obladdannia 'antydronovoho' zakhystu na marshrutakh vysuvannia viisk" [Methodical Recommendations on Arranging "Anti-Drone" Protection on Troop Movement Routes]. Kyiv, 42 p. [in Ukrainian].

12. Spirin D.A., Briankin S.S., Podchernina V.O., Sai V.M. and Domanov I.O. (2024), "Protydiia bezpilotnym litalnym aparatam: analiz zahroz ta poshuk efektyvnykh rishen" [Countering Unmanned Aerial Vehicles: Threat Analysis and Search for Effective Solutions]. *Testing and Certification*, Cherkasy, 2024. Issue № 2(4), pp. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.37701/ts.04.2024.14> (Accessed 18 May 2025). [in Ukrainian].

13. Dudush A.S., Tiutiunyyk V.O., Reznichenko O.A. and Hohonianets S.Yu. (2018), "Suchasnyi stan ta problemy protydii malovysotnym, nyzkoshvydkisnym ta maloroznimnym BpLA" [Current State and Problems of Countering Low-Altitude, Low-Speed and Small-Size UAVs]. *Modern Information*

Technologies in Security and Defense, Kyiv, 2018. Issue № 31(1), pp. 121–131. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2018-31-1-121-131> (Accessed 18 May 2025). [in Ukrainian].

14. Korolov R.V., Koroliuk N.O., Petrov O.V. and Siulev K.V. (2017), "Analiz suchasnykh zasobiv znyshchennia bezpilotnykh litalnykh aparativ" [Analysis of Modern Means for Destruction of Unmanned Aerial Vehicles]. *Collected Scientific Works of the Kharkiv Air Force University*, Kharkiv, 2017. Issue № 4, pp. 17–21. DOI: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_4_6 (Accessed 18 May 2025). [in Ukrainian].

15. Krivtsun V. and Holushko S. (2024), "Analysis of ways and means of counteracting unmanned aerial vehicles and areas for their improvement". *Social Development and Security*. 2024. Issue № 14(4), pp. 210–222. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.4.17> (Accessed 18 May 2025). [in English].

16. Skoglund P., Listou T. and Ekström T. (2022). Russian Logistics in the Ukrainian War: Can Operational Failures be Attributed to logistics? *Scandinavian Journal of Military Studies*. 2022. Issue № 5(1), pp. 99–110. DOI: <https://doi.org/10.31374/sjms.158>. (Accessed 18 May 2025). [in English].

17. Ftemov Yu.O., Kuprinenko O.M., Lenkov S.V., Miroshnychenko O.V. and Litvinenko N.I. (2023), "Udoskonalennia sposobiv vedennia inzhenernoi rozvidky v interesakh inzhenernoi pidtrymky boiovykh dii viisk (syl)" [Improvement of methods for conducting engineering reconnaissance to support military operations]. *Collection of scientific works of Military Institute of Tarasa Shevchenko*. Kyiv, 2023. Issue № 80, pp. 72–86. DOI: <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2023/80-08>. (Accessed 18 May 2025). [in Ukrainian].

18. Main Directorate of Operational Support of the Armed Forces of Ukraine (2017), "Kerivnytstvo z vykonannia inzhenernykh zakhodiv maskuvannia viisk ta ob'ektiv. Nakaz №90" [Manual on Implementation of Engineering Camouflage Measures for Troops and Objects. Order №90]. Kyiv, 138 p. [in Ukrainian].

ANTI-DRONE DEFENSE AS A KEY ELEMENT OF ENGINEERING SUPPORT FOR MILITARY (FORCES) MOBILITY IN THE CONTEXT OF MODERN WARFARE

Yu. Ftemov

The article provides an in-depth analysis of current approaches to warfare in which the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) significantly influences the mobility of military forces and their ability to advance on the battlefield. Special attention is given to tunnel-type anti-drone protective structures, which offer both horizontal and vertical shielding against loitering munitions and kamikaze drones. The research highlights the growing threat posed by UAVs with autonomous or fiber-optic guidance systems, which are capable of striking from long distances and remain resistant to electronic warfare countermeasures. Drawing on the operational experience of the ongoing Russian-Ukrainian war, where asymmetrical and sudden tactics dominate, the article emphasizes how drones are increasingly used not only on the front lines but also to disrupt logistics and evacuation routes deep in the rear.

The study outlines the significant impact of UAVs on logistical chains, including a reduction of delivery efficiency by up to 70% within 5 km of the front, and 40–50% within 5–15 km, due to drone strikes and surveillance. These effects extend to medical evacuation operations, where delayed transportation of the wounded may exceed ten hours, directly increasing the lethality rate.

To counter such threats, the article proposes a comprehensive set of organizational and engineering measures aimed at enhancing force mobility and survivability. These include the deployment of tunnel-type anti-drone systems along critical movement routes, the construction of underground shelters with multi-level protection, and the adaptation of camouflage and deceptive techniques to modern drone warfare. Moreover, the research stresses the importance of developing mobile and quickly deployable protective infrastructures to meet the dynamic demands of high-intensity conflict environments.

The authors also analyze enemy tactics, including complex drone ambushes composed of surveillance and strike UAVs operating in coordination. This layered use of UAVs highlights the necessity for integrated defense systems capable of both passive (structural) and active (tactical and organizational) responses.

In conclusion, the article presents scientific and practical recommendations for improving engineering support to military mobility under the threat of UAVs. The findings serve as a basis for the evolution of modern defensive doctrines, engineering design principles, and field logistics strategies.

Keywords: anti-drone defense, camouflage, mobility, routes of movement of troops (forces).