

Аналіз стану розвитку питання захисту об'єктів критичної інфраструктури з використанням інженерних боєприпасів

Сергій Ленков¹, Володимир Кривцун², Олег Мірошніченко³,
Сергій Голушко⁴, Руслан Кольцов⁵

^{2,4} Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
вул. Гвардійська, 32, Львів, Україна, 79012

^{1,3,5} Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Юлії Здановської, 81, Київ, Україна, 03189
lenkov_s@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7689-239X>

Received 24.11.2023, accepted 19.12.2023
<https://doi.org/10.32347/uwt.2023.13.1803>

Анотація. Російсько-Українська війна на етапі повномасштабного вторгнення показала, що одним із найбільш складних завдань забезпечення живучості військ та функціонування об'єктів критичної інфраструктури держави є надійний їх захист від високоточної зброї, а саме крилатих та балістичних ракет, безпілотних літальних апаратів.

Досвід ведення війни свідчить, що існуючі на озброєнні вітчизняні засоби протиповітряної оборони не в повній мірі здійснюють ураження повітряних цілей, а високоефективні засоби ППО іноземного виробництва постачаються в недостатній кількості, створені мобільні вогневі групи знищення повітряних цілей не завжди ефективні. В цих умовах доцільно розглянути нові комплексні підходи застосування різних видів озброєння під час активного захисту військ та об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобами повітряного нападу.

Комплексна побудова системи активного захисту військ та об'єктів критичної інфраструктури від засобів повітряного нападу можлива з використанням декількох видів озброєння. В роботі на основі проведеного аналізу застосування противником ракет різного класу та ударних безпілотних літальних апаратів типу Shahed запропоновано застосування інженерних боєприпасів, як одуного із засобів ураження рухомих повітряних цілей, які низько летять з невеликою швидкістю. Використання спеціальних інженерних боєприпасів

надасть можливість збільшити спектр ураження повітряних цілей, що низько летять та підвищити імовірність їх ураження. Це дозволить підвищити ефективність існуючої системи захисту військ та об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобами повітряного нападу.

В роботі проведений аналіз застосування засобів повітряного нападу рф проти підрозділів Сил оборони та об'єктів критичної інфраструктури України, обґрунтовано пропозиції щодо доцільності використання інженерних боєприпасів, як елемента побудови системи активного захисту військ та об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобами повітряного нападу, наведено їх принцип дії та можливі варіанти застосування.

Ключові слова: інженерні боєприпаси, засоби повітряного нападу, повітряна ціль, ударні безпілотні літальні апарати, об'єкти критичної інфраструктури.

ВСТУП

Зміни характеру ведення збройної боротьби, зокрема, реалізація нової оперативної концепції застосування військ, зростання ролі і значущості протидіє в інформаційній сфері, використання новітніх інформаційних технологій, комплексна інтеграція засобів ураження, розвідки та управління, широке застосування високоточної зброї, засобів повітряного нападу для дальнього вогневого ураження, зменшення можливостей позиційної

оборони та підвищення ролі маневрових дій, застосування розосереджених бойових порядків приводить до розширення просторових і скорочення часових показників вирішення завдань, які стоять перед Збройними Силами України. Зміни завдань в свою чергу, вимагають створення систем (комплексів, зразків) озброєння та військової техніки, які відповідають умовам ведення збройної боротьби сучасності.

Одним із завдань забезпечення живучості військ є надійний захист військ та об'єктів від високоточної зброї, ракет різного класу та літальних апаратів (літаки, гелікоптери, БпЛА), які летять на малих висотах. Крім захисту військ у війні РФ проти України гостро постало питання захисту об'єктів критичної інфраструктури, в першу чергу в енергетичному секторі. Для захисту таких об'єктів створена система активного та пасивного захисту. До системи активного захисту входять заходи щодо фізичного знищення повітряних цілей, до пасивного – інженерні заходи з приховування та захисту об'єктів. Зрозуміло, що найбільш ефективною є активна система захисту.

Досвід ведення війни РФ проти України показує, що найбільш важко знищити цілі, що низько летять. Основними засобами для знищення повітряних цілей є зенітно-ракетні комплекси, авіація, а також використання стрілецького озброєння при певних умовах. В провідних країнах світу також розроблені спеціальні інженерні боєприпаси, які призначені для ураження рухомих повітряних цілей на малих висотах.

Проте, досвід війни РФ проти України свідчить, що масове застосування засобів повітряного нападу призводить до того, що існуюча активна система захисту об'єктів критичної інфраструктури, основою якої є система ППО перенавантажена і попри достатню ефективність не в змозі знищити 100% повітряних цілей противника, що призводить до масових руйнувань та загибелі як військовослужбовців, так і цивільного населення. Також наслідком таких ударів є порушення роботи системи об'єктів критичної інфраструктури, зокрема енергетики з відповідними наслідками. В цих умовах дуже гостро постало питання

пошуку шляхів підвищення ефективності системи активного захисту об'єктів критичної інфраструктури.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

З початком повномасштабного вторгнення у лютому 2022 року РФ почала активно використовувати для ураження військових об'єктів та об'єктів критичної інфраструктури крилаті та балістичні ракети різних класів та видів, сподіваючись на високий ефект від їх застосування. Проте, система ППО ЗС України показала достатню ефективність протиборства з такими цілями. В цих умовах запаси ракет РФ почали стрімко зменшуватись при недосягненні поставлених цілей, що змусило агресора шукати більш дешеві засоби повітряного нападу. Одним з таких засобів було обрано достатньо ефективні та маловартісні ударні БпЛА типу Shahed іранського виробництва (вартість одного БпЛА складає від 20 до 40 тисяч доларів). Вперше ці засоби армія РФ застосувала у вересні 2022 року і на сьогоднішній день було застосовано більше 2100 одиниць [1]. Як показує статистика, масова частка застосування армією РФ ударних БпЛА постійно збільшується. Масове застосування та дешевизна відносно крилатих ракет дозволяє використовувати ударні БпЛА типу “камікадзе”, “баражуючий боєприпас” дуже ефективно.

Порівнюючи застосування крилатих ракети (Х-101/Х-555) та ударних БпЛА (Shahed-136) за останні місяці, можна зробити висновки, що БпЛА застосовувалися на 66% більше ніж ракети. Так, тільки у липні 2023 року було застосовано понад 250 ударних БпЛА типу Shahed, що призвело до суттєвого пошкодження об'єктів припортової інфраструктури на півдні Одеської області [2].

Переважаюча кількість типів ракет противника можуть бути завчасно відстежені і уражені українськими системами ППО та авіацією. Проте, ударні БпЛА, які використовує РФ, характеризуються тим, що запускаються із мобільних установок, переважно вночі, є

засобами вибіркового ураження і за статистикою показують на практиці достатньо високу точність, іноді навіть вищу, ніж у ракет деяких типів, також вони можуть використовуватися як хибні цілі.

З відкритих джерел відомо про постійне поповнення БпЛА Shahed-131 та Shahed-136 шляхом постачання з Ірану. Крім того, за словами представників Генерального Штабу ЗСУ, рф досягла з Іраном домовленостей про будівництво заводу на території Татарстану, що дозволить противнику активно застосовувати ударні БпЛА власного виробництва.

Основними проблемними питаннями, щодо знищення БпЛА типу Shahed можна вважати наступні: важкість дальнього виявлення через політ на малих висотах, велика дальність застосування, масове застосування через дешевизну, що призводить до перенавантаження системи ППО та зменшення запасів ракет до систем ППО, не достатня ефективність мобільних вогневих груп. Ще одним проблемним аспектом знищення ударних БпЛА є порівняльна вартість ракет ураження і БпЛА, співвідношення якої може бути в десятки разів не на користь засобів ураження БпЛА, особливо засобів ППО іноземного виробництва, які надані країнами партнерами.

Все це свідчить про актуальність дослідження та необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності захисту об'єктів критичної інфраструктури від засобів повітряного нападу, зокрема від ударних БпЛА типу Shahed. Одним з таких шляхів може бути застосування інженерних боеприпасів уламкового типу для ураження повітряних цілей, що низько летять.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питанням захисту об'єктів критичної інфраструктури присвячено доволі не багато досліджень. Аналіз останніх публікацій стосовно вдосконалення системи захисту об'єктів критичної інфраструктури свідчить про відокремленість технічних і тактичних аспектів цього питання. В дослідженнях [3-

6] висвітлюються в основному нормативно-правові акти та термінологія, що стосується лише правової основи захисту об'єктів критичної інфраструктури.

В роботах [7, 8] розглядаються питання дієвої системи інженерного захисту, розподілу повноважень щодо організації між суб'єктами, залученими до захисту об'єктів критичної інфраструктури, типи інженерного захисту об'єктів та етапи поступової реалізації, обґрунтована методика розрахунку та обґрунтування вимог до інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури. Таким чином, в основному роботи присвячені використанню пасивних методів захисту об'єктів від ураження засобів повітряного нападу.

Також багато праць присвячено методам знищення повітряних цілей засобами ППО. В роботах [9-11] висвітлено аналіз світового досвіду та проблемні питання боротьби з БпЛА за допомогою різноманітних засобів, включаючи різні типи зенітно-ракетних комплексів. В роботі [12] визначено, що для підвищення ймовірності ураження БпЛА засіб ураження має використовувати модернізовані гарматні постріли, в яких передбачено збільшена кількість елементів для ураження та модифікацію набоїв з різними варіантами розльоту вражаючих елементів, також можливе застосування засобу ураження на кшталт “мисливської рушниці” з набоями, які споряджені дробом при малих відстанях до БпЛА.

Це підтверджується і досвідом роботи мобільних вогневих груп ураження БпЛА, експерти яких свідчать, що найбільш ефективним є вогонь боеприпасами типу “картеч” (мисливські рушниці, помпові рушниці), проте, є проблемні питання їх застосування через невелику дальність польоту дробі.

В той же час у відкритих джерелах інформації відсутні відомості про особливості практичного застосування інженерних боеприпасів проти БпЛА, ефективність їх застосування в бойових умовах.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є обґрунтування доцільності застосування дешевих інженерних боеприпасів уламкового типу для підвищення ефективності системи захисту об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобів повітряного нападу, які рухаються на малих висотах.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Досвід локальних війн і збройних конфліктів однозначно вказує на основну небезпеку – повітряний напад сучасними засобами з виведенням з ладу об'єктів критичної інфраструктури. Крилатим ракетам повітряного та морського базування середньої та великої дальності, засобам ураження класу “повітря-земля”, коректованим авіаційним бомбам, самонавідним і керованим ракетам та ударним БпЛА належить провідне значення у війнах майбутнього.

На сьогоднішній день використання такого озброєння продемонстровано на теренах нашої держави, де рф підступно та безпринципно використовує високоточну зброю, вбиваючи цивільне населення та

знищуючи об'єкти критичної інфраструктури. Ураження об'єктів критичної інфраструктури завдає великої шкоди економічній діяльності нашої країни.

Аналіз застосування засобів повітряного нападу за останні місяці з травня по серпень 2023 року показує на збільшення випадків застосування рф ударних БпЛА типу Shahed, дальність дії яких складає понад 1000 км, а маса бойової частини від 15 до 40 кг [13].

Як було зазначено вище, масоване застосування відносно дешевих засобів повітряного нападу БпЛА Shahed, як правило, призводить до прориву протиповітряної оборони, і як наслідок ураження запланованих цілей. Статистика застосування, збиття та досягнення цілей крилатих ракет та ударних БпЛА типу Shahed по об'єктам критичної інфраструктури України за травень-серпень 2023 року наведено на рис. 1 та рис. 2.

Так, за період з травня по серпень 2023 року було застосовано 1044 ударних БпЛА Shahed, із них: збито – 886, попали в ціль – 158 [1].

Аналіз наведених даних свідчить про зростання ролі в ураженні противником цілей за допомогою ударних БпЛА.

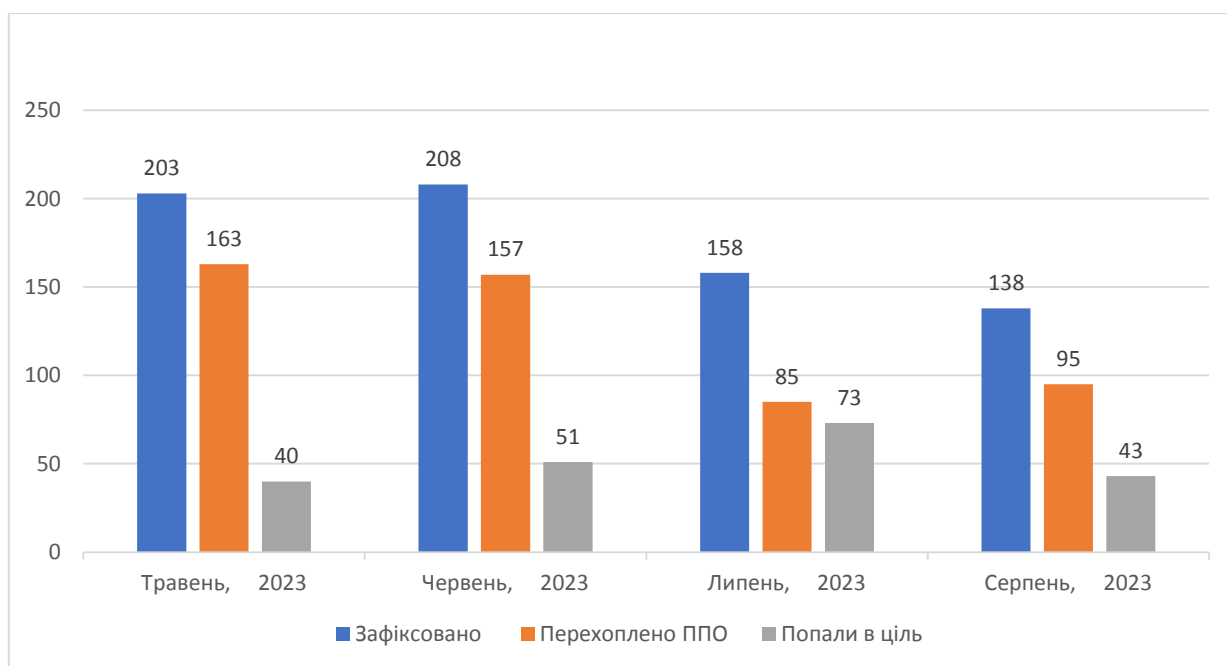


Рис. 1. Аналіз застосування крилатих ракет в період з травня по серпень 2023 року

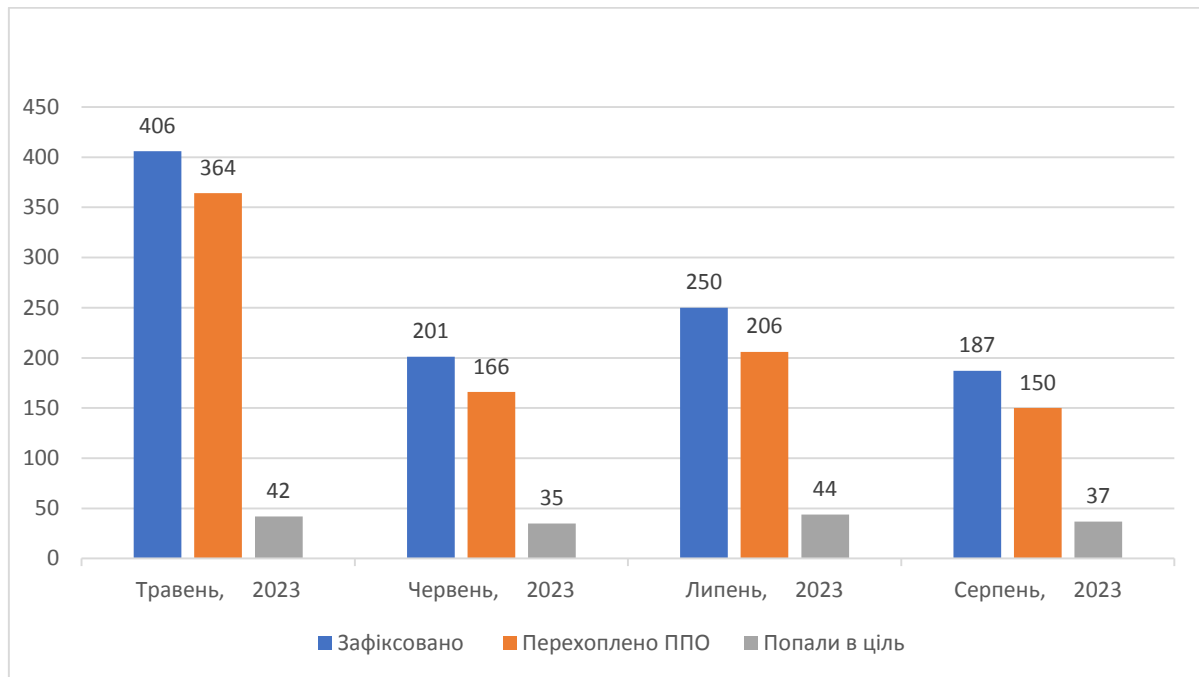


Рис. 2. Аналіз застосування ударних БпЛА Shahed в період з травня по серпень 2023 року

Низька висота польоту (50..200 м), практична відсутність металевих деталей у корпусі – роблять БпЛА малопомітними для РЛС, а комбінований тип наведення, який до кінця не вивчений, зумовлює їх стійкість до дії засобів РЕБ. Також, масовий запуск противником БпЛА кількома групами одночасно або по черзі з коротким інтервалом – спричиняють їх високу прохідність до цілі. БпЛА типу Shahed рухаються в повітрі доволі повільно, їхня крейсерська швидкість становить приблизно 150-180 км/год, з характерним звуком роботи двигуна, що дозволяє їх виявляти звукометричною розвідкою заздалегідь. Також вони можуть застосовуватися для виявлення вогневих позицій.

З метою ускладнення візуального виявлення, визначення їх кількості та зниження ефективності застосування засобів безпосереднього прикриття об'єктів

найчастіше ударні БпЛА застосовуються у нічну пору доби. Більшість маршрутів їх польоту здійснюється вздовж автомобільних шляхів, русл річок і лиманів з метою маскування звуків двигуна та можливість здійснювати політ на мінімальній висоті без перешкод природного та урбаністичного характеру. Велика дальність польоту деяким ударним БпЛА дозволяє застосування для ураження нерухомих цілей у глибині території України. Здійснення підготовки до пуску може відбуватися в польових умовах за рахунок завантаження польотного завдання за допомогою портативного комп'ютера [13].

Окрім ударних БпЛА Shahed-131, Shahed-136 у війні рф проти України широко застосовуються такі типи, як Mohajer-6 та Ланцет-3 ZALA Lancet та інші. Основні тактико-технічні характеристики ударних БпЛА противника наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Основні тактико-технічні характеристики ударних БпЛА, які використовуються РФ у війні проти України

Марка БпЛА	Вага, кг	Швидкість, км/год	Запас ходу, км	Тип БпЛА	Вага бойової частини (вантажопідйомність), кг	Максимальна висота польоту, км
Shahed-131	135	120	900	безпілотник односторонньої атаки (OWA), баражуючий боєприпас	15	2
Shahed-136	200	180	1500-1700	безпілотник односторонньої атаки (OWA), баражуючий боєприпас	40	4
Mohajer-6	600	200	200	безпілотник односторонньої атаки (OWA)	100 (2 ракети Qaem TV\IR)	5,4
Ланцет-3	15	300	40-70	баражуючий боєприпас	3-5	5

Таким чином, досвід війни РФ проти України свідчить про зростаючу роль як розвідувальних, так і ударних БпЛА.

Для боротьби з ударними БпЛА створена система активного захисту, основою якої є засоби ППО, такі як, ЗСУ 23-4 “Шилка”, 9К35 “Стріла-10”, 2С6 “Тунгуска”, 9К33 “Оса”, НАВК (Іспанія), переносні зенітно-ракетні комплекси – 9К38 “Ігла”, 9К34 “Стріла-3”, FIM-92 Stinger (США), Starstreak (Велика Британія), Martlet (Велика Британія), Mistral (Франція), Piorun (Польща). Проте, враховуючи просторові показники війни РФ проти України достатньо складно повністю прикрити всі напрямки польоту засобів повітряного нападу через обмежену кількість засобів ППО. Наступним фактором є дороговизна сучасних засобів ППО та боєприпасів до них та їх обмежена кількість, що робить нелогічним використання їх по дешевим БпЛА. Ці фактори призводять до того, що засоби протиповітряної оборони не в повній мірі здійснюють ураження всіх рухомих повітряних цілей.

З метою виправлення такої ситуації для

насичення та ефективності системи ППО були створені мобільні вогневі групи, призначені для знищення рухомих повітряних цілей, що повільно летять на малих висотах стрілецьким озброєнням, переносними ПЗРК, зенітними установками встановленими на автомобілі підвищеної прохідності.

Проте, як свідчить досвід роботи таких груп є труднощі у знищенні повітряних цілей – складність ураження стрілецькою зброєю БпЛА, а дорогі ПЗРК не вигідно використовувати. Крім того, влучання куль в крила БпЛА типу Shahed не впливають на їх політ. За словами представників таких груп найбільш ефективними проти БпЛА є вогонь боєприпасами типу “картеч” (мисливські рушниці, помпові рушниці). Проте, як вже зазначалось, є проблемні питання їх застосування через невелику дальність польоту дробу.

Таким чином, з метою підвищення ефективності існуючої системи активного захисту об’єктів критичної інфраструктури доцільно розглянути застосування і інших видів озброєння.

Враховуючи складність виявлення та ураження повітряних цілей, що низько летять системами ППО пропонується використання дешевих спеціальних засобів у вигляді інженерних боєприпасів уламкового типу безпосередньо в районах знаходження об'єктів критичної інфраструктури типу МОН (МОН-50, 90, 100, 200).

Система загального розміщення складових системи активного захисту об'єктів критичної інфраструктури від

ураження засобами повітряного нападу відображено на блок-схемі (рис. 3). На даній блок-схемі показано черговість та розподіл всіх елементів системи та їх значущість у загальному вогневому ураженні повітряних цілей. Загалом система поділяється на технічні засоби виявлення (ТЗВ) та засоби знищення повітряних цілей (ЗЗПЦ). До ТЗВ відноситься: радіолокаційні станції, засоби спостереження та виявлення, які сигналізують появу повітряних цілей та в якому напрямку вони рухаються до об'єкта.

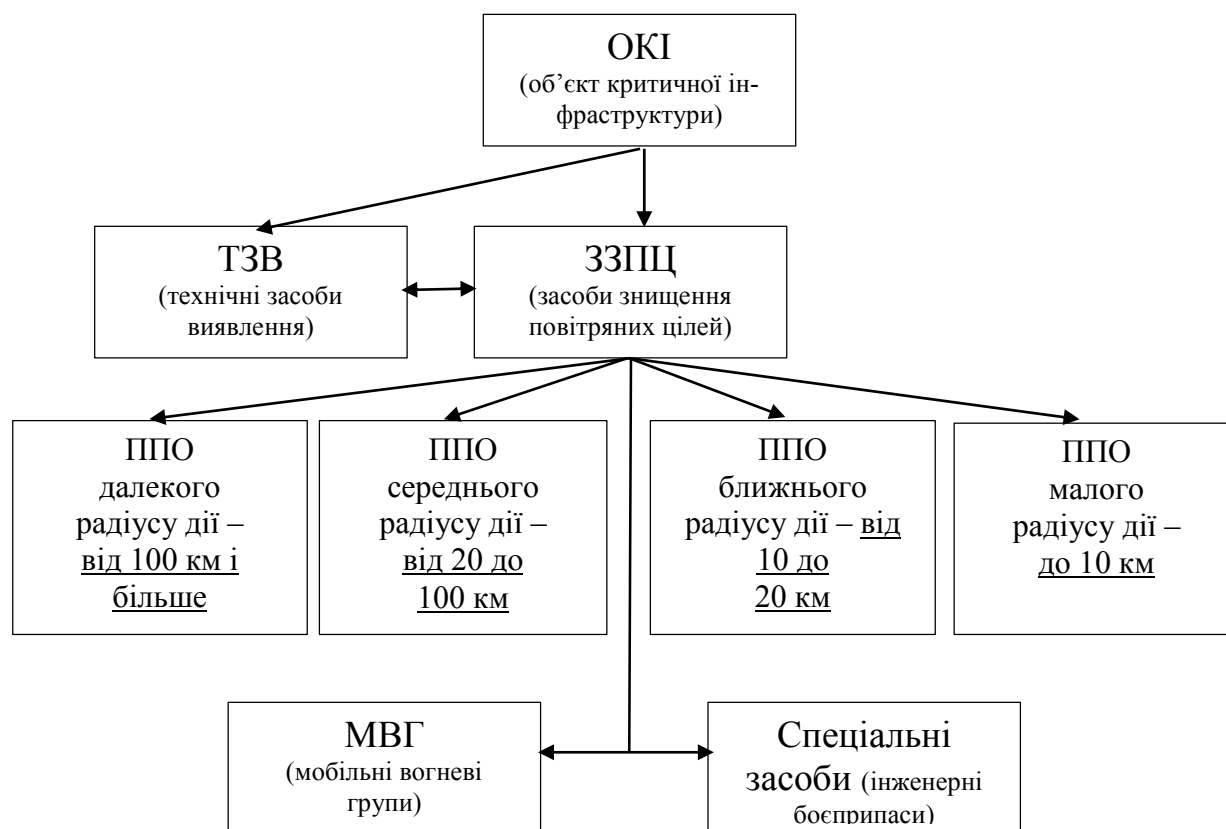


Рис. 3. Блок-схема системи активного захисту об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобів повітряного нападу

ЗЗПЦ мають більший спектр виконання завдань, основним яких являється знищення цілі. До таких засобів відноситься: система протиповітряної оборони, мобільні вогневі групи, спеціальні засоби, до яких можна віднести інженерні боєприпаси. Мобільні вогневі та спеціальні засоби знищують цілі, що не вразила система ППО та невеликі ударні та розвідувальні БпЛА. Інженерні боєприпаси для ураження рухомих повітряних цілей є новим видом інженерних мін та пропонуються застосовувати

безпосередньо для прикриття об'єктів в районах їх розташування, коли йде зниження висоти польоту ударних БпЛА, за рахунок створення хмари уламків, які рухаються на зустріч цілі.

В провідних країнах світу вже існують прототипи таких інженерних боєприпасів. Це так звані противертольотні міни. Основні тактико-технічні характеристики противертольотних мін наведені в табл. 2 [14].

Таблиця 2. Основні тактико-технічні характеристики противертольтних мін провідних країн світу

Марка міни	Вага, кг	Дальність (висота) ураження цілі, м	Швидкість цілей, км/год	Тип міни	Спосіб встановлення	Країна виробник
АНМ-200	35	100	350	кумулятивна, направлено ураження	вручну, дистанційно	Болгарія
XM93/WAM HORNET	15,9	100	350	кумулятивна, направлено ураження	вручну, дистанційно	США
IMZR-11	22	150	300	кумулятивна, направлено ураження	вручну, дистанційно	Польща
HELKIR	43	150	250	кумулятивна, направлено ураження	вручну, дистанційно	Австралія
Темп-20	12	150	360	кумулятивна, направлено ураження	вручну	рф

Зазначені міни мають акустичний та інфрачервоний датчики цілі, які виконують функцію наведення та фіксування цілі для її ураження. Такі боєприпаси працюють як в автономному режимі, так і за допомогою оператора [15]. Хоча інформація про такі міни обмежена, можна передбачити високу їх вартість. Відмінність цих мін є в способі ураження цілі – ударним ядром.

За відсутності на озброєнні в інженерних підрозділах ЗС України інженерних боєприпасів здатних уражати повітряні цілі, що низько летять, альтернативним варіантом може бути використання протипіхотних вибухових пристроїв направленої дії. До таких вибухових пристроїв відносяться інженерні міни направленої дії МОН-50, МОН-90, МОН-100, МОН-200.

Принцип дії даних інженерних мін заснований на ураженні цілі високошвидкісним потоком великої кількості однотипних або різнотипних інертних елементів (уламків), які викидаються, як правило, вибухом заряду бризантної вибухової речовини.

Інженерні боєприпаси спроможні уражати цілі уламковим потоком на деякому інтервалі від місця підриву. Визначений інтервал дозволяє значно збільшити зону ураження боєприпасами даного типу у порівнянні із боєприпасами фугасного та кумулятивного типу, що й викликає низку особливостей їх застосування. При цьому, використання елементів, що уражають ціль, потребує додаткових досліджень характеру впливу факторів, що впливають на їх рух та зону розсіювання. Також одним із основних показників ефективності ураження рухомих повітряних цілей є дальність (радіус) ураження цілі. Даний показник застосовується, як для противертольтних мін іноземного виробництва так і для протипіхотних вибухових пристроїв кругової та направленої дії ЗС України.

Порівняльна характеристика показника дальності ураження інженерних боєприпасів по наземним цілям наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Порівняльна характеристика дальності ураження цілі інженерних боєприпасів

Марка інженерних боєприпасів		Дальність (радіус) ураження цілі, м									
		30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
протиероглітні міни іноземного виробництва	АНМ-200	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	XM93/WAM HORNET	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	IMZR-11	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	HELKIR	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	Темп-20	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
протипіхотні вибухові пристрої	МОН-50	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	МОН-90	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	МОН-100	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	МОН-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Пропозиції щодо варіантів системи активного захисту об'єктів за допомогою інженерних боєприпасів наведено на рис. 4.

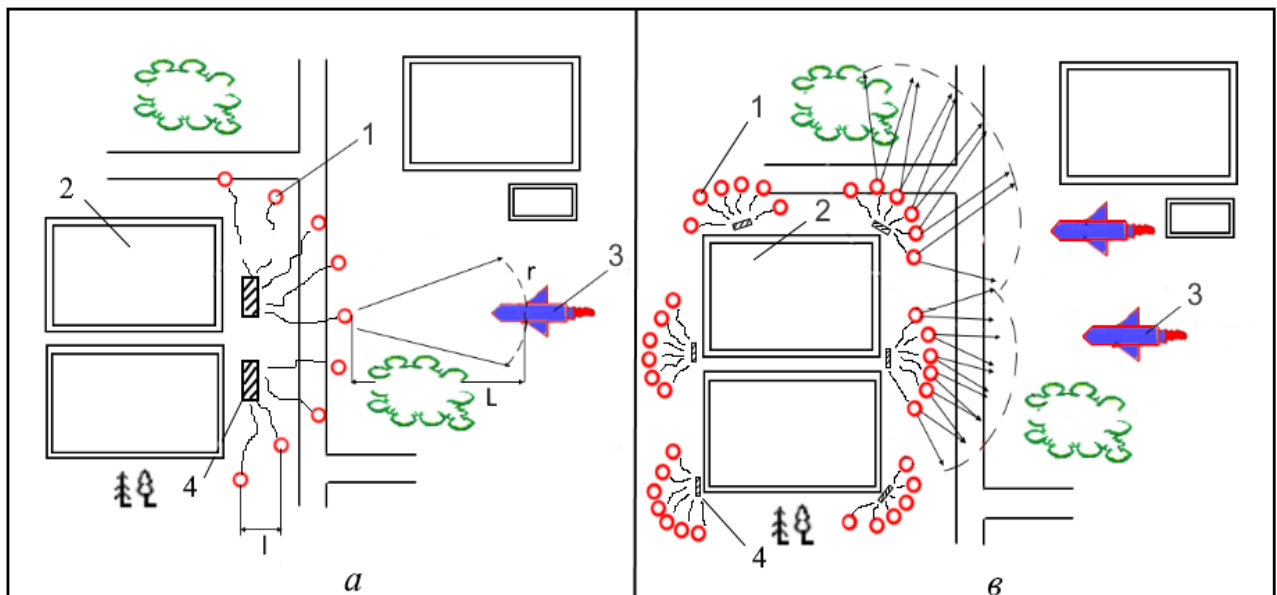


Рис. 4. Схема системи захисту об'єкту з застосуванням інженерних боєприпасів: *a* – секторна схема; *в* – колова схема; 1 – інженерна міна; 2 – об'єкт критичної інфраструктури; 3 – засоби повітряного нападу; 4 – виконавчий механізм; *r* – сектор ураження; *L* – дальність ураження цілі; *I* – щільність розміщення мін.

При цьому, безпечна відстань встановлення інженерного боєприпасу від об'єкта обирається із таким розрахунком, щоб забезпечити мінімальні збитки у разі детонації бойової частини повітряної цілі.

Подальший розвиток форм і способів захисту об'єктів критичної інфраструктури зумовлює поглиблене вивчення і цілеспрямований синтез нового спектру дій особового складу частин і підрозділів сухопутних військ, організаційних та технічних заходів із захисту, що спонукає до створення нових систем захисту від ураження засобів повітряного нападу з використанням спеціальних засобів в поєднанні з системою ППО.

ВИСНОВОК

Постійно зростаюча роль ударних БпЛА в системі комплексного вогневого ураження противником військ та об'єктів критичної інфраструктури вимагає на сьогоднішній день пошук напрямів підвищення ефективності активної системи їх захисту. Одним з таких напрямків є використання інженерних боєприпасів уламкового типу в даній системі, що дозволить збільшити імовірність знищення повітряних цілей, які низько летять в районах безпосереднього знаходження об'єктів критичної інфраструктури.

Застосування інженерних боєприпасів для знищення повітряних цілей, які низько летять, дасть можливість повноцінно та розширено застосувати систему активного захисту об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобами повітряного нападу.

В подальшому будуть проведені дослідження щодо обґрунтування параметрів перспективних багатофункціональних інженерних боєприпасів призначених для ураження повітряних цілей, що низько летять, а також можливість використання існуючих інженерних боєприпасів уламкового типу, зокрема, МОН-50, МОН-90, МОН-100, МОН-200.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перелік атак БпЛА Shaded-136. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/атаки_Shaded_136. (дата звернення 16.08.2023)
2. Удар безпілотними літальними апаратами Shaded по Одеській області. UKR. NET. URL: <https://www.ukr.net/news/details/odesa>. (дата звернення 21.08.2023)
3. **Гора І.В., Батюк О.В.** (2021). Окремі питання захисту об'єктів критичної інфраструктури: зарубіжний досвід. Суцільно-правові студії, Львів. Вип. 1(11), 132 – 139.
4. **Франчук В.І., Пригунов П.Я., Мельник С.І.** (2021). Безпека об'єктів критичної інфраструктури в Україні: організаційно-нормативні проблеми та підходи. Суцільно-правові студії, Львів, Вип. 3(13), 142 – 148.
5. **Яременко О.І., Страхніцький О.Я.** (2022). Теоретико-методичні основи забезпечення системи захисту критичної інфраструктури держави. [Електронний ресурс] Державне управління: удосконалення та розвиток, №1, С. 38 – 45. Режим доступу до журн.: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=2610.pdf>
6. **Підюков П.П., Калиновський О.В.** (2020). Система державного захисту критичної інфраструктури України: генеза, сучасний стан і перспективи оптимізування в умовах подальшого забезпечення національної безпеки країни. Збірник наукових праць Київського університету права, Київ, Вип. 4, 355 – 359.
7. **Коцюрба В.І., Білик А.С., Веретнов А.О., Гайдарли Г.С., Борта Р.М., Тертишний Б.І.** (2022). Методика розрахунків та обґрунтування вимог до інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури від впливу БпЛА типу баражуючий боєприпас. Опір матеріалів і теорія споруд, Київ, Вип. 109, 164 – 183.
8. **Коваль М.В., Коваль В.В., Коцюрба В.І., Білик А.С.** (2023). Організаційно-технічні засади побудови системи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України. Наука і оборона. Київ, Вип. 3-4, 11 – 16.
9. **Кравченко С.О., Ткаченко М.Д., Ткаченко К.М.** (2022). Проблеми боротьби з безпілотними літальними апаратами в районі бойових дій операцій і шляхи їх вирішення. Наукові цілі та завдання у ХХІ ст. Київ. Науковий збірник №95, 906 – 914.
10. **Мельнеченко В.С., Левченко М.А., UNDERWATER TECHNOLOGIES: Industrial and Civil Engineering, Iss.13 (2023), 81-91**

Паталаха В.Г. (2021). Проблемні питання боротьби з безпілотними літальними апаратами противника зенітними засобами та можливі шляхи їх вирішення. Збірник наукових праць Національного університету оборони імені Івана Черняхівського, Київ, Вип. 1(1), 114 – 117.

11. Єрилкін А.Г., Гур'єв Д.О., Карлов Д.В., Коробецький О.В., Шевченко Ю.А. (2022). Огляд та аналіз світового досвіду боротьби з ударною безпіотною авіацією. Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації. Харків, Вип. 4(49), 15 – 22.
12. Мотяков Ю.М., Зелений П.В., Толмачов В.Ю. (2021). Обрис комплексу протидії БпЛА для охорони аеродромів базування державної авіації України. Збірник наукових праць Державний науково-дослідницький інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернівці, Вип. 1(7), 61 – 67.
13. ВП 3-00(116) 120. Методичні рекомендації "Загальновійськовим підрозділам щодо боротьби з ударними БпЛА іранського виробництва Shahed-136 (Герань-2) та рф Ланцет-2" (за досвідом російсько-Української війни 2022-2023). Центр оперативних стандартів і методики підготовки ЗС України, Головне управління доктрин та підготовки ГШ ЗС України. Київ. 2023. С. 76.
14. Anti-Helicopter Mine. URL: https://defense-update.com/20041020_anti-helicopter-mine.html. [протигелікоптерна міна] (дата звернення 10.07.2023).
15. Наземні міни проти гелікоптерів. URL: <https://armyinform.com.ua/2020/04/23/nazemni-miny-proty-gelikopteriv/>. (дата звернення 11.07.2023)

Analysis of the state of development of the issue of protection of critical infrastructure facilities using engineered munitions

Serhii Lenkov, Volodymyr Kryvtsun, Oleg Miroshnichenko, Serhii Golushko, Koltsov Ruslan

The Russian-Ukrainian war at the stage of full-scale invasion has shown that one of the most difficult tasks of ensuring the survivability of troops and the functioning of critical infrastructure is to protect them from high-precision weapons, namely cruise and ballistic missiles and unmanned aerial vehicles.

The experience of warfare shows that the existing domestic air defense systems do not fully defeat air targets, while highly effective foreign-made air defense systems are supplied in insufficient quantities, and the created mobile fire groups to destroy air targets are not always effective. In these circumstances, it is advisable to consider new integrated approaches to the use of various types of weapons in the active defense of troops and critical infrastructure against air attack.

The complex construction of a system of active defense of troops and critical infrastructure against air attack is possible with the use of several types of weapons. Based on the analysis of the enemy's use of missiles of various classes and Shahed-type attack unmanned aerial vehicles, the paper proposes the use of engineered munitions as one of the means of defeating moving air targets that fly low at low speed. The use of special engineered ammunition will make it possible to increase the range of low-flying air targets and increase the likelihood of their defeat. This will improve the effectiveness of the existing system of protecting troops and critical infrastructure from air attack.

The paper analyzes the use of air attack weapons of the Russian Federation against troops and critical infrastructure facilities of Ukraine, substantiates proposals on the expediency of using engineered ammunition as an element of building a system of active protection of troops and critical infrastructure facilities from air attack, and presents their principle of operation and possible applications.

Keywords: engineered ammunition, air attack weapons, air target, attack unmanned aerial vehicles, critical infrastructure facilities.