

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПРОТИДІЇ МАЛОШВИДКІСНИМ, МАЛОВИСОТНИМ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТАМ

З досвіду війни РФ проти України спостерігається тенденція збільшення кількості безпілотних літальних апаратів, які застосовуються для розвідки, ураження техніки, особового складу та різних об'єктів. Втрати озброєння, військової техніки та особового складу від дії таких засобів на сьогоднішній день стали найбільшими в порівнянні з іншими засобами ураження.

Для протидії таким засобам застосовується різноманітні зенітно-ракетні комплекси, засоби радіоелектронної боротьби, мобільні вогневі групи, при цьому, найбільш проблемними питанням є знищення малошвидкісних, маловисотних безпілотних літальних апаратів у зв'язку із їх конструктивною особливістю та широким спектром застосування. Основними способами протидії таким засобам є радіоелектронне подавлення, ураження енергетичною зброєю та фізичне знищення.

У статті наведений аналіз способів протидії малошвидкісним, маловисотним безпілотним літальним апаратам та представлено основні фактори, які впливають на ураження даних повітряних цілей. Відображено питання нейтралізації БпЛА за допомогою радіоелектронного подавлення, розглядаються питання ураження енергетичною зброєю. Проведений аналіз фізичного знищення з використанням зенітно-ракетного та стрілецького озброєння, інженерних осколкових боєприпасів різних типів, їх переваги та слабкі сторони.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, засоби ураження, зенітно-ракетні комплекси, осколковий боєприпаси, осколкова дія, осколковий вибуховий пристрій направленої дії, радіоелектронна боротьба.

Вступ. На сьогодні гостро постало питання ефективності протидії безпілотним літальним апаратам (БпЛА), які кардинально змінили форми та методи збройної боротьби.

Широкий спектр виконання завдань, відносно дешевизна, невеликий час підготовки операторів БпЛА, в порівнянні з пілотованими авіаційними комплексами, зробили буквально БпЛА невід'ємним елементом складних багатоцільових систем, здатних вирішувати задачі державного значення.

Серед різноманіття різних класів БпЛА малошвидкісні та маловисотні стали найбільш складними цілями для ураження різними системами та комплексами протиповітряної оборони, стрілецькою зброєю та іншими засобів у зв'язку з їх незначними розмірами, що не дозволяє ефективно виявляти та знищувати дану ціль.

У цих умовах гостро постало питання щодо пошуку альтернативних способів протидії даним БпЛА.

Постановка проблеми. Досвід ведення сучасних збройних конфліктів та війни РФ проти України показує, що повітряні цілі типу БпЛА кардинально змінили форми та методи збройної боротьби, частка ураження військової техніки, особового складу та об'єктів

ударними безпілотними літальними апаратами стала домінуючою у порівнянні з іншими засобами ураження.

Розвитку та вдосконалення БпЛА, їх широке застосування створили необхідність у пошуку нових шляхів боротьби з цими засобами різними способами.

Для протидії БпЛА використовується ряд способів, зокрема, радіоелектронне придушення, де використовуються засоби радіоелектронної боротьби, впливу різного типу випромінювання (лазерне, мікрохвильове, електромагнітне), фізичний вплив на нього зенітно-ракетним, стрілецьким озброєнням. Останній час набуває спосіб, оснований на застосуванні осколкових інженерних боєприпасів, які здатні уражати повітряні цілі створюючи осколкові зони. Проте, ефективність цього способу вимагає додаткових досліджень щодо визначення необхідних параметрів пристроїв з урахуванням факторів, що впливають на ураження малозшвидкісних, маловисотних БпЛА.

Все це свідчить про актуальність цієї тематики та подальшої розробки нових способів протидії малозшвидкісним, маловисотним БпЛА з визначення факторів, які впливають на ефективність їх ураження.

Аналіз попередніх досліджень. Питання щодо протидії малозшвидкісним, маловисотним безпілотним літальним апаратам присвячено ряд досліджень.

Так, у роботі [1] проведений аналіз існуючих безпілотних літальних апаратів, наведені їх характеристики, запропоновані шляхи підвищення ефективності боротьби з малорозмірними надлегкими БпЛА, одним з яких є застосування комплексних системи, що включають у свій состав авіаційні компоненти, системи морського базування та інші.

У роботі [2] представлені можливості використання засобів протиповітряної оборони в боротьбі проти малорозмірних безпілотних літальних апаратів.

Роботи [3-6] присвячені питанням аналізу та застосування пасивних способів протидії безпілотним літальним апаратам з використанням засобів РЕБ, енергетичної зброї, БпЛА перехоплювачів. Запропоновані шляхи підвищення ефективності роботи засобів РЕБ українського виробництва ат проаналізовано застосування лазерної, мікрохвильової, електромагнітної зброї для протидії БпЛА.

У роботі [7] відображено основні проблемні питання і підходи щодо протидії малорозмірним розвідувально-ударним безпілотним літальним апаратам.

У роботах [8, 9] показано можливість використання осколкових інженерних боєприпасів для вирішення завдань по відбиттю атак БпЛА, проведено моделювання ситуації атаки малорозмірних низьколітаючих повітряних цілей та розрахунок імовірності ураження БпЛА осколковими вибуховими пристроями направленої дії типу МОН. Розглядається питання, пов'язані з характеристикою уражаючої дії осколків при підриві різних боєприпасів перед малогабаритною повітряною ціллю та проведемо оцінку їх ефективності.

Сучасні дослідження у сфері протидії БпЛА мають різноманітне направлення щодо застосування різних видів зброї. Окремо необхідно виділити спосіб протидії БпЛА великою кількістю уражаючих елементів інженерних боєприпасів направленої дії.

Отже, **метою статті** є аналіз способів протидії БпЛА для визначення факторів, які впливають на ефективність протидії малозшвидкісним, маловисотним БпЛА.

Виклад основного матеріалу

На сьогодні БпЛА виконують різного роду задачі, а саме: спостереження, розвідка; нанесення ударів по наземних, повітряних, морських цілей, самостійно або засобами ураження; транспортування вантажів; цілевказівки для інших засобів ураження; використання в якості хибних повітряних цілей, постановка радіоелектронних перешкод, при цьому управління ними здійснюється за рахунок оператора або автоматизованим шляхом по

закладеній програмі. Дедалі ширше під час бойових дій почали застосовуються малошвидкісні БпЛА, які рухаються на малих висотах.

Відповідно до класифікації швидкісних та висотних характеристик існують наступні типи БпЛА [10]:

по швидкості польоту: малошвидкісні БпЛА – швидкість польоту становить до 200 км/год (з максимальною швидкістю 250 км/год); середньошвидкісні БпЛА – швидкість польоту від 150 до 400 км/год (з максимальною швидкістю 450 км/год); швидкісні БпЛА – швидкість польоту від 350 до 800 км/год (максимальна швидкість для цього типу становить 900-980 км/год);

по висоті застосування: надмалі висоти (до 200 м); малі висоти (до 1000 м); середні висоти (до 4000 м); висотні (до 12000 м); стратосферні (понад 12000 м).

За досвідом російсько-української війни дані БпЛА почали ефективно використовуватися, як заміна різних засобів ураження в якості БпЛА-камікадзе, ударних БпЛА, а також БпЛА “бомберів”. При цьому необхідно зауважити, що витрачені зенітні снаряди або коштовні ракети на дешеві БпЛА недоцільно.

Основними особливостями застосування малошвидкісних, маловисотних БпЛА є [7]:

використання високо маневрених режимів польоту (“змійка”, або періодичним зависанням та різкою зміною швидкості);

пластикові та композиційні матеріали корпусів БпЛА недостатньо відображають електромагнітне випромінювання;

використання для управління БпЛА не виділених каналів радіоуправління, а вже наявної зв'язкової інфраструктури мобільних операторів зв'язку і точок доступу Wi-Fi;

низька акустична, оптична та радіолокаційна помітність через незначні геометричні розміри і малу ефективність поверхні розсіювання (ЕПР) корпусу БпЛА;

низька вартість БпЛА малого і легкого класів порівняно з вартістю сучасних засобів ППО, що призводить до не ефективності у протидії БпЛА даним засобам.

Основними способами протидії малошвидкісним маловисотним БпЛА є:

радіоелектронне подавлення та ураження енергетичною зброєю;

вогневе ураження та фізичне знищення.

Радіоелектронне подавлення та ураження енергетичною зброєю. Нейтралізація виконання завдань БпЛА за допомогою радіоелектронного подавлення може здійснюватися шляхом виявлення засобами радіоелектронної розвідки джерела випромінювання з подальшим інформаційним подавленням цих сигналів за допомогою систем радіоелектронної боротьби та за рахунок постановки радіоелектронних завад приймачам навігаційних сигналів у певній зоні, що в підсумку дезорієнтує апарат і призводить до зриву виконання ним бойового завдання [11].

Застосування засобів радіоелектронного подавлення проти БпЛА в порівнянні із засобами вогневого ураження має такі переваги:

не витрачають будь-яких матеріальних засобів ураження, а тільки поновлюваний ресурс електромагнітної енергії;

можуть одночасно вражати велику кількість БпЛА, які мають схоже радіоелектронне обладнання, єдину командну радіолінію управління, принципи навігації, засновані на використанні сигналів одних і тих самих супутникових радіонавігаційних систем;

за умови успішного розв'язання цілей, як окремих джерел радіовипромінювань, засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ) можуть бути вибірковими, пригнічуючи тільки джерела радіовипромінювання з певними параметрами, наприклад, пункт управління БпЛА, що формує сигнали супутникових радіонавігаційних систем;

в окремих випадках, за умови успішного розкриття структури сигналів і формату переданих повідомлень у командну радіолінію управління і в каналі навігації, засоби РЕБ дають змогу перехопити керування БпЛА і нав'язати йому хибну траєкторію польоту [11].

Основними недоліками щодо застосування способів радіоелектронного подавлення проти БпЛА є:

вплив засобів РЕБ можливий тільки за умови дотримання електромагнітної доступності БпЛА;

придушення каналу управління і навігації БпЛА можливе тільки за умови активного дистанційного управління БпЛА, з використанням навігації за сигналами супутникової радіонавігаційної системи;

енергетична ефективність засобів РЕБ зменшується пропорційно квадрату відстані, внаслідок цього засоби РЕБ є засобами ближньої дії, причому їхня ефективність зростає в міру наближення БпЛА до контрольного рубежа розташування засобів РЕБ;

малоефективне при використанні груп БпЛА;

вибір профілю польоту на низькій висоті, з урахуванням складок місцевості, завчасне формування для навігаційної системи профілю польоту за електронною картою місцевості, дотримання режиму “радіомовчання”, а також застосування інших способів радіоелектронного захисту БпЛА суттєво знижує можливості засобів РЕБ;

неможливість протидії БпЛА, які застосовуються з оптоволоконним кабелем.

Отже випромінювання відповідних завад засобами РЕБ на БпЛА не може гарантувати його вплив на повітряну ціль та перешкодити його рух в напрямку об'єкту, що охороняється. Дії БпЛА в результаті впливу можуть варіюватися в широкому діапазоні, від продовження польоту за заданою траєкторією до ввімкнення “режиму повернення” на своїй пункти управління [5].

На сучасному етапі розвитку засобів РЕБ у протидії БпЛА досягло багато провідних країн світу, таких як США, Великобританія, Франція, Ізраїль, а також росія та Україна.

В табл. 1 представлено основні технічні характеристики засобів РЕБ іноземного виробництва та України [12-14].

Таблиця 1

Основні технічні характеристики засобів РЕБ для протидії БпЛА іноземного виробництва та України

Найменування виробу	Основне призначення	Країна	Ведення розвідки, ГГц	Перешкоди, ГГц	Дальність подавлення, км
Комплекс AN/MLQ-34	для виконання завдань радіорозвідки та РЕБ	США	0,02-0,15	0,02-0,15	20-30

Комплекс AUDES	для боротьби з мікро та міні БпЛА	Великобританія	до 12-14	до 12	до 8
Система CPB-4030C	для охорони об'єктів та спеціальних підрозділів від БпЛА	Франція	0,1-5,0	0,1-5,0	-
Система ELI-6063	для виконання завдань радіорозвідки та РЕБ	Ізраїль	0,0015-3,0 0,5-40,0	0,0015-3,0 0,5-40,0	-
Комплекс "Шиповник-Аеро"	для боротьби з БпЛА, станціями радіомовлення, командних пунктів зв'язку	рф	25-2500	25-2500 400-900	-
Анклав-УТ	для радіоелектронного подавлення приймачів сигналів систем GPS/GLONASS.	Україна	-	-	15-250
Буковель-АД	для зриву виконання завдань БпЛА шляхом радіоелектронного подавлення приймачів сигналів систем GPS/GLONASS.	Україна	-	-	15-20

Отже, використання способів радіоелектронного подавлення справді є високоефективним і перспективним засобом протидії БпЛА, однак на сучасному етапі свого розвитку вони не дають змоги самостійно гарантовано запобігти дії БпЛА до периметра, що контролюється, мають обмеження щодо застосування. У зв'язку з необхідністю забезпечення електромагнітної сумісності з іншими радіоелектронними засобами, не мають високого ступеню вибіркості щодо цілей, які вражають, і, як наслідок, їх не може бути використано у складі комплексу протидії БпЛА, тільки в сукупності з іншими засобами, насамперед, із засобами фізичного (вогневого) ураження.

Крім засобів РЕБ для протидії БпЛА безконтактної дії можна застосовувати енергетичну зброю, яка має суттєвий вплив на радіотехнічні засоби (РЕЗ) БпЛА, виводячи їх з ладу. До таких засобів відноситься засоби функціонального ураження електромагнітного випромінювання та лазерне випромінювання (лазерна зброя).

Засоби функціонального ураження електромагнітного випромінювання мають велику площу дії та забезпечують ефективне припинення руху БпЛА, що потрапляють в зону ураження, незалежно від дистанційного керування або автономний політ, чи типу навігаційної системи. Ефективність даного засобу протидії ґрунтується на змінах електрофізичних параметрів напівпровідникових елементів численних радіоелектронних засобів (РЕЗ), що функціонують у складі будови БпЛА.

Функціональне ураження електромагнітним випромінюванням – це руйнування або пошкодження елементів РЕЗ шляхом використання одноразових або багаторазових імпульсних електромагнітних впливів, які призводять до незворотних змін електрофізичних параметрів у напівпровідникових або оптико-електронних елементах РЕЗ внаслідок їхнього перегріву.

Основною відмінністю функціонального ураження електромагнітного випромінювання від РЕБ є фізичний принцип завдання шкоди. Під час електромагнітного випромінювання шкоди РЕЗ завдають шляхом незворотної або оборотної зміни фізико-хімічної структури елементів РЕЗ внаслідок впливу електромагнітних полів на матеріали, що входять до складу електронних і напівпровідникових приладів та інших компонентів цих систем. Ефект впливу засобів електромагнітного випромінювання на РЕЗ ґрунтується на можливості зміни фізико-хімічних властивостей електро- і радіоматеріалів при опроміненні їх сильними електромагнітними полями. Незворотні зміни властивостей речовини, що призводять до якісно нових утворень з іншою електромагнітною структурою, відбуваються за значної енергії електромагнітного імпульсу, що впливає.

Потік електромагнітної енергії який виділяє електромагнітна зброя досить високої щільності та здатний випалити напівпровідникові переходи БпЛА, повністю або частково порушивши їх нормальне функціонування. Навіть у кремнієвих сильнострумівих біполярних транзисторів, що володіють підвищеною стійкістю до перегрівання, напруга пробою становить 15-65 В, а в арсенід-галієвих приладів – 10-12 В [6]

До переваг застосування функціонального ураження електромагнітного випромінювання відноситься: здатність електромагнітного імпульсу вражати різні типи БпЛА, ефективність ураження БпЛА не залежить від їхніх габаритів, функціонального призначення; ефективний вплив на БпЛА з високою перешкодозахищеністю до застосування традиційних способів РЕБ; відмова від складних засобів аналізу та імітації сигналів для придушення каналу навігації та радіозв'язку БпЛА, які традиційно використовуються в РЕБ; зниження в низці випадків вимог до якості цілевказівки (за місцем розташування, частотним діапазоном, режимами роботи), яка необхідна для ураження БпЛА. Недоліками даної зброї є висока потужність створюваного електромагнітного випромінювання і складність забезпечення його «вибірковості» щодо радіоелектронних засобів, що вражаються. Це гостро ставить питання забезпечення електромагнітної сумісності засобів функціонального ураження електромагнітного випромінювання з іншими РЕЗ у складі комплексу протидії БпЛА [6].

Лазерна зброя – це енергетична зброя, уражаюча дія якої базується на використанні гостронаправлених променів електромагнітної енергії або концентрованого пучка елементарних частинок, розігнаних до великих швидкостей. Уражаюча дія лазерного променя полягає у нагріванні до високих температур матеріалів об'єкта опромінення, їхнє розплавлення і навіть випаровування. Лазерні системи мають певні ключові переваги у боротьбі з роями БпЛА. На відміну від класичної зброї промені з неймовірною точністю досягають цілі зі швидкістю світла [6].

Лазерна зброя здатна генерувати електромагнітні випромінювання в широкому

оптичному діапазоні, проте як засіб функціонального ураження для них практичний інтерес представляють оптичні квантові генератори в області прозорості атмосфери, які відповідають імпульсу оптичного діапазону $\lambda=0,5-2$ мкм, за виключенням непрозорих ділянок атмосфери $\lambda=0,95, 1,15, 1,3-1,5$ мкм. Дія лазерного випромінювання відрізняється раптовістю, скритністю, відсутністю дією внутрішніх ознак навколишнього середовища і практичної миттєвої дії [6].

Основними недоліками при використанні лазерної зброї є:

обмежена дальність (діапазон дії лазерів обмежений, і вони можуть бути менш ефективними на великій відстані);

погодні умови (атмосферні умови, такі як дощ, туман або сніг, можуть впливати на ефективність лазерів);

потреба в точній мірі (для успішного застосування лазерної зброї потрібно точно визначити ціль та встановити зв'язок з нею);

попри низьку вартість пострілу, висока вартість обладнання.

Через великі розміри необхідних елементів живлення, що виготовляються на основі існуючих технологій, поки що досить проблематично створити лазерну зброю невеликого розміру. У зв'язку з цим основним напрямом сучасних розробок лазерної зброї, призначеної для прямого знищення цілей, є великі мобільні та стаціонарні системи наземного, морського та повітряного базування.

Отже, енергетична зброя може використовуватися в боротьбі з БпЛА в певних умовах, особливо на коротких відстанях та в умовах, коли точність та швидкість реакції є важливими факторами. Проте вона не є універсальним засобом і вимагає спеціалізованих знань та обладнання для ефективного використання.

Фізичне знищення. Для боротьби малозшвидкісними, маловисотними БпЛА засобами фізичного впливу використовують різноманітні засоби ураження такі як зенітно-керовані ракети, осколково-фугасні та осколкові фугасно-запалювальні зенітні снаряди, осколкові боеприпаси різних типів, стрілецька зброя, осколкові інженерні боеприпаси.

Практичний досвід застосування зенітно-керованих ракет проти малорозмірних БпЛА свідчить про низьку ефективність їх ураження [12].

Основними причинами цього являється недосконалість системи управління підривом бойової частини ракети, а також великі помилки супроводу цілі та наведення їх на відповідні цілі.

Для використання переносних зенітно-ракетних комплексів складність ураження даних цілей визначається її виявленням, за рахунок малих розмірів, маневреністю та малою акустикою БпЛА. В даному випадку також враховується людський фактор, для зенітника-стрілка пуск зенітно-керованих ракет буде вкрай важким який обумовлений наступними факторами, а саме:

зменшення контрасту зображення цілі при русі оптичного приладу спостереження;

зорова втома розрахунку;

низький рівень акустичного шуму двигуна, що унеможливує його виявлення;

скорочення часу на аналіз оглядового простору.

При виявленні цілі система наведення зенітно-керованої ракети переносних зенітно-ракетних комплексів може не здійснити захват цілі, це визначається тепловою контрастністю малорозмірних БпЛА [15].

У табл. 2 представлені основні технічні характеристики зенітно-керованих ракет, які використовуються для ураження БпЛА [3].

Основні технічні характеристики зенітно-керованих ракет які використовуються для ураження БпЛА

Тип ракети	Система наведення	Висота, км	Швидкість, м/с	Дальність ураження, км	Ціна
Martlet	Радіолокаційна	0,01–3,0	510	0,3–8,0	1054932,0
Stinger	Радіолокаційна	0,01–3,8	750	0,2–4,5	296577,7
Starstreak	Лазерна	0,01–5,0	857	0,3–6,0	657377,0
Стрела-2М	Інфрачервона	0,01–2,3	630	0,8–4,2	196345,7
Стрела-3	Інфрачервона	0,01–3,5	570	0,5–5,0	1305804,1
RBS-70	Лазерна	0,01–3,0	525	0,2–5,0	291873,1

Наявність теплового сліду для даних засобів дозволяє дещо підвищити ймовірність ураження повітряної цілі, проте її інтенсивне маневрування може унеможливити використання фактору помітності [12].

При цьому цим менша за розмірами повітряна ціль тим тяжче здійснити самонаведення ракети, де кутова роздільна здатність оптико-електронних засобів наведення для виявлення БпЛА і подальшого його супроводження на дальності 3000 м складає $0,009^\circ$. Навіть при високій швидкості польоту зенітно-керованих ракет, з наявними поперечними перевагами, не дає змоги виправити помилку наведення. Ведення і ракета проходить на дистанції, яка не дає змоги вразити ціль. При цьому слід враховувати, що повітряна ціль на малих відстанях від ракети “випадає” з поля захоплення системи наведення [15]. Враховуючи дані фактори та класифікацію БпЛА, можна зауважити, що вони являються тяжкою цілю для існуючих засобів ураження зенітно-керованих ракет.

При ведення зенітного вогню по малозшвидкісним, маловисотним БпЛА необхідно завчасно призначати вогневі засоби ППО із числа зенітно-артилерійських та зенітних ракетно-гарматних комплексів, які здатні ефективно виявляти та уражати повітряні цілі з малою ефективною площею розсіювання (ЕПР). Ефективне ураження малорозмірних БпЛА існуючими ЗРК можливо лише з ЕПР не менше $0,1 \text{ м}^2$. Бойова робота по цілям з меншими ЕПР сучасними зенітними комплексами практично неможлива [3].

Основними чинниками які впливають на ЕПР є: матеріал з якого виготовлена ціль; розміри цілі; кут падіння та відбивання випромінювання; поляризація випромінювання по відношенню до орієнтації цілі.

Для забезпечення ураження необхідно підвищити щільність вогню та збільшити ймовірність ураження за рахунок великої кількості уражаючих елементів. Для створення високої щільності зенітного вогню під час стрільби необхідно застосовувати швидкісні гарматні стволи, де на одній платформі буде знаходитися декілька стволів (4–8). Швидкострільність стволів має досягати не менше 4000–4500 пострілів/хв [15].

Зенітні снаряди цих засобів повинні мати високу пробивну здатність за рахунок збільшення числа уражаючих елементів (100-150 у кожному снаряді). При цьому зона уламків утворюється з урахуванням розмірів і параметрів повітряної цілі типу БпЛА, щоб забезпечити її гарантоване ураження. Перспективними можуть бути снаряди із вражаючими елементами у вигляді вольфрамових ниток (голок, осколків, сітки, тощо) [15].

У табл. 3 представлені основні зенітні снаряди та зенітно-ракетні комплекси (ЗРК), які використовуватися для ураження повітряних цілей типу БпЛА на основі аналізу російсько-української війни [16].

Таблиця 3

Основні зенітні снаряди та ЗРК, які використовуються для ураження БпЛА

Тип ЗРК	Позначення	Найменування зенітного снаряду	Калібр, мм	Початкова швидкість, м/с	Скорострільність, постріл/хв	Ефективна дальність ураження, м
ЗУ-23-2	ОФЗ	Осколково-фугасні	23x152	980	2000	2000
	ОФЗТ	Осколково-фугасні запалювальні				
ЗСУ-24 “Шилка”	ОФЗ	Осколково-фугасні	23x152	980	660	1500
	ОФЗТ	Осколково-фугасні запалювальні				
2С6 “Тунгуска”	ОФЗТ	Осколково-фугасні запалювальні	30x165	970	4000	2000
ЗСУ “Гепард”	НЕІ	Осколково-фугасні запалювальні	35x228	1175	550	3000
	АНЕАД	Програмний осколковий снаряд з повітряним підривом				
ЗАК С-60	УОР-281	Осколковий із ударним підривником	57x348	1000	120	5000
	ЗУО6	Осколковий з безконтактним підривником				
	ЗУО7	Керований снаряд з дистанційним підривом				
ЗАК “Skynex”	НЕІ	Осколково-фугасні запалювальні	35x228	1175	1000	4000

	АНЕ AD	Програмний осколковий снаряд з повітряним підривом				
--	-----------	--	--	--	--	--

При стрільбі по малорозмірним БпЛА випадок прямого влучення снаряду в таку ціль практично неможливий, тому система підриву бойової частини зенітного снаряду повинна бути безконтактною. Снаряд повинен мати систему дистанційного підриву, що забезпечить утворення зони осколків у місці знаходження цілі та її ураження буде більше ефективне.

Для використання вогнепальної зброї необхідно забезпечити влучення в ціль елемента, що уражає, і його достатню дію по цілі. Імовірність влучення у БпЛА залежить від його розмірів і дистанції стрільби, а також купчастості та влучності стрільби. На дію елемента, що уражає по цілі впливає його кінетична енергія, яка залежить від дульної енергії та відстані до цілі. Таким чином, характеристики БпЛА, зокрема його розміри, висота польоту та швидкість руху, прямо впливають на імовірність його ураження з вогнепальної зброї.

Вогонь по такій цілі ведеться, як правило у декілька точок на дальність 700-1000 м, загороджувальним способом. Основним показником таких цілей є швидкість їх руху, яка впливає на випередження точки прицілювання, тому необхідно значно виносити точку прицілювання, що суттєво знижує імовірність влучення в ціль та її ураження.

Крім того, необхідно зауважити, що застосування зенітно-ракетного озброєння по малорозмірним БпЛА є неефективним на недоцільним з економічної точки зору.

В цих умовах одним із способів ураження малошвидкісної, маловисотні БпЛА є використання осколкових інженерних боеприпасів різних типів, принцип яких заснований на ураженні повітряної цілі високошвидкісним потоком великої кількості уражаючих елементів (осколків) з різною конфігурацією, які викидаються зарядом бризантної вибухової речовини.

Оцінка ефективності осколкової дії для ураження таких повітряних цілей має ряд особливостей, які необхідно враховувати під час протидії малошвидкісним, маловисотним БпЛА, а саме:

швидкість цілі може порівнюватися зі швидкістю осколків, тому часові показники польоту осколків до точки зустрічі повітряної цілі зміщується на відстань, якою не можна знехтувати;

характерні розміри зони ураження при знищенні повітряної цілі мають відповідати розмірам даної цілі, яку не можна вважати малорозмірною, а поле однорідним на проекції цілі, необхідно враховувати просторове розташування цілі.

При визначенні ефективності осколкової дії на БпЛА розглядаються також питання початкової та критичної швидкості руху осколків та їх характеристики (форма, розміри, вага, матеріал). При цьому основним принципом ураження даної цілі для осколкових боеприпасів є визначення впливу осколкового поля на цілі які уражаються з основними параметрами осколків.

На рис. 1 схематично показано розподіл основних параметрів осколкового поля з основними параметрами осколків.

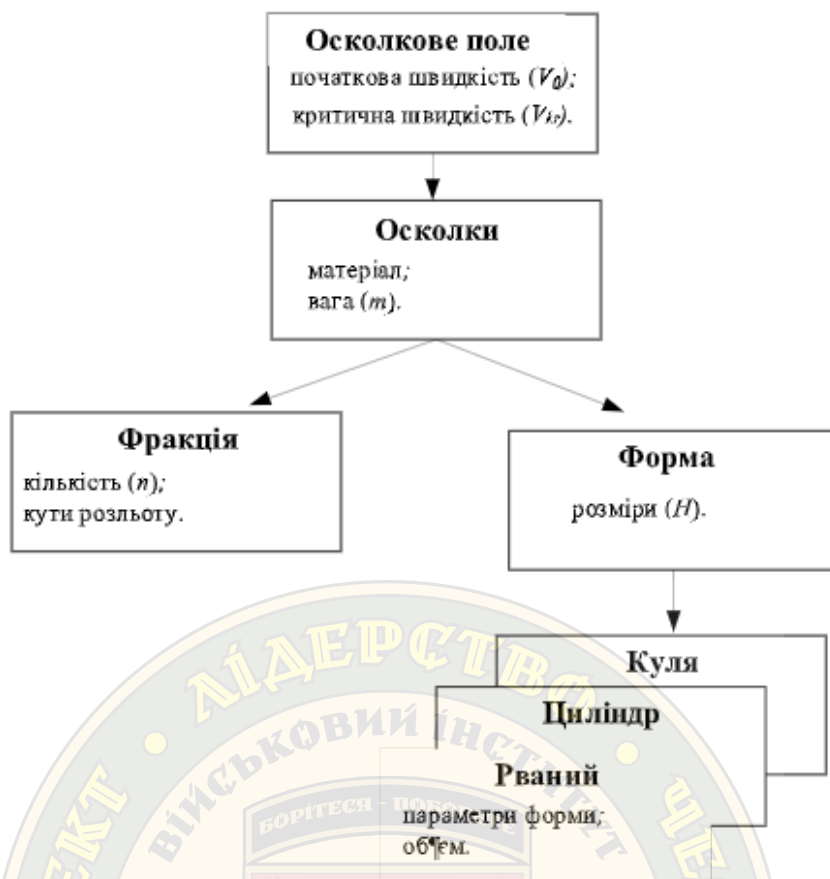


Рисунок 1 – Схема основних параметрів осколкового поля

Осколкові боеприпаси можуть ефективно використовуватися для ураження малошвидкісних, маловисотних БПЛА та створення систем (комплексів) протидії даним засобам з врахуванням основних параметрів осколкової дії та факторів що впливають на ураження даних цілей.

Отже основними факторами, що впливають на ураження малошвидкісних, маловисотних БПЛА є:

- зовнішньо-траекторні параметри (швидкість руху, висота, дирекційний кут);
- координати та час знаходження БПЛА у зоні ураження;
- демаскуючі ознаки, їх геометричні параметри, конструктивні особливості та матеріали корпусу;
- сила опору середовища (коефіцієнт опору повітря);
- супровід цілі та наведення засобу ураження на ціль;
- кількісний показник засобів ураження (уражаючих елементів), щільність уражаючих елементів, ширина (розміри) зони ураження;
- дальність ураження та ідентифікація (розпізнання) повітряної цілі;
- людський фактор (зорова втома, час на прийняття рішення, низький рівень акустичного шуму);
- показник ефективність/вартість.

Аналіз способів протидії малошвидкісним, маловисотним БПЛА показав, що дане питання потребує пошуку нестандартних рішень, які забезпечили б підвищення ефективності комплексу заходів виявлення та ураження БПЛА.

Висновки. На сьогодні використання різних способів щодо протидії малорозмірним, молівисотним БПЛА є пріоритетним завданням, при цьому необхідно звернути увагу на використання засобів, які використовують осколкову дію на БПЛА як ефективний спосіб ураження цілі.

У цій роботі проведений аналіз основних способів протидії малорозмірним, молівисотним БПЛА - радіоелектронного подавлення, ураження енергетичною зброєю та фізичне знищення. Визначено основні фактори, які впливають на ураження даних повітряних цілей. Показано, що найбільш ефективним є ураження БПЛА хмарою осколків. В подальших дослідженнях врахування визначених факторів, що впливають на протидію БПЛА, дозволять підвищити ефективність застосування різноманітного озброєння проти БПЛА, зокрема, і за рахунок використання осколкових вибухових пристроїв направленої дії.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Соколовський В.В., Самсонов Ю.В. Проблемні питання та перспективні напрямки боротьби з малорозмірними надлегкими БЛА у внутрішньому збройному конфлікті. Система озброєння і військова техніка, НАНГУ, Харків, 2015. Вип. 4(44). С.32-35.
2. Еремін Г. В., Гаврилов А. Д., Назарчук И. И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО. [Електронний ресурс]. Отвага. Вип. 6 (14). С. 33-45. URL: <http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpkvzglyad/malorazmernye-bespilotniki/> (Дата звернення 15.04.2024).
3. Ростопчин В.В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния. Беспилотная авиация. 2019. С. 1-47. URL: <https://cyberleninka.ru/> (Дата звернення 29.07.2024).
4. Мельничук А.И., Горячев Н.В., Юрков Н.К. Способы и средства противодействия беспилотным летательным аппаратам. Надежность и качество сложных систем, 2020. Вип. 4 (32). С 131-138. URL: <https://cyberleninka.ru/> (Дата звернення 14.03.2024).
5. Шумигай О.В., Єрмоленко О.В. Сучасний стан багатофункціональних засобів та комплексів радіоелектронної боротьби. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 2020. Вип. 3(5). С. 119-125.
6. Шаптала С.О., Романенко Є.О., Хращевський Р.В. Використання лазерів для протидії безпілотним літальним апаратам. Науковий журнал “Наука і техніка”. Київ, 2023. Вип. 11 (25). С. 617-629.
7. Пантенков Д.Г., Литвиненко В.П., Глушков А.Н. Основные проблемные вопросы и современные подходы к противодействию малоразмерным разведывательно-ударным беспилотным летательным аппаратам. Вестник Воронежского государственного технического университета, 2023. Вип. 4. С. 77-88
8. Ленков С., Кривцун В., Мірошніченко О., Голушко С., Кольцов Р. Аналіз стану розвитку питання захисту об'єктів критичної інфраструктури з використанням інженерних боєприпасів. Науковий журнал Underwater technologies industrial and civil engineering, 2023. С 81-91. <https://doi.org/10.32347/uwt.2023.13.1803>
9. Кривцун В.І., Голушко С.Л. Аналіз способів та засобів протидії безпілотним літальним апаратам та напрямки їх вдосконалення. Social Development and Security, 2024. Вип. 4(14). С. 210-222. DOI:10.33445/sds.2024.14.4.17.
10. Тимочко О.І., Голубничий Д.Ю., Третьяк В.Ф., Рубан І.В. Класифікація безпілотних літальних апаратів. Системи озброєння і військова техніка, 2007, ХНУПС. Вип. 1(9). С. 61-66.
11. Макаренко С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. [Електронний ресурс]. Часть 3. Радиоэлектронное подавление систем навигации и радиосвязи. 2020 URL:<http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Макаренко.pdf>.
12. Ярош С.П., Гур'єв Д.О. Обґрунтування можливостей застосування сучасного удосконаленого та перспективного озброєння для боротьби з безпілотними літальними апаратами в угрупованні зенітно-ракетний військ. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, ХНУПС, 2021. Вип. 3(44). С.88-100. DOI: 10.30748/nitps.2021.44.

13. Обзор украинских средств РЭБ против БЛА: веб-сайт. URL: <https://sivator.com/41786-obzor-ukrainskih-sredstv-reb-protiv-bla.html>.
14. Обзор техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ): веб-сайт. URL: <https://topwar.ru/35564-obzor-tehniki-radioelektronnoy-borby-reb-ukrainskogo-proizvodstva.html>.
15. Макаренко С.И., Тимошенко А.В. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2. 2020. URL:<http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf>.
16. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення РФ в Україну // Міністерство оборони України, Генеральний Штаб ЗС України, Центр досліджень воєнної історії ЗС України. Київ: Вид. Ліра-К, 2023. 243 с.

REFERENCES:

1. Sokolovskiy V.V., Samsonov Yu.V. (2015) “Problemni pytannia ta perspektyvni napriamky borotby z malorozmirnymu nadlehkymu BLA u vnutrishnomu zbroinomu konflikti” [Problematic Issues and Promising Directions of Combating Small-Sized Ultra-Light UAVs in the Internal Armed Conflict] Weapons system and military equipment, NANU, Kharkiv. No. 4(44). pp.32-35.
2. Eremyn N. V., Havrylov A. D., Nazarchuk Y. Y. (2014) “Malorazmernye bespilotnyky – novaia problema dlia PVO” [Small-sized drones - a new problem for air defence.] Otvaga. No. 6 (14). pp. 33-45 URL: <http://otvaga2014.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpkvzglyad/malorazmernye-bespilotniki/> (accessed 15 April 2024).
3. Rostopchyn V.V. (2019) “Udarnye bespilotnye letatelnye apparaty u protyvovozdushnaia oborona – problemy u perspektivy protyvostoiania” [Strike drones and air defence - problems and prospects of confrontation] Unmanned Aviation, pp. 1-47. URL: <https://cyberleninka.ru/> (accessed 29 July 2024).
4. Melnychuk A.Y., Horiachev N.V., Yurkov N.K. (2020) “Sposoby u sredstva protyvodeistviya bespilotnym letatelnym apparatam” [Ways and means of countering unmanned aerial vehicles] Reliability and quality of complex systems, No. 4(32). pp. 131-138. URL: <https://cyberleninka.ru/> (accessed 14 March 2024).
5. Shumyhai O.V., Yermolenko O.V. (2020) “Suchasnyi stan bahatofunktsionalnykh zasobiv ta kompleksiv radioelektronnoi borotby” [The current state of multifunctional electronic warfare means and complexes.] Collection of scientific papers of the State Research Institute for Testing and Certification of Arms and Military Equipment , No. 3(5). pp. 119-125.
6. Shaptala S.O., Romanenko Ye.O., Khrashchevskiy R.V. “Vykorystannia lazeriv dlia protydiv bezpilotnym litalnym aparatam” [The use of lasers to counteract unmanned aerial vehicles] Scientific journal “Science and Technology” No. 11(25). pp. 617-629.
7. Pantenkov D.H., Lytvynenko V.P., Hlushkov A.N. (2023) “Osnovnye problemnye voprosy u sovremennye podkhody k protyvodeistviyu malorazmernym razvedyvatelno-udarnym bespilotnym letatelnym aparatam” [The main problematic issues and modern approaches to countering small-sized reconnaissance and strike drones] Vesnik Voronezh State Technical University, No. 4. pp. 77-88.
8. Lienkov S., Kryvtsun V., Mirosnichenko O., Holushko S., Koltsov R. (2023). “Analiz stanu rozvytku pytannia zakhystu ob'ektiv krytychnoi infrastruktury z vykorystanniam inzhenernykh boieprypasiv”. [Analysis of the state of development of the issue of protection of critical infrastructure facilities using engineered munitions]. pp 81-91.
9. Kryvtsun V.I., Holushko S.L. (2024) “Analiz sposobiv ta zasobiv protydiv bezpilotnym litalnym aparatam ta napriamky yikh vdoskonalennia” [Analysis of ways and means of counteracting unmanned aerial vehicles and areas for their improvement] Social Development and Security, No. 4(14). pp. 210-222.
10. Tymochko O.I., Holubnychyi D.Iu., Tretiak V.F., Ruban I.V. (2007) Klyasifikatsiia bezpilotnykh litalnykh aparativ [Classification of unmanned aerial vehicles] Weapons systems and military equipment, No. 1(9). pp. 61-66.
11. Makarenko S. Y. (2020) “Analiz sredstv y sposobov protyvodeistviya bespilotnym letatelnym apparatam” [Analysis of means and methods of counteraction to unmanned aerial vehicles] Part 3. Radio-electronic suppression of navigation and radio communication systems. URL:<http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf>.

12. Yarosh S.P., Huriev D.O. (2021) “Obgruntuvannia mozhlyvostei zastosuvannia suchasnoho udoskonalenoho ta perspektyvnoho ozbroiennia dlia borotby z bezpilotnymi litalnymi aparatamy v uhrupovanni zenitno-raketnyi viisk” [Substantiation of the possibilities of using modern advanced and advanced weapons to combat unmanned aerial vehicles in the grouping of anti-aircraft missile forces] Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, KhNUPS, No. 3(44). pp.88-100.

13. Obzor ukraynskykh sredstv RƏB protyv BLA [Overview of Ukrainian anti-UAV electronic warfare equipment] URL: <https://sivator.com/41786-obzor-ukrainskih-sredstv-reb-protiv-bla.html>.

14. Obzor tekhniky radyoelektronnoi borby (RƏB) [An overview of electronic warfare (EW) technology] URL: <https://topwar.ru/35564-obzor-tehniki-radioelektronnoy-borby-reb-ukrainskogo-proizvodstva.html>.

15. Makarenko S.Y., Tymoshenko A.V. (2020) “Analyz sredstv y sposobov protyvodeistviya bespilotnym letatelnykh apparatam” [Analysis of means and methods of counteraction to unmanned aerial vehicles] Part 2. URL:<http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf>.

16. Dovidnyk-kataloh osnovnykh zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky yaki zastosovuvayusia protyborchymy storonamy pid chas vidsichi shyrokomasshtabnoho vtorhnennia rf v Ukrainu (2023) [Dovidnyk-kataloh osnovnykh zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky yaki zastosovuvayusia protyborchymy storonamy pid chas vidsichi shyrokomasshtabnoho vtorhnennia vtorhnennia rf v Ukrainu] Ministry of Defence of Ukraine, General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Centre for Military History Research of the Armed Forces of Ukraine. Kyiv: Lira-K Publishing House, 243 p.

Ph.D. Kryvtsun V.I., Dr. Tech. Sci., prof. Lienkov S.V.,

Ph.D. Loza B. M., Dr. Tech. Sci. Holushko S.L.

ANALYSIS OF WAYS TO COUNTER LOW-SPEED, LOW-ALTITUDE UNMANNED AERIAL VEHICLES

According to the experience of modern warfare, there is a tendency to increase the number of unmanned aerial vehicles used to destroy equipment, personnel and various objects. Losses of weapons, military equipment and personnel from such weapons have become the largest in comparison with other means of destruction.

To counteract such weapons, various anti-aircraft missile systems, electronic warfare equipment, and mobile fire groups are used. The most problematic issue for destruction means is the destruction of low-speed, low-altitude unmanned aerial vehicles due to their design features and wide range of applications. The main ways of countering such means are radio-electronic jamming, energy weapons and physical destruction.

The article analyses the ways of counteracting low-speed, low-altitude unmanned aerial vehicles and presents the main factors that affect the defeat of these air targets. The article describes the procedure for neutralising UAVs by means of electronic jamming, and considers the issues of defeating them with energy weapons. The article analyses the use of destruction means such as anti-aircraft guided missiles, high-explosive fragmentation and high-explosive incendiary anti-aircraft shells, fragmentation ammunition of various types, their advantages and weaknesses.

Key words: unmanned aerial vehicle, means of destruction, anti-aircraft missile systems, fragmentation munitions, fragmentation effect, fragmentation explosive device of directed action, electronic warfare.