The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

Military Science. Vol. 2 No.4 (2024)

DOI: 10.62524/msj.2024.2.4.17

Активні способи боротьби із безпілотними літальними апаратами у сучасних умовах ведення бойових дій

Олександр Завацький
кандидат військових наук, старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного відділу
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: Zavoleksan@meta.ua
ORCID: 0009-0008-9737-3861

Юрій Талкін
науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: talkinuriy@gmail.com
ORCID: 0009-0000-8703-047X

Андрій Мельниченко
Ад'юнкт
Національний університет оборони України
03049, проспект Повітряних Сил, 28, Київ, Україна
e-mail: gatling.511@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6072-4989

Анотація. Досвід ведення російсько-української війни засвідчив, що змінюються основні підходи до ведення сучасних війн, збройних конфліктів та бойових дій. Однією з таких яскравих змін є застосування протиборчими сторонами у районах ведення бойових дій ударних безпілотних літальних апаратів, а саме FPV-дронів та дронів зі "скидами", для виконання завдань вогневого ураження озброєння та військової техніки, особового складу противника, військових та інших об'єктів різного призначення. Фактично ці дрони стали високоточними засобами вогневого ураження тактичного рівня, чого досі не було у світовій практиці. Зазначена зміна відбулась через виникнення на початку 2023 року на лінії бойового зіткнення "снарядного голоду" з обох сторін. Виходом із цієї ситуації стало застосування цивільних безпілотних літальних апаратів мультироторного типу, які були розроблені для проведення різного типу розваг (перегони дронів тощо) та у подальшому переобладнувались в ударні варіанти. Сили і засоби протиповітряної оборони Збройних Сил України стали малоефективними проти малорозмірних, малопомітних і маловисотних безпілотних літальних апаратів першого класу, а висока швидкість та маневреність значно ускладнили їх знищення засобами вогневого ураження загальновійськових підрозділів. Унаслідок цього постала нагальна потреба в боротьбі з ними шляхом застосування не тільки активних засобів вогневого ураження, радіоелектронної боротьби та інших, а й пасивних засобів інженерної підтримки, аерозольного маскування тощо. У зв'язку із цим автори статті ставили собі мету визначити наявні й ті, що розробляються та випробовуються, активні способи боротьби із сучасними безпілотними літальними апаратами. Провідним методом для дослідження цієї проблеми є узагальнення, що дозволяє визначити активні способи боротьби із безпілотними

літальними апаратами у сучасних умовах. У статті розглянуто такі способи, а також типові засоби та їхнє призначення й основні характеристики, за допомогою яких реалізуються ці способи. Матеріали статті становлять практичну цінність для органів військового управління, вищих військових навчальних закладів та наукових установ, яких залучено до процесів розроблення озброєння та військової техніки, боротьби із безпілотними літальними апаратами, а також обґрунтування вимог до цього озброєння та військової техніки.

Ключові слова: радіоелектронна боротьба, засоби ППО, лазерна зброя, електромагнітна зброя, БпЛА-перехоплювачі.

Вступ (Introduction)

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) через невисоку вартість набули масового розповсюдження у всіх сферах, зокрема й у військовій. Зважаючи на загрозу застосування БпЛА у терористичних актах, а також досвід їх застосування у російсько-українській війні, світові виробники звернули увагу на проблему боротьби із БпЛА. Причому слід відзначити, що особливо бурхливо розвивалися засоби боротьби із БпЛА І-го класу, а саме FPV-дрони та дрони зі “скидами”, які активно застосовуються у російсько-українській війні.

Аналіз засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) та засобів інженерної підтримки щодо протидії БпЛА здійснено у [17]. Аналіз засобів знищення БпЛА висвітлено у [10]. Засоби боротьби із БпЛА розглянуто у [5], [8], [11]. Деякі засоби РЕБ із БпЛА в узагальненому вигляді досліджено у [3], [4].

Разом із тим, результати аналізу способів та засобів протидії БпЛА висвітлено в узагальненому вигляді та не у повному об’ємі, без наведення нових активних способів боротьби із сучасними БпЛА з огляду на досвід ведення російсько-української війни. Це не повною мірою дозволяє нині визначити весь перелік активних способів боротьби із БпЛА, у тому числі з урахуванням досвіду ведення російсько-української війни.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю узагальнити наявні та перспективні активні способи боротьби із БпЛА у сучасних умовах, оскільки ми спостерігаємо активний розвиток засобів боротьби із цими БпЛА, особливо під час ведення війни, розв’язаної росією в Україні.

Методологічна основа (Methodological Framework)

Кожний спосіб боротьби, у тому числі із БпЛА, передбачає порядок і прийоми застосування конкретного засобу або певної кількості засобів для досягнення ефекту, що передбачається. Тобто в основі кожного способу є конкретний засіб (засоби), який у подальшому буде застосовуватись за визначеним порядком та прийомами.

У сучасних умовах ведення бойових дій, і враховуючи досвід ведення російсько-української війни, способи боротьби із БпЛА є ключовими елементами тактики застосування будь-яких (підрозділів) Збройних Сил України (ЗС України), які залучаються до ведення бойових дій у тактичній глибині дій військ (сил).

Результати і обговорення (Results and Discussions)

На цей час активними способами боротьби із БпЛА є ті, що базуються на застосуванні вогневих засобів, і ті, що передбачають застосування невогневих засобів.

До способів боротьби із БпЛА із застосуванням вогневих засобів належать ті, що передбачають застосування комплексів та засобів традиційних систем протиповітряної оборони (ППО) (зенітних ракетних комплексів (ЗРК), зенітних ракетно-гарматних комплексів (ЗРГК), зенітно-артилерійських комплексів (ЗАК), переносних зенітно-ракетних комплексів (ПЗРК) тощо).

До способів боротьби із БпЛА із застосуванням невогневих засобів належать ті, що передбачають застосування: комплексів та засобів подавлення радіоканалів управління, телеметрії та передавання цільової інформації БпЛА, а також інформаційного впливу на системи управління БпЛА; лазерних засобів ураження БпЛА; БпЛА-перехоплювачів; зразків електромагнітного ураження БпЛА.

Зазначені способи реалізуються із застосуванням комплексів та засобів наземного, морського і повітряного базування, при цьому самі комплекси (засоби) можуть бути переносними, мобільними, розміщеними безпосередньо на транспортних платформах або розробленими у стаціонарному варіанті.

Беручи до уваги те, що опис кожного способу боротьби з деталізацією порядку та прийомів застосування певних засобів займає суттєву частину тексту, у статті буде зосереджено увагу на описі комплексів (засобів), які становлять основу кожного способу боротьби із БпЛА.

На рис. 1 зображено п’ять основних груп способів боротьби із БпЛА, в основі яких є застосування певних комплексів (засобів).



Рисунок 1. Основні групи активних способів боротьби із БпЛА

Кожний із наведених на рис. 1 активних способів боротьби із БпЛА має свої певні особливості застосування, а також низку переваг та недоліків, опис яких буде надано далі.

Застосування засобів РЕБ із БпЛА. Фізичне знищення БпЛА пов’язано з низкою складнощів під час виявлення та ураження вогневими засобами, особливо малорозмірних, малопомітних і маловисотних БпЛА. Тому одним із напрямів боротьби із БпЛА є подавлення його радіоелектронних засобів (РЕЗ) засобами РЕБ. Радіоподавлення (РП) каналів управління, телеметрії та передавання цільової інформації БпЛА засобами РЕБ здатне, як

мінімум, перешкодити виконанню польотного завдання, а в кращому випадку – зірвати його виконання.

На радіоелектронні системи (засоби) безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) противника може здійснюватися вплив шляхом постановки радіоперешкод:

радіоприймачам сигналів каналів управління (використовується для передавання команд від пульта управління до БпЛА під час польоту);

радіоприймачам сигналів каналів телеметрії (використовується для контролю за параметрами бортових систем БпЛА, його положенням у просторі, швидкістю, висотою тощо);

радіоприймачам сигналів каналів передавання цільової інформації;

радіоприймачам сигналів систем супутникових радіонавігаційних систем (СРНС).

Для постановки радіоперешкод зазначеним вище радіоприймачам засобами РЕБ та засобами електронної підтримки РЕБ спочатку здійснюється пошук, виявлення та ідентифікація радіоканалів управління, телеметрії та передавання цільової інформації БпЛА. У подальшому комплексами (засобами) РЕБ здійснюється їх РП залежно від умов розвіддосяжності та радіоелектронної обстановки, що склалась.

Для успішного виконання завдань РЕБ із БпЛА противника необхідно здійснювати комплексне РП каналів управління, телеметрії та передавання цільової інформації БпЛА, а також радіоприймачів сигналів СРНС.

На рис. 2 зображено узагальнену структурну схему способу впливу на БпЛА комплексами (засобами) РЕБ.

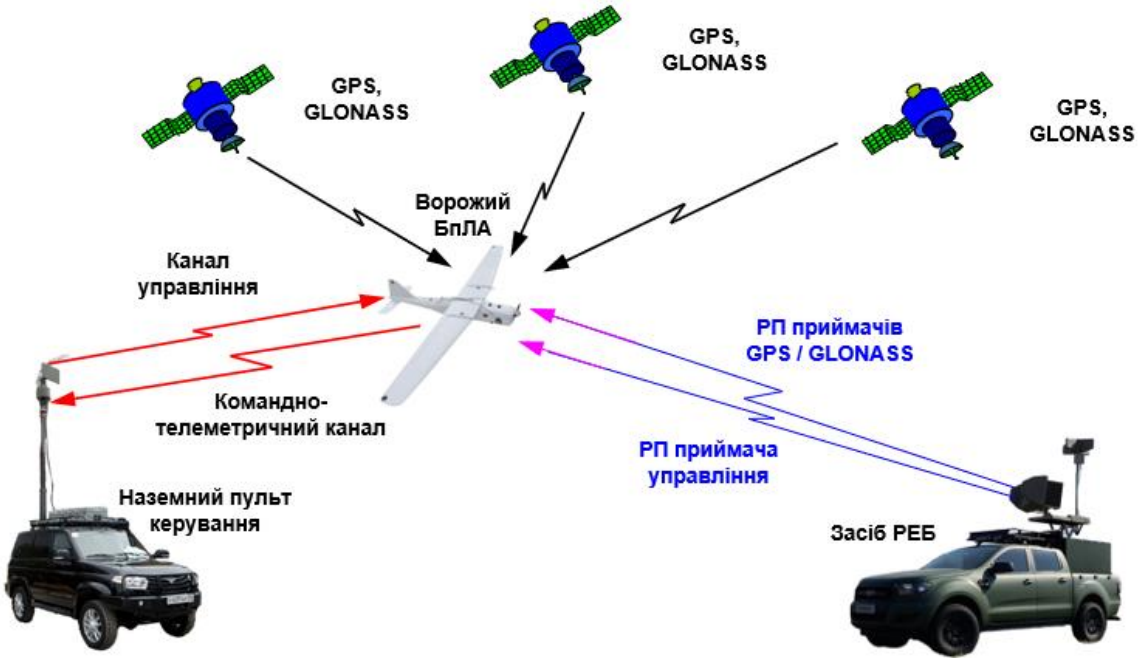


Рисунок 2. Узагальнена структурна схема способу впливу на БпЛА комплексами (засобами) РЕБ

У табл. 1 наведено основні характеристики та зовнішній вигляд сучасних комплексів (засобів) РЕБ із БпЛА, які прийняті на озброєння або допущені до експлуатації у ЗС України.

У табл. 2 представлено основні характеристики та зовнішній вигляд засобів РЕБ із БпЛА “ближньої дії”.

Таблиця 1. Комплекси (засоби) РЕБ із БпЛА тактичного рівня

Характеристика	Комплекс (засіб) РЕБ із БпЛА			
Зовнішній вигляд				
Найменування	“Буковель АД”	“Andronis”	“Полонез”	“AUDS”
Робочий діапазон частот, МГц	260–6000	20–6000	400–2500	1575,42; 1597,0–1606,5; 433, 915, 2400
Дальність розвідки, км	25	40	12	10
Дальність подавлення, км	15	15	8	8
Потужність радіоперешкоди, Вт	750	200	75	100
Країна-виробник	Україна	Німеччина	Україна	Велика Британія

Таблиця 2. Засоби РЕБ із БпЛА “ближньої дії”

Характеристика	Засіб РЕБ із БпЛА				
Зовнішній вигляд					
Найменування	“Sky Wiper Omni”	STR50-1V “Шатро”	BMX160-4 MS “Бумбокс”	“КВЕРТУС AD COUNTER FPV”	“КВЕРТУС AD KRAKEN-A”
Робочий діапазон частот, МГц	260–6000	900	850–930; 1550–1620; 2400–2480; 5725–5850	850–940	700–5900
Дальність подавлення, км	1,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Потужність радіоперешкоди, Вт	100	50	50	60	50
Країна-виробник	Литва	Україна	Україна	Україна	Україна

Одним із ефективних способів РЕБ із БпЛА противника є підміна супутникового радіонавігаційного поля (“спуфінг”). Цей спосіб передбачає приймання хибних сигналів від супутників, що дозволяє ввести бортову апаратуру БпЛА в оману стосовно свого місцеположення.

Застосування засобів ППО. Найбільш простим і логічним способом позбутися ворожого БпЛА є його знищення. Головною проблемою при цьому є виявлення (пошук, виявлення, ідентифікація та супроводження) цілі й здійснення успішної атаки на неї. Для знищення БпЛА може використовуватися озброєння різного класу. Зокрема, невеликі та легкі БпЛА І-го класу можуть бути збиті за допомогою крупнокаліберних кулеметів, а для ураження БпЛА вже ІІ-го та ІІІ-го класів потрібно застосовувати ЗРК, ЗРГК, ЗАК, ПЗРК тощо.

БпЛА І-го класу є складною ціллю для існуючих радіолокаційних станцій (РЛС). Ці апарати мають малу ефективну площу розсіювання, через що їх виявлення стає досить складним завданням. Зокрема, знижується максимальна дальність виявлення.

БпЛА ІІ-го та ІІІ-го класів, які мають великі геометричні розміри, значні теплові контрасти завдяки використанню потужних двигунів внутрішнього згоряння або реактивних двигунів, що можуть оснащуватись ракетно-бомбовою зброєю, РЛС та мають значну ефективну площу розсіювання, представляють гарну ціль для комплексів ППО.

Для боротьби із БпЛА основними комплексами (засобами) ППО є: ЗРК, ЗРГК, ЗАК, зенітні гарматні комплекси (ЗГК), зенітні артилерійські установки (ЗАУ), зенітні кулеметні установки (ЗКУ), зенітні самохідні установки, зенітні установки, ПЗРК тощо.

Крім того, досвід ведення російсько-української війни засвідчив, що ефективним способом знищення БпЛА “Шахед-131/136” (“Герань-2”) є застосування мобільних вогневих груп на автомобільній техніці, які озброюють крупнокаліберними кулеметами або ПЗРК.

У табл. 3 відображено основні характеристики та зовнішній вигляд основних зразків ЗРК, які застосовуються для знищення БпЛА.

У табл. 4 наведено основні характеристики та зовнішній вигляд основних зенітних самохідних установок, які застосовуються для знищення БпЛА.

Застосування БпЛА-перехоплювачів. Спосіб протидії БпЛА з використанням БпЛА-перехоплювачів є одним із найменш опрацьованих, проте у майбутньому – одним із найперспективніших. Платформою для БпЛА-перехоплювачів можуть бути БпЛА як літакового, так і гелікоптерного типу. Цілями для БпЛА-перехоплювачів розглядаються БпЛА ІІ-го та ІІІ-го класу зі швидкістю польоту до 300 км/год.

Таблиця 3. Основні характеристики та зовнішній вигляд основних зразків ЗРК, які застосовуються для знищення БпЛА

Характеристика	ЗРК			
Зовнішній вигляд				
Найменування	AN/TWQ-1 “AVENGER”	“Vampire”	“STORMER” HVM	“CROTALE-NG”
Дальність ураження цілі, км	4,75	5	7	10
Висота ураження цілі, км	3,8	4,2	5	6
Швидкість ракети, м/с	3062	1000	4900	1250
Країна-виробник	США	США	Велика Британія	Франція

Для БпЛА-перехоплювачів способами перехоплення ворожих БпЛА є:

використання сіток (відстрілювання сітки у бік цілі або підліт БпЛА-перехоплювача до цілі з розгорнутою сіткою);

використання гладкоствольних гармат, які відстрілюють у напрямку цілі композитний дріб;

використання дронів-камікадзе з уламково-фугасною бойовою частиною із безконтактним підривачем;

фізичне знищення ворожих БпЛА завдяки фізичному контакту іншого БпЛА з ними.

БпЛА-перехоплювачі застосовуються в автоматичному або напівавтоматичному режимах. Попереднє цілевказання для БпЛА-перехоплювача здійснюється з наземного пункту управління.

Таблиця 4. Основні характеристики та зовнішній вигляд основних зенітних самохідних установок, які застосовуються для знищення БпЛА

Характеристика	Зенітна самохідна установка			
Зовнішній вигляд				
Найменування	“GEPARD”	“Skynex”	“K30 Biho”	“Skyranger 30”
Дальність виявлення цілі, км	15	50	17-20	20
Дальність ураження цілі, км	4	4	3	3
Висота ураження цілі, км	4	4	3	3
Країна-виробник	Німеччина	Німеччина	Південна Корея	Німеччина

У табл. 5 відображено основні характеристики та зовнішній вигляд БпЛА-перехоплювачів.

Таблиця 5. Основні характеристики та зовнішній вигляд БпЛА-перехоплювачів

Характеристика	БпЛА-перехоплювач				
Зовнішній вигляд					
Найменування	“Coyote Block 1”	“FOWLER”	“Roadrunner”	“Interceptor-MR”	FPV-перехоплювач “SHULIKA”
Дальність ураження цілі, км	7	1,5	25	5	30
Висота ураження цілі, км	5	1	10	2	4
Максимальна швидкість, км/год	130	130	900	288	220
Злітна маса, кг	6	1,5	–	9	6.5
Країна-виробник	США	Україна	США	Велика Британія	Україна

БпЛА-перехоплювачі постійно вдосконалюються, тому перелік зразків, який наведено в табл. 5, не є остаточним.

Застосування засобів електромагнітного ураження (ЕМУ) БпЛА. Одним із перспективних напрямів боротьби із БпЛА у сучасних війнах є застосування електромагнітної зброї (ЕМЗ). До цієї зброї належать будь-які неядерні засоби, у яких енергія електромагнітного випромінювання використовується безпосередньо для ураження цілі.

ЕМЗ може здійснювати фізичне руйнування (вигорання) будь-яких електронних елементів, у тому числі й тих, які перебувають у вимкненому стані. Також уражаюча дія цього потужного випромінювання уражає електротехнічні й електроенергетичні системи озброєння та військової техніки (ОВТ), електронні системи запалювання двигунів внутрішнього згоряння. Струми, порушувані електромагнітним полем у ланцюгах

радіопідривачів, можуть сягати рівнів, достатніх для їхнього спрацьовування. Крім того, потоки електромагнітної енергії здатні ініціювати детонацію вибухових речовин.

У табл. 6 представлено основні характеристики та зовнішній вигляд засобів ЕМУ БпЛА.

Таблиця 6. Основні характеристики та зовнішній вигляд засобів ЕМУ БпЛА

Характеристика	Засіб ЕМУ БпЛА			
Зовнішній вигляд				
Найменування	“Leonidas”	“Thor”	“Phaser”	“CHIMERA”
Робочий діапазон частот, МГц	300-300000	–	–	–
Дальність ЕМУ, км	–	–	–	–
Потужність випромінювання, Вт	–	–	–	–
Країна-виробник	США	США	США	США

Зіставлення можливостей ЕМЗ із традиційними вогневими засобами дозволило виділити низку властивих їй переваг:

здійснюється миттєвий вплив на ціль;

можливість одночасного впливу на декілька цілей;

виводяться з ладу не тільки працюючі, але й непрацюючі в цей час РЕЗ, причому не лише оснащені радіоприймальними пристроями;

ефективний вплив на РЕЗ, що мають високий ступінь перешкодозахищеності;

відсутність руйнівних наслідків для навколишнього середовища;

“гуманність” впливу на особовий склад противника та цивільне населення.

Застосування засобів лазерного ураження БпЛА. Ще одним із напрямів боротьби із БпЛА є застосування лазерної зброї. Лазерна зброя може доповнювати традиційні комплекси (засоби) ППО у боротьбі із БпЛА, особливо у боротьбі з “роями” дронів, коли кількість ракет та великокаліберних боєприпасів є обмеженою для кожного комплексу (засобу) ППО.

Перевагою лазерних систем є те, що немає необхідності їх перезаряджати, і вони можуть працювати так довго, як довго подається енергія. Як уражаючий елемент цього виду зброї використовується лазерний промінь. На цей час рівень розвитку технологій є таким, що можна створювати бойові лазери потужністю від 1 до 60 кВт, які здатні ефективно боротися з малорозмірними повітряними цілями різних типів на дальності до 7 км.

Засоби лазерного ураження, в силу своїх фізичних принципів, залишаються засобами малої дальності та поділяються на дві групи: лазерна зброя, що осліплює, та лазерна зброя безпосереднього руйнування.

Лазерна зброя, що осліплює, призначена для ураження елементів оптико-електронних засобів шляхом випалювання фото- та відеоприймачів під час опромінення лазерним променем його об’єктива.

Лазерна зброя безпосереднього руйнування, передаючи теплову енергію, дає можливість порушити цілісність і міцність конструкції БпЛА, ініціювати вибух або інтенсивне горіння вибухових речовин його бойової частини або пального, які є на його борту.

У табл. 7 відображено основні характеристики та зовнішній вигляд малогабаритних засобів лазерного ураження.

Таблиця 7. Основні характеристики та зовнішній вигляд малогабаритних засобів лазерного ураження

Характеристика	Малогабаритний лазерний засіб ураження				
Зовнішній вигляд					
Найменування	“Рать”	“Laser Avenger”	“HELWS”	“MEHEL”	“Venom”
Дальність виявлення цілі, км	3,5	18–20	10–12	20	
Дальність ураження цілі, км	1	4	8	5	
Потужність променя, кВт	–	1	10–20	5	
Країна-виробник	рф	США	США	США	США

У табл. 8 наведено основні характеристики та зовнішній вигляд великогабаритних засобів лазерного ураження.

Таблиця 8. Основні характеристики та зовнішній вигляд великогабаритних засобів лазерного ураження

Характеристика	Великогабаритний засіб лазерного ураження			
Зовнішній вигляд				
Найменування	“HEL-MD”	“LW-30”	“ATHENA”	“LaWS”
Дальність ураження цілі, км	до 7	до 5	до 5	до 1
Потужність променя, кВт	100	30	30	10
Країна-виробник	США	Китай	США	США

Перевагами лазерної зброї вважаються: практично абсолютна точність ураження (за наявності відповідних систем наведення); оперативність застосування та миттєва доставка лазерної енергії до цілі (в умовах малих відстаней – миттєво); можливість роботи в будь-який час доби; значний “боєзапас”, який обмежується лише запасами пального; порівняно низька вартість “пострілу”; висока очікувана бойова ефективність у разі ураження повітряних, космічних, наземних, морських цілей; можливість виконання бойових завдань за допомогою не тільки силового впливу, а й функціонального подавлення зброї противника (боротьба із системами наведення керованих снарядів), шляхом утворення плазми на поверхні цілі та її руйнування або “осліплення”; унікальна властивість лазерного променя подавати зображення віддалених об’єктів із розрізнювальною здатністю до сотих часток кутових секунд; можливість створення несмертельної зброї на основі лазера.

Завдяки вказаним перевагам лазерна зброя може вирішувати бойові задачі, які для інших засобів принципово недоступні, особливо у сфері ППО, протиракетної оборони, протикорабельної оборони, систем контролю космічного простору та ін., що робить її одним із найважливіших видів зброї XXI сторіччя.

Недоліки лазерної зброї: радіус дії обмежений дальністю прямої видимості; залежність від погодних умов – загасання, розсіювання й відхилення лазерного променя в несприятливих погодних умовах, різні атмосферні явища (дощ, туман, снігопад) можуть суттєво обмежити дальність його дії або звести ефективність до нуля; температурне розсіювання, яке виникає внаслідок тривалого (кілька секунд) випромінювання лазера в тому самому напрямку, призводить до нагрівання повітря вздовж траєкторії променя та, як наслідок, до збільшення розсіювання; зниження ефективності за одночасного обстрілювання декількох одночасно діючих цілей; неефективність проти деяких типів цілей (з корпусом підвищеної міцності із термозахисним та відбиваючим світло покриттями) і в разі використання засобів протидії лазерній зброї (утворення димових або аерозольних завіс).

Висновок (Conclusion)

У статті висвітлено результати аналізу основних груп способів боротьби із БпЛА. Проаналізовано основні характеристики комплексів (засобів), які становлять основу наявних способів боротьби із БпЛА. У стислій формі наведено їхні характерні особливості та переваги застосування.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на більш детальний опис представлених способів боротьби із БпЛА з відображенням порядку та прийомів застосування комплексів та засобів боротьби із БпЛА.

Рекомендації (Recommendations)

Наведені у роботі активні способи боротьби із БпЛА можуть бути доповнені завдяки появі нових засобів боротьби із ними. Матеріали статті становлять практичну цінність для органів військового управління, вищих військових навчальних закладів та наукових установ України та інших країн, яких залучено до процесу розроблення ОВТ, боротьби із БпЛА, а також обґрунтування вимог до цього озброєння та військової техніки.

Використані джерела (References)

1. European Defense Review. Naval Group details FTI capabilities and programme development,28.10.2018. https://www.edrmagazine.eu/naval-group-details-fti-capabilities-and-programme-development.
2. Kopp, C. (1993). A *Doctrine for the Use of ElectroMagnetic Pulse Bombs*. C. 15.
3. Mykhaylo Zabrodskyi, Jack Watling, Oleksandr V Danylyuk & Nick Reynolds. *Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia's Invasion of Ukraine*. (2022, Febr.–July). Royal United Services Institute for Defence and Security Studies.
4. Valery, Zaluzhny. (2023). The commander-in-chief of Ukraine's armed forces on how to win the war. *The Economist*. Nov 1.
5. 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 безпілотною авіацією. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, *4* (49), 15–22. URL: https://doi.org/10.30748/nitps.2022.09.02.
6. *Зброя російсько-української війни 2022–2023 років: довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки, які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022–30.06.2023).* (2023). МО України, Апарат Головнокомандувача ЗС України, ГШ ЗС України, Центр досліджень воєнної історії ЗС України. Ліра-К.
7. *Інформаційно-аналітичні матеріали щодо можливостей виявлення малорозмірних безпілотних літальних апаратів засобами технічної розвідки зс рф.* Сайт сил ТрО.

https://sprotyvg7.com.ua/lesson/informacijno-analitichni-materiali-shhodo-mozhlivostej-viyavlennya-malorozmirnix-bezpilotnix-litalnix-aparativ-zasobami-texnichnoi-rozvidki-zs-rf.

8. Кальницький, П. П., Бабич, О. О., & Дементіюк, Г. М. (2023). Аналіз методів та засобів захисту радіоелектронної апаратури зенітного озброєння протиповітряної оборони сухопутних військ від потужного електромагнітного випромінювання. Зб. наук. пр. *Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил, 1* (75), 50–59. https://doi.org/10.30748/zhups.2023.75.08.
9. Ковтуненко, О. П., Богучарський, В. В., Слюсар, В. І., & Федотов, П. М. (2006). *Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи та захист від неї).* ПВІЗ.
10. Корольов, Р. В., Королюк, Н. О., Петров, О. В., & Сюлев, К. В. (2017). Аналіз сучасних засобів знищення безпілотних літальних апаратів. *Зб. наук. пр. Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил, 4* (53), 17–21.
11. Макаренко, С. І., & Тимошенко, А. В. (2020). Протидія безпілотним літальним апаратам. Ч. 2. Ракетний та артилерійський вогонь, фізичне перехоплення. *Системи управління, зв'язку та безпеки*, *1*, 147–197. https://doi.org/10.24411/2410-9916-2020-10106 (російською мовою). http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf.
12. Молодцов, В. А., Писарєв, А. В., Радченко, І. О., Тузіков, С. А., & Лисенко, О. В. (2022). Сутність і зміст електромагнітної війни в асиметричних діях повномасштабної мережецентричної війни за поглядами командування збройних сил США. *Зб. наук. пр. Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил, 1* (71), 13–21. https://doi.org/10.30748/zhups.2022.71.02.
13. *Рекламний проспект проєкту UNWAVE.* (2024). https://unwave.com.ua.
14. *Рекламний проспект українського розробника та виробника систем радіоелектронної боротьби та розвідки.* (2024). URL: https://kvertus.ua.
15. *Рекомендації обслугам засобів радіоелектронної боротьби щодо протидії безпілотним авіаційним комплексам.* (2022). ЖВІ.
16. Ростопчин, В. В. (2019). *Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния*. *Беспилотная авиация.* https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye_letatelnye_apparaty_i_protivovozdusnaa_oborona_-problemy_i_perspektivy_protivostoania.
17. Ярош, С. П., & Гур'єв, Д. О. (2022). Впровадження специфічних способів і засобів протидії безпілотним літальним апаратам в угрупованні зенітних ракетних військ. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, *2* (47), 48–61.

Analysis of active ways to combat unmanned aerial vehicles in modern conditions

Oleksandr Zavatskyi
Candidate of Military Science, Senior Researcher
Head of the Research Department
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: Zavoleksan@meta.ua
ORCID: 0009-0008-9737-3861

Yurii Talkin
Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: talkinuriy@gmail.com
ORCID: 0009-0000-8703-047X

Andrii Melnychenko
Adjunct
National Defence University of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28, Kyiv, Ukraine
e-mail: gatling.511@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6072-4989

Abstract. The experience of the Russian-Ukrainian war has shown a change in the basic approaches to the conduct of modern wars, armed conflicts and combat operations. A striking change is the use of attack unmanned aerial vehicles (UAVs), namely FPV drones and drones with "dumps", by the opposing parties in the areas of combat operations to carry out fire damage to weapons and military equipment, enemy personnel, military and other objects of various purposes. In fact, these drones have become high-precision tactical-level firepower, which has never been seen before in the world's warfare practice. This change arose as a result of the "shell famine" on both sides of the contact line in early 2023. A way out of this situation was found through the use of civilian multi-rotor UAVs, which were designed for various types of entertainment (drone races, etc.) and later converted into strike variants. The air defense capabilities of the Armed Forces of Ukraine (AFU) have become ineffective against small, stealthy and low-altitude class I UAVs, and their high speed and maneuverability have made it much more difficult for them to be destroyed by firepower of conventional units. As a result, there is an urgent need to combat them not only through the use of active means of fire, electronic warfare (EW) and other means, but also passive means of engineering support, aerosol camouflage, etc. In this regard, this article is aimed at identifying existing and those being developed and tested active ways to combat modern UAVs. The leading method for studying this problem is generalization, which allows identifying active ways to combat UAVs in modern conditions. The article reveals active methods of combating modern UAVs, as well as typical means and their purpose and the main characteristics by which these methods are implemented. The materials of the article are of practical value for military authorities, higher military educational institutions and scientific institutions involved in the development of weapons and military equipment to combat UAVs, as well as the substantiation of requirements for these weapons and military equipment.

Keywords: electronic warfare, air defense systems, laser weapons, electromagnetic weapons, interceptor UAVs.