Розвиток, бойове застосування та озброєння зенітних ракетних військ

УДК 355.469.5

DOI: 10.30748/nitps.2021.44.10

С.П. Ярош, Д.О. Гур'єв

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНОГО, УДОСКОНАЛЕНОГО ТА ПЕРСПЕКТИВНОГО ОЗБРОЄННЯ ДЛЯ БОРОТЬБИ З БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В УГРУПОВАННІ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

У статті наведено дані та здійснено аналіз особливостей озброєння для протидії безпілотним літальним апаратам (БЛА) для підсистем розвідки, вогневого впливу та радіоелектронної боротьби (РЕБ) при створенні системи боротьби з безпіотною авіацією (БА) в угрупованні зенітних ракетних військ (ЗРВ). Крім озброєння українського виробництва проаналізовано характеристики та можливості озброєння іноземного виробництва. Визначені відмінності у тактико-технічних характеристиках та можливі напрямки удосконалення озброєння.

Результати проведеного аналізу необхідно використати для комплектування відповідним озброєнням системи боротьби з БЛА в угрупованнях, частинах, підрозділах ЗРВ Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, виявлення, ефективність, озброєння, перешкоди, поразення, подавлення.

Вступ

Постановка проблеми. На теперішній час серед безпілотних літальних апаратів (далі – БЛА), які прийняті на озброєння в збройних силах країн світу, переважають легкі літальні апарати тактичних класів (понад 85 % від загальної кількості) [1]. Найбільшою проблемою в боротьбі з ними є їх малопомітність в електромагнітному та звуковому діапазонах частот, що значно ускладнює виявлення, ідентифікацію і поразення таких цілей. Це потребує використання спеціалізованих технічних засобів протидії застосуванню безпілотних авіаційних комплексів противником з метою захисту своїх військ (сил), важливих об'єктів інфраструктури держави та воєнних об'єктів.

На сьогодні найбільші досягнення у розробці та застосуванні засобів протидії БЛА мають такі країни: США, Російська Федерація (РФ), Франція, Великобританія, Ізраїль, Китайська Народна Республіка, Іран.

Активно проводяться роботи у даному напрямку і в Україні.

Як свідчить досвід збройного конфлікту в Нагірному Карабасі у 2020 році, особливого значення набуває спроможність організації ефективної протидії БЛА з боку угруповань зенітних ракетних військ [44].

Для ефективної боротьби з БЛА в угрупованні ЗРВ необхідне комплексне застосування всього наявного, модернізованого і нового озброєння з урахуванням дотримання таких умов: загальна чисель-

ність особового складу частин, підрозділів в угрупованні ЗРВ має залишатись незмінною; озброєння для боротьби з БЛА повинно мати невеликі масогабаритні характеристики для можливості його оперативного переміщення в нові позиційні райони; підготовка особового складу до експлуатації такого озброєння повинна бути маловитратна за часом; витрати на розробку озброєння та поставку його у війська повинні бути мінімальними.

Аналіз літературних джерел. При розробці статті проаналізовані наступні літературні джерела:

в [1–12] представлені результати систематизації та аналізу БЛА як об'єкта вогневого і радіоелектронного поразення, можливостей своєчасного виявлення і видачі цілевказання радіолокаційними станціями, засобами радіо- і радіотехнічного, оптикоелектронного та акустичного спостереження, а також характеристики нових радіолокаційних засобів, які розроблені підприємствами України;

в [13–25] проаналізовано можливості угруповань, частин, підрозділів ЗРВ ПС ЗС України щодо боротьби з безпіотною, особливо ударною авіацією, представлено погляди щодо боротьби з малорозмірними БЛА, результати аналізу різних способів і засобів протидії БЛА, які основані на вогневому поразенні та фізичному перехопленні, узагальнено пропозиції щодо підвищення ефективності застосування засобів ППО проти БЛА;

в [26–43] представлені дані щодо нових розробок українських виробників в області протидії БЛА;

в [44] проаналізовано хід бойових дій у Нагірному Карабасі в 2020 році.

У проаналізованих публікаціях наведені дані щодо необхідності та шляхів організації боротьби з БЛА в угрупованнях, частинах, підрозділах ЗРВ, але відсутня узагальнена інформація щодо існуючих ТТХ озброєння, яке може застосовуватися в угрупованні ЗРВ для протидії БЛА як іноземного, так і українського виробництва, напрямків модернізації та дані щодо нових українських розробок.

Мета статті – обґрунтування можливості застосування сучасного, удосконаленого та перспективного озброєння та військової техніки для боротьби з безпілотними літальними апаратами в угрупованні зенітних ракетних військ.

Виклад основного матеріалу

1. Складові системи боротьби з БЛА в угрупованні ЗРВ

У [2] визначені складові системи боротьби з БЛА в угрупованні ЗРВ, основними з яких є підсистеми: розвідки; вогневого впливу; радіоелектронної боротьби (РЕБ). Розуміється, що кожна з цих підсистем повинна мати відповідні зразки озброєння, а їх комплексне застосування має забезпечуватися відповідною підсистемою управління силами та засобами боротьби з БЛА.

У даній статті проаналізовано можливості існуючого озброєння щодо протидії БЛА, напрямки його модернізації і перспективи розробки для підсистем розвідки, вогневого впливу та РЕБ в угрупованні ЗРВ.

2. Підсистема розвідки

Існує складність створення суцільного цілодобового радіолокаційного поля (РЛП), особливо на гранично малих висотах (ГМВ), яка обумовлена незначною дальністю прямої радіовидимості.

Збільшення межі суцільного РЛП на ГМВ традиційними способами потребує значного збільшення кількості підрозділів, утримання яких вимагає значних матеріальних і фінансових витрат. У той же час зростає необхідність у цілодобовому суцільному РЛП на малих та гранично малих висотах. Це пов'язано з появою нових терористичних загроз з повітря і збільшенням кількості спроб незаконного використання повітряного простору, що обумовлено розвитком та збільшенням чисельності малої та безпілотної авіації.

Наявність на озброєнні РТВ РЛС, що працюють в автоматичному режимі, не потребують постійної наявності обслуги та дистанційно керуються з відповідних командних пунктів, може забезпечити вирішення завдання створення цілодобового суцільного чергового маловисотного РЛП мирного часу. На теперішній час на озброєнні ПС ЗС України РЛС

такого класу відсутні [3].

Завдання виявлення, супроводження малорозмірних БЛА та видачі інформації про координати їх польоту повинні вирішуватися комплексно всіма силами й засобами розвідки при необхідному створенні єдиного інформаційного поля в смугах дій військових формувань. Безперечно, у ході бойових дій це завдання найбільш ефективно може бути вирішено при участі сил і засобів розвідки різних родів військ.

Для пошуку й виявлення малорозмірних БЛА необхідно використовувати активні засоби (РЛС РТВ, РЛС розвідки чергового й бойового режимів ПУ (КП) зенітних з'єднань і частин, радіолокаційних засобів інших родів військ), а також пасивні засоби розвідки (комплекси РТР).

Для виявлення, ідентифікації та визначення параметрів руху БЛА використовуються РЛС нижнього ярусу радіолокаційного поля (“РЛС середньої дальності” (medium-range surveillance air defense radar), “РЛС малої дальності” (short-range surveillance air defense radar), “РЛС для перекриття мертвих зон” (gap-filling surveillance radar)) [4].

На наш погляд, найбільш важливими характеристиками РЛС, які повинні застосовуватись для створення підсистеми розвідки системи боротьби з БЛА, є: межі роботи по дальності, куту місця; діапазон роботи; габарити.

При цьому при виборі РЛС за характеристикою – межі роботи по дальності, важливою здатністю є виявлення цілей з ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР) меншою 0,02 м² на достатній відстані для забезпечення своєчасного впливу по ним. Від наявності можливості РЛС працювати в різних діапазонах буде залежати їх завадозахищеність та здатність виявляти цілі в різних умовах. Крім того, РЛС повинні бути малогабаритними та високомобільними.

В Україні створені декілька радіолокаційних засобів, які призначені для виявлення цілей з малою ефективною площею розсіювання (БЛА).

Малогабаритна автоматизована РЛС “Снов” здатна виявляти повітряні, наземні й надводні цілі на відстані в 60 км і на висоті від 20 до 5000 метрів. Тактико-технічні характеристики (ТТХ) РЛС, що заявлені розробниками, відповідають сучасним вимогам та світовим аналогам РЛС такого класу [3].

РЛС Х1-М “Око” розробки державного підприємства “Спеціалізована зовнішньоторговельна фірма “Прогрес” (ДП СЗТФ “Прогрес”, м. Київ) та радіоастрономічного інституту Національної академії наук України (м. Харків) призначена для виявлення малорухомих наземних об'єктів на фоні місцевості, низьколітаючих малорозмірних ЛА, визначення координат цілі (азимуту і дальності), радіальної швидкості і ширини доплерівського спектру.

Основні технічні характеристики РЛС Х1-М

“Око”, які заявлені розробниками, визначені у табл. 1 [5]. Дані для порівняння РЛС, які перебувають в стадії розроблення та можуть вироблятися самостійно на підприємствах України, і РЛС іноземних виробників країн-членів НАТО представлені в табл. 2.

Таблиця 1
Основні ТТХ РЛС Х1-М “Око”

Найменування характеристики	Значення
Інструментальна дальність, км	0,3 – 30
Імпульсна потужність передавача, Вт	30
Сектор огляду по куту місця, °	30
Азимутальний сектор огляду, °	360
Точність:	
– по дальності, м;	5
– по азимуту, °	1
Радіальна швидкість, м/с	0,1
Максимальна швидкість цілі, що супроводжується, м/с	60
Дальність виявлення при С/Ш, більше 15 дБ:	
– БЛА (0,01 м ²), км;	7
– людина (0,5 м ²), км;	18
– автомобіль, літак, (1 м ²), км	25
Споживана потужність, Вт	300
Вага, кг	65

Джерело: [5].

Аналіз цих даних показує, що оглядові РЛС середньої та малої дальності, які розробляються українськими підприємствами, використовують дециметровий діапазон довжин хвиль (L) та є двокоординатними. РЛС іноземного виробництва, як правило, трикоординатні та використовують як дециметровий (L), так і сантиметровий (S, C, X) діапазон довжин хвиль.

Основною перевагою РЛС “СНОВ” є можливість дистанційного управління та їх масового виробництва на українських підприємствах для створення суцільного маловисотного цілодобового чергового радіолокаційного поля вздовж ділянок державного кордону, в угрупованнях ЗРВ для протидії БЛА, навколо важливих об’єктів та на ділянках місцевості зі складним рельєфом.

РЛС виявлення БЛА “РЛС Спайдер Антидрон” (РФ) – комплекс технічних засобів для виявлення та подавлення БЛА. Ця РЛС може встановлюватися на автомобілі типу “джип” (табл. 3) [11].

У програмному забезпеченні даної РЛС реалізовано автоматичне “захоплення” виявленої цілі й постановка її на супроводження з видачею звуково-го оповіщення операторові.

В останнє десятиліття розроблені нові засоби радіотехнічної розвідки, у яких дальності виявлення малорозмірних БЛА істотно залежать від потужності випромінюваних сигналів бортовими пристроями РЕА, значень коефіцієнта підсилення антени бортової РЛС БЛА й чутливості прийомного пристрою.

Таблиця 2
ТТХ РЛС нижнього ярусу РЛП

Найменування	EL/M 2106 NG	TRS-15	Giraffe AMB	СНОВ	MARS-L
Виробник	Ізраїль	Польща	Франція-Швеція	Україна	Україна
Діапазон	L	S	C	L	L
Кількість координат	3	3	3	2	2
Межі роботи: по дальності, км	40 – 60	240	100	50	110 (200)
по куту місця, °	-3 – 25	30	70	0 – 360	0 – 360
по висоті, км	5	30	20	0, 02 – 5,0	0,5 – 28,0
Середньоквадр. похибки вимірювання дальності, м	30,0	50,0	–	–	–
азимута, °	0,5	< 0,2	–	–	–
кута місця, °	2,0	< 0,6	–	–	–
Темп оновлення даних, с	4 – 12	–	–	2 – 5	10, 20
Кількість супроводж. цілей	60	120	100	–	–

Джерело: розроблено авторами за даними [6–10].

Таблиця 3
Основні тактико-технічні характеристики РЛС виявлення БЛА “РЛС Спайдер Антидрон” (РФ)

Найменування характеристики	Значення
Максимальна дальність виявлення (ЕПР > 0,01 м ²), м	1500
Час виявлення траєкторії об’єкта, с	3
Точність визначення дальності об’єкта, м	1
Точність визначення азимута об’єкта, °	0,5
Ширина робочого сектора, °	90
Сектор виявлення по куту місця, °	26
Смуга робочих частот, МГц	2300 – 2500
Кількість РЛС у складі одного комплексу, од.	1 - 6
Робочий діапазон температур, °С	-40 – +60
Час розгортання, хв.	20

Джерело: [11].

Залежно від типів бортової апаратури дальності виявлення БЛА станціями радіотехнічної розвідки можуть мати значення від 4 до 50 км. Ці розрахункові дані отримані для умов, коли малорозмірні БЛА мають на борту працюючу РЛС бокового огляду або працюючу лінію безперервної передачі розвідувальних даних на наземний пункт управління. Але сучасні малорозмірні БЛА цих демаскуючих ознак позбулися, а тому їхнє виявлення на вказаних дальностях буде, як і раніше, проблематичним. Отримані розрахункові дальності виявлення більш прийнятні для БЛА середнього й великого класу.

Отже, виявлення малорозмірних БЛА буде для станцій радіотехнічної розвідки складним в технічному й організаційному відношенні завданням. Для її успішного рішення потрібне комплексування засобів радіолокаційного й оптико-електронного огляду простору із залученням засобів радіотехнічної розвідки та РЕБ.

Прикладом таких систем є закордонна система боротьби з БЛА “AUDS”, призначена для виявлення, класифікації, супроводження та радіоподавлення безпілотних літаків і квадрокоптерів (виробник – Великобританія) [27].

Склад:

підсистема розвідки (оптична, інфрачервона);

підсистема супроводження БЛА;

підсистема радіоподавлення систем управління БЛА;

підсистема радіоподавлення каналів супутникової навігації – GPS/Glonass.

Технічні характеристики:

дальність дії системи – до 8 км;

ЕПР цілі – до 0,01 м²;

азимут – - 20° – +60°.

Для ефективного виявлення БЛА в існуючих РЛС повинні реалізовуватися інші режими роботи, програмне забезпечення, системи обробки сигналів від малорозмірних цілей тощо, а також нові сучасні досягнення й розробки. При цьому можуть застосовуватися:

багаточастотна імпульсна локація (комбінація зондувальних сигналів у дециметрових і сантиметрових діапазонах частот);

малопотужні моноімпульсні локатори;

спеціальні методи обробки сигналів ФАР;

пасивний і напівпасивний методи пеленгації;

нові методи широкополосної радіолокації, які ґрунтуються на обробці резонансних відбиттів тощо.

Наприклад, теоретичні дослідження й практичні експерименти [12] показують, що застосування нових методів широкополосної радіолокації дозволяє одержати збільшення значень ЕПР малорозмірних БЛА, як мінімум, на порядок. Отримані оптимістичні результати пояснюються тим, що різні елементи бортового обладнання малорозмірних БЛА

відбивають сигнали широкополосної РЛС, а вона здатна виявляти резонансні відбиття з підвищеними характеристиками.

Для підвищення дальностей виявлення малорозмірних низьколітаючих цілей варто використовувати різного роду вишки, аеростати та вертольоти для розміщення на них активних випромінюючих РЛС, а також розроблювальних акустичних векторних датчиків, застосування яких дозволить одержати тривимірну акустичну інформацію про повітряні цілі, що рухаються. Такі датчики здатні виявити й визначити місце розташування літальних апаратів із працюючими двигунами з будь-яких напрямків. Із застосуванням відповідних методів обробки отриманих акустичних сигналів може бути досить точно визначене місце розташування малорозмірних БЛА.

Щодо оптичних засобів виявлення. Сучасні досягнення в області мікроелектроніки й обробки оптичних сигналів (застосування фотоматриць, методів аналізу фазових тремтінь тощо) дають новий імпульс щодо розвитку оптичних засобів виявлення малорозмірних цілей.

3. Підсистема вогневого впливу.

Проаналізуємо, які засоби ЗРВ ППО можуть протидіяти БЛА.

ЗРК пострадянського парку мають низьку ефективність щодо поразення малорозмірних БЛА [2].

Такі ж негативні результати показав ЗРК Patriot PAC-3 [13]. Крім того, застосування по розосередженому рою БЛА досить дорогих ракет MIM-104 є недоцільним і неефективним.

Стосовно перспективного американського зенітного артилерійського комплексу (ЗАК) “Centurion C-RAM”, то існуюча достовірна інформація про ефективність перехоплення ЗАК “Centurion C-RAM” повітряних цілей, які аналогічні БЛА, відсутня, а наявна інформація про бойове застосування цих ЗАК є суперечливою.

Основними причинами низької ефективності засобів ППО при стрільбі по БЛА є [14]: для зенітних ракет: висока швидкість польоту засобу поразення і неможливість управління нею при наведенні на БЛА; для зенітної артилерії: низька щільність засобів поразення (снарядів, куль) в об'ємі простору, всередині якого перебуває БЛА через розсіювання, обумовленого коливаннями ствола (платформи), на якій встановлена установка і залежністю внутрішньої балістики від стану та температури ствола.

Для ефективного ведення зенітного вогню по малорозмірним БЛА необхідно завчасно призначати вогневі засоби ППО із числа ЗРК, ПЗРК, ЗАК, ЗРГК, які здатні ефективно виявляти й обстрілювати повітряні цілі з малими ЕПР. Ці зенітні засоби можуть поєднуватися в тимчасові спеціалізовані зенітні ракетно-артилерійські групи, як і раніше перебуваючи в складі штатних частин і підрозділів ЗРВ ППО [15].

Окремі групи таких засобів можуть діяти на окремих найбільш імовірних (небезпечних) напрямках польотів БЛА із засідок і в якості вогневих установок, що кочують, груп бойових машин або в складі зенітних підрозділів. Цим досягається раптовість застосування засобів ППО з метою збільшення ефективності поразення малорозмірних БЛА.

Варто відзначити, що ефективне поразення малорозмірних БЛА існуючими зенітними засобами можливо лише з ЕПР не менше $0,1 \text{ м}^2$. Ефективна бойова робота по цілям з меншими ЕПР сучасними зенітними комплексами практично неможлива [15].

Крім того, для поразення зенітними ракетними комплексами БЛА використовувати недешеві ЗКР немає сенсу. Це змушує країни створювати різноманітні зенітні артилерійські засоби (ЗАК) поразення БЛА (табл. 4).

Найбільш важливими характеристиками ЗРК (ЗАК, ЗРГК), які можуть застосовуватись для створення підсистеми вогневого впливу системи боротьби з БЛА, є: дальня та ближня межа поразення цілей; максимальна та мінімальна висота поразення цілей; комплексування різних засобів поразення; мобільність, габарити.

При цьому при виборі ЗРК (ЗАК, ЗРГК) за характеристиками: дальня та ближня межа поразення цілей; максимальна та мінімальна висота поразення цілей, важлива саме здатність поразення цілей з ЕПР меншою $0,02 \text{ м}^2$ до рубежу виконання ними завдання. Від наявності різних типів засобів поразення буде залежати здатність знищувати різні типи цілей в різних умовах обстановки, а також вартість цього знищення.

Такі ЗАК зараз і в перспективі можуть бути найбільш ефективними універсальними засобами поразення малорозмірних низьколітаючих повітряних цілей, у тому числі і БЛА. Вони мають достатню дальність поразення і точність стрільби для прикриття військ та об'єктів і переважають за критерієм "ефективність/вартість".

Основні переваги ЗАК у порівнянні з ЗРК: менший час реакції, що є найважливішим чинником при стрільбі по цілям, які раптово з'являються; менша вартість боєприпасів у порівнянні з ЗКР; значне спрощення технічного забезпечення: здатність поразати наземні цілі (за необхідністю).

Також одним із ефективних засобів для боротьби з низьколітаючими повітряними цілями на дальностях до 3000 метрів є 30-мм зенітна установка "Artemis 30", яка знаходиться на озброєнні грецької армії (табл. 5) [23–24].

Артилерійська частина установки складається із двох гармат "Маузер" моделі F (Німеччина) і розміщується на 4-колісній буксирній відкритій платформі. Для установки використовується АСУ вогнем, яка змонтована на двокілісному буксирному причепі.

Для забезпечення можливості поразати БЛА існуючими зенітними ракетними та зенітними артилерійськими комплексами необхідно значно скоротити їхній час реакції, підвищити щільність зенітного вогню, збільшити вражаючу здатність бойових частин ЗКР (зенітних снарядів) тощо.

Для створення високої щільності зенітного вогню при стрільбі необхідно мати швидкострільні зенітні артилерійські автомати. Цю роль повинні виконувати 4–8 зенітних стволів, які розміщені на одній платформі (лафеті, установці). Скорострільність зенітних автоматів повинна досягати значень не менше 4000–4500 постр./хв.

Розвідка малорозмірних БЛА, виявлення й видача по них точних цілевказівок повинні вестись автономними РЛС і елементами системи управління зенітним вогнем, бажано розташованими на окремій платформі. Це необхідно для підвищення характеристик точності цілевказання та наведення снарядів на ціль за рахунок виключення відкату, тремтіння та вібрації гарматної установки при пострілах.

Підвищені вимоги повинні пред'являтися й до зенітних снарядів. Вони повинні мати підвищену пробивну і руйнуючу здатність за рахунок різкого зростання кількості поразяючих елементів (близько 100–150 у кожному снаряді), адаптації області їхнього розльоту в районі цілі з урахуванням її розмірів і параметрів польоту. Перспективними можуть виявитися снаряди із вражаючими елементами у вигляді вольфрамових ниток (голок, осколків, сіткпавутини тощо).

Серйозна модернізація повинна стосуватись системи підриву бойової частини зенітного снаряда. Очевидно, що при стрільбі по малорозмірним БЛА випадок прямого влучення снаряда в таку ціль буде малоімовірним, а тому звичайна система підриву снаряда ударною дією повинна бути замінена на безконтактну. Снаряд повинен мати систему дистанційного підриву, що забезпечить спрацювання заряду в районі цілі. При цьому хмара осколків повинна формуватись з урахуванням розмірів і параметрів руху малорозмірної цілі, забезпечуючи її гарантоване поразення.

Підвищення ефективності стрільби ЗУ-23-2 реалізовано за рахунок української модернізації "Шилки", яка одержала назву ЗСУ-23-4 М-А [25]. У новій установці проведена заміна РЛС 1РЛ33М на багатofункціональну РЛС із цифровою антенною решіткою (ЦАР) "Рокач-АС", встановлені нові оптико-локаційна система й ракетний канал, проведена заміна розрахунково-обчислювального пристрою на цифрову обчислювальну систему, інтегровані нові бойові алгоритми управління зброєю, проведена заміна інших вузлів і блоків, планується заміна газотурбінного агрегату на більш економічний агрегат живлення.

Таблиця 4

Зенітні артилерійські засоби для протидії БЛА іноземного виробництва

Найменування	MANTIS	Draco	Rapid Fire	Скайрейнджер	Centurion	CS/SA1	Mesbah-1
Виробник	Німеччина	Італія	Англія-Франція	Німеччина	США	Китай	Іран
Тип	зенітна система	самохідна зенітна установка	самохідна зенітна установка	зенітний ракетний артилерійський комплекс	зенітний артилерійський комплекс	самохідна зенітна установка	зенітний малокаліберний артилерійський комплекс
Вага, т	5,8	25,0	—	—	—	—	—
Характеристики: довжина, м ширина, м висота, м екіпаж, чол.	4	7,4 3,1 3,0 2	2	5,5 2,39 1,94 —	—	—	—
Головне озброєння	гармата 35 мм, кількість: 6–8	гаубиця FH70 155 мм/L39	автоматична гармата 40 мм	автоматична гармата 35 мм	гармата MG1A1 – 6 стволів	спарена 35-мм зенітна установка (ЗУ) CS/SA1; 35-мм зенітна гармата (ЗГ)	4 ЗСУ “ЗУ-23-2”, калібр – 23-мм; кількість стволів – 8
Пораження цілей: дальність, км; висота, км	—	—	4,0 (повітряні цілі); 2,5 (наземні цілі)	4,0	2,0	4,0 3,0	3,0 2,0
Темп стрільби, постр./хв.	1000	—	200	1000	3000 (снаряд М-246); 4500 (снаряд М-940)	ЗУ - 1100; ЗГ - 550	8000
Двигун	—	дизель Iveco MTCA; 520 кс	—	MTU Friedrichshafen дизельний з наддувом	—	—	—
Операційна дальність, км	—	800,0	600,0x2	1050,0	—	—	—
Швидкість, км/год	—	100,0 (колісні шасі)	95,0 (колісні шасі)	103,0 (колісні шасі)	100,0 (колісні шасі)	(колісні шасі)	—

Джерело: розроблено авторами за даними [16–22].

Таблиця 5

Основні тактико-технічні характеристики зенітної установки “Artemis 30” (Греція)

Найменування характеристики	Значення
1	2
Дальність поразення низько літаючих цілей, км	3
АСУ:	РЛС гарматного наведення; телевізійний приціл; інфрачервоний приціл (автоматичне супроводження цілей); лазерний дальномір
Одна АСУ обслуговує, гармат	3–6
АСУ змонтована	двоколісний причеп

Закінчення табл. 5

1	2
Стрічковий магазин	2 (по 250 вистрілів у кожній)
Швидкість стрільби, постр./хв.	1600 (по 800 на ствол)
Вага ствола (може зніматися), кг	47
Розсіювання снарядів, мрад	0,5
Кути наведення, °	по вертикалі от -5° до +85°; по горизонталі – 360°
Швидкість наведення, °/с	по вертикалі – 85; по горизонталі – 115
Тип гармати	GAU/8A
Тип снарядів	осколково-фугасні; кумулятивно-осколкові; бронебійно-трасуючі
Початкова швидкість снарядів, м/с	1040
Час польоту на дальність 3 км, с	5,2

Джерело: [23–24].

Ключовим відновленням із усього переліку є розроблена ДП “Завод “Арсенал” РЛС із ЦАР “Рокет-АС”. Вона здатна працювати в режимах кругового огляду, пошуку й автосупроводження. РЛС упевнено виявляє та супроводжує навіть БЛА з ефективною поверхнею розсіювання близько 0,01 м² на дальностях до 7 км. Нова РЛС значно перевершує можливості своєї попередниці. Так, якщо сектор сканування старої РЛС був 15°, а при супроводженні ширина діаграми спрямованості була 1°, то в новому радарі огляд простору здійснюється вже одночасно в секторі 18° як по азимуту, так і по куту місця. Ця особливість дозволила вирішити важливу проблему, що була пов'язана з функціонуванням попередньої штатної РЛС – тривалий час пошуку й виявлення цілей як по цілевказівці, так і в автономному режимі.

Нова РЛС із ЦАР здатна швидко виявляти цілі як самостійно, так і за даними зовнішньої цілевказівки. Крім того, вона дозволяє одночасно супроводжувати кілька цілей, які перебувають у межах діаграми спрямованості, а у випадку обстрілу однієї цілі практично миттєво переходить на підготовку стрільби по наступним.

Крім того, сучасні досягнення в мікроелектроніці й побудові обчислювальних засобів дозволяють реалізувати ідеї управління темпом зенітної стрільби при наближенні повітряної цілі до зенітного комплексу, а також застосування датчиків для управління стволами зенітних установок рухом зіниць оператора в напрямку повітряної цілі.

На оновлені такими засобами розвідки цілей і автоматизації процесів підготовки й ведення стрільби ЗУ-23 можуть встановлюватися зенітні керовані ракети. Для цього паралельно з гарматами можуть монтуватися ПЗРК “Игла-1” і підключатися до загальної системи розвідки й управління вогнем.

Велике значення повинно надаватися організації й побудові системи зенітно-артилерійського вогню угруповань ЗРВ. Для вирішення цього складного завдання необхідно згадати досвід застосування ста-

рих апробованих способів ведення вогню зенітно-артилерійськими формуваннями (взводами, батареями, дивізіонами, полками). Наявними силами й засобами зенітної стрільби створювалися нездоланні перешкоди у вигляді загороджувального вогню, рубежів, смуг, “вогневих мішків”, суть яких полягає в плануванні зон, ділянок, об'ємів повітряного простору над військами, що прикриваються, у яких створюється висока щільність вражаючого вогню зенітними установками високої скорострільності.

Така модернізація має відбутися також із зенітними ракетними комплексами.

Досить перспективною є ідея включення до складу ЗРК, оснащених ЗКР з тепловими ГСН, малопотужних лазерів (до 1 кВт) для підвищення ІЧ-сигнатури малорозмірних БЛА, тобто для їхнього простого підігріву з метою підвищення ефективності стрільби. Лазерні далекоміри-цілевказівники можуть знайти застосування в автоматизованих системах виявлення малорозмірних цілей і наведення на них ЗКР. Для стрільби по малорозмірним цілям потрібна установка на ЗКР інфрачервоних детонаторів або доповнення штатних (радіолокаційних) детонаторів інфрачервоними (оптичними), що приведе до усунення істотного недоліку існуючих ЗКР – неспрацьовуванню радіолокаційного детонатора через малі розміри цілі й високої швидкості ЗКР відносно малозамітного БЛА.

4. Підсистема радіоелектронної боротьби.

Оскільки для ефективного знищення БЛА необхідне створення та застосування сучасних спеціалізованих засобів вогневого поразення, що потребує наявності (володіння) відповідними наукоємними технологіями і виробничими потужностями, та з урахуванням низької ефективності традиційних вогневих засобів, що є на озброєнні багатьох країн світу, основними засобами боротьби з БЛА залишаються засоби РЕБ.

Ефективність засобів РЕБ у створенні несприятливих умов для виконання БЛА завдань досить висока, що підтверджує аналіз застосування засобів

постановки радіоелектронних завад під час проведення АТО [26].

Найбільш важливими характеристиками засобів РЕБ, які можуть застосовуватись для створення підсистеми РЕБ системи боротьби з БЛА, будуть: дальність подавлення БЛА; сектор подавлення; діапазон робочих частот; мобільність, габарити.

При виборі засобів РЕБ за характеристикою – дальність подавлення БЛА важливою є здатність їх подавлення до рубежу виконання завдання. Від сектору подавлення буде залежати здатність одночасно подавляти відповідну кількість БЛА з різних напрямків. Від діапазону робочих частот буде залежати здатність подавлення різних БЛА, які працюють на різних частотах.

Сучасний БЛА обладнаний складною радіоелектронною апаратурою (РЕА), яка призначена для вирішення багатьох функціональних завдань. Але наявність складної РЕА обумовлює її високу вразливість від зовнішнього впливу радіоелектронних перешкод. Причому впливати такою перешкодою можливо на кожний пристрій (систему), що входить до складу РЕА на борту БЛА.

Створення “парасольки” радіоелектронних завад для систем навігації, управління польотом, каналів зв'язку, радіоліній прийому-передачі інформації тощо здатне привести до значного зниження ефективності бойового застосування або до повної нейтралізації БЛА.

Нейтралізація (зниження можливостей, зрив виконання бойових завдань) БЛА шляхом застосування засобів РЕБ може здійснюватися кількома способами.

Перший – відбувається шляхом виявлення засобами радіоелектронної розвідки джерела випромінювання з подальшим інформаційним подавленням цих сигналів за допомогою систем радіоелектронної боротьби.

Другий – за рахунок постановки радіоелектронних завад приймачам навігаційних сигналів у певній зоні, що в підсумку дезорієнтує апарат і призводить до зриву виконання ним бойового завдання.

На сьогодні найбільші досягнення у розробці та застосуванні засобів протидії БЛА мають такі країни: США, Великобританія, Франція, Ізраїль, Республіка Білорусь, Китайська Народна Республіка, Іран, РФ та Україна.

Основні характеристики засобів РЕБ для протидії БЛА іноземного виробництва представлені у табл. 6.

В Україні на даний час розроблені такі засоби радіоелектронної боротьби: “Анклав”, “Буковель-АД”, “Нота”, “Хмара”, основні характеристики яких наведені у табл. 7.

Передавачі завад “Анклав”, “Хмара” не мають засобів розвідки та пеленгації. Передавач завад

“Хмара” має обмежені можливості подавлення каналів управління.

З усіма представленими засобами РЕБ проведені випробування. У відповідності з цим вони допущені до експлуатації у ЗС України на особливий період.

Починаючи з 2015 року, коли проблемі протидії БЛА стали приділяти підвищену увагу, з регулярною постійністю стали презентуватися малогабаритні переносні засоби радіоелектронного подавлення (РЕП) різновиду “електронних автоматів” або “електронних гвинтівок”.

Простота і мобільність цих засобів дозволяє їх застосовувати окремим людям-операторам без спеціалізованої підготовки, але дані засоби орієнтовані на найпростіші “легкі” БЛА-квадрокоптери.

Оборонна промисловість України опрацьовує надійні та ефективні рішення щодо протидії БЛА. Саме гвинтівки системи “антидрон” (рис. 1) і є одним із таких рішень. Насамперед вони мають забезпечити надійний захист як військових та і цивільних об'єктів від класу “легких” БЛА, які є одними з найбільш складних для сил та засобів ППО.

Рис. 1. Гвинтівка протидії дронам RIFF-P
Джерело: [35].

Одним із таких розробок є переносний комплекс протидії дронам RIFF-P. Він призначений для боротьби з безпілотними літальними апаратами роторного типу – квадрокоптерами, гексакоптерами тощо [35].

Гвинтівка RIFF-P створена на базі українського автомата “Малюк”, який прийнятий на озброєння у ЗС України у 2017 році під назвою “автомат спеціальний “Вулкан” [36], що має компонування bullrap (ударно-спусковий механізм і магазин розташовані у прикладі позаду спускового гачка). Вага гвинтівки – 4,8 кг, що дозволяє одній людині легко з нею вправлятися. Радіус подавлення сигналів супутникової навігації, управління та відеосигналів – 1500 м. Запас роботи акумуляторів – 60 хвилин безперервної роботи, але є можливість замовити додаткові акумулятори. RIFF-P має направлену антену з кутом розкриття 20 градусів. Вихід радіочастотного живлення – 100 Вт (4 смуги).

Таблиця 6

Засоби РЕБ для протидії БЛА іноземного виробництва

Характеристики	Комплекс AUDS (Англія)	Система СРВ-4030С (Франція)	Система ELI-6063 (Ізраїль)	Комплекс Оптима-3.2 (Білорусь)	Комплекс Гроза-С (Білорусь)	Комплекс Шиповник-Аеро (РФ)
Загальна характеристика	для боротьби з великими мікро та, міні БЛА	для охорони нафтових і газових сховищ, спецпідрозділів, військових частин, прикордонних постів тощо	для виконання завдань радіорозвідки, радіотехнічної розвідки та РЕБ	для створення перешкод оптимальної структури на частотах систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou	для подавлення систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, спуфінг, відведення БПЛА з наміченого маршруту або примус до аварійної посадки	для боротьби з БЛА, станціями теледіалогов, КМ зв'язку, станціями (модулями) стільникових та інших мереж
Ведення розвідки, ГГц	до 12–14	0,1–5,0	0,0015–3,0; 0,5–40,0	–	0,1–6,0	25–2500
Постановка перешкод, ГГц	до 12	0,1–5,0	0,0015–3,0; 0,5–40,0	1575,42 (1598,0–1605,4) 1227,6 (1242,9–1248,7)	0,1–6,0	25–2500, 400–500; 800–925; 2400–2485
Дальність подавлення БЛА, км	до 8	–	–	100	до 40	–

Джерело: розроблено авторами за даними [27–32].

Таблиця 7

Засоби РЕБ для протидії БЛА українського виробництва

Характеристики	Анклав-УТ	Буковель-АД	Нота	ХМАРА-2
1	2	3	4	5
Загальна характеристика (призначення)	для радіоелектронного подавлення приймачів сигналів супутникових радіонавігаційних систем GPS/GLONASS.	для зриву виконання завдань БЛА шляхом радіоелектронного подавлення приймачів сигналів супутникових радіонавігаційних систем GPS/GLONASS.	для постановки радіоперешкод навігаційним приймачам БЛА, перешкод каналам управління БЛА та мобільним операторам. Може протидіяти засобам РЕБ і контрбатарейним радарам.	для виявлення БПЛА пасивним способом, постановки радіоелектронних перешкод, каналам ручного управління БЛА, сигналам WiFi, сигналам систем GPS/GLONASS.
Дальність подавлення	при використанні не спрямованої антени – до 15 км; при використанні спрямованої антени – до 250 км.	подавлення радіоелектронних систем на борту БЛА літакового типу – до 15 км.	виявлення БЛА – до 20 км; протидія застосуванню БЛА – не менше 15 км; протидія бездротовим засобам зв'язку – до 1 км.	каналів ручного управління – до 15 км; сигналів систем GPS/GLONASS – до 12 км.
Діапазон робочих частот, МГц	канал 1 - 1210 – 1260; канал 2 - 1550 – 1620.	–	–	канали виявлення: 230–3000.

Закінчення табл. 7

1	2	3	4	5
Вихідна потужність, Вт	не менше 20	–	–	–
Вага, кг	“Анклав-1”, “Анклав-1М” – не більше 20; “Анклав-2” – не більше 30.	257	250	–
Виробник	Холдінгова компанія “УкрСпецТехніка” (м. Київ)	ТОВ “Proximus” (м. Київ)	ТОВ “Трител” (м. Київ)	ТОВ “Компанія оборонних та радіоелектронних технологій” (м. Київ)

Джерело: розроблено авторами за даними [33–34].

Принцип роботи RIFF-P полягає в тому, що комплекс виводить дрон з робочого стану, нейтралізуючи одночасно зв'язок з оператором та подавляючи сигнали GPS, ГЛОНАСС, Galileo або BeiDou. При цьому система не потребує додаткового часу на підготовку і вмикається натисканням лише однієї кнопки.

Систему протидії дронам RIFF також можна виготовляти як мобільний комплекс RIFF-M та стаціонарний комплекс RIFF-S.

Основні тактико-технічні характеристики системи протидії БЛА RIFF представлені у табл. 8.

На наш погляд, найбільш досконалою системою протидії БЛА можуть стати засоби (комплекс), до складу яких входять вогневе і радіотехнічне озброєння, включаючи засоби РЕБ. А перспектива за гібридними комплексами боротьби з БЛА, де на одній платформі можуть розміщуватися різні типи озброєння. Якщо не вдається нейтралізувати загрозу засобами РЕБ, БЛА можна буде знищити із вогнепальної зброї. Це мають бути мобільні комплекси ППО, які озброєні автоматичними гарматами, наприклад, калібру 23 мм (ЗСУ-23-4 М-А) [25] або 30 мм (зенітна установка “Artemis 30”) [23–24].

Ці види зброї створюють щільність вогню, необхідну для гарантованого ураження БЛА на дальностях у декілька кілометрів.

Таблиця 8

Основні тактико-технічні характеристики системи протидії дронам RIFF (Україна)

Найменування характеристики	Значення
Переносний комплекс RIFF-P	
Радіус дії, км	до 1,5
Вихідне радіочастотне живлення, Вт	100 (4 смуги)
Вага, кг	до 5
Мобільний комплекс RIFF-M	
Радіус дії, км	до 3
Виявлення, км	до 5
Вихідне радіочастотне живлення, кВт	1 (8 смуг)
Час роботи в автономному режимі, год	24
Антенa, °	всенаправлена, 360
Стаціонарний комплекс RIFF-S	
Радіус дії, км	до 3
Виявлення, км	до 5
Вихідне радіочастотне живлення, кВт	1 (8 смуг)
Час роботи в автономному режимі, год	24
Антенa, °	всенаправлена, 360
Додаткові опції:	модуль для здійснення радіомоніторингу усіх суміжних каналів; база даних для запису випадків втручання; створення карт з нанесенням зон виявлення та протидії дронам
Виробник	ТОВ “ІнтерПроІнвест” (м. Київ)

Джерело: розроблено авторами за даними [35].

Таблиця 9

Малогобаритні засоби РЕБ для протидії БЛА іноземного виробництва

Найменування	REX-2	Ступор	Гроза-Р2	DroneDefender	DroneGun, Drone Shield	SkyNet, HiGH + MiGHTY	SkyWall 100
Виробник	РФ	РФ	Білорусія	США	Австралія, США	Тайвань	Англія
Дальність подавлення: сигналів управління, передачі даних, км	0,5	2,0	1,0	0,4	1,0	2,0	0,1 (стрільба сіткою)
Дальність подавлення: супутникових сигналів, км	2,0	0,6	0,5	0,4	–	2,0	–
Подавлення, МГц	430,0; 900,0	840–870/904–940	1,574–1,576; 1,598–1,605; 2,4–2,485; 5,72–5,85	2,0–4,0	433; 915	–	–
ГГц	1,3; 1,8; 2,4; 2,6; 5,8	2,4/5,8			2,4; 5,0; 8,0		
Подавлення СНС	GPS, ГЛО-НАСС, GALILEO, BeiDou	GPS L1/L2, Glonass L1/L2, Galileo E1, BeiDou B1I/B2I	GPS, ГЛО-НАСС, GALILEO, BeiDou	GPS	канали управління	GPS, канали управління	–
Розміри (Д/Ш/В), мм	500/70/220	гвинтівка	гвинтівка	–	гвинтівка	гвинтівка	ракетниця
Час безперервної роботи, год	3,0	4,0	1,0	5,0	0,5	2,0	–
Вага, кг	3,0	5,5	6,5	4,5	6,8	5,7	10,0

Джерело: розроблено авторами за даними [37–43].

Висновки

Для ефективного виявлення та супроводження БЛА необхідні розробки новітнього радіолокаційного озброєння зі спеціалізованими характеристиками, а в існуючих РЛС повинні реалізовуватися нові (удосконалені) режими роботи, програмне забезпечення та системи обробки сигналів від малорозмірних цілей.

Оскільки для ефективного знищення БЛА необхідне створення та застосування сучасних спеціалізованих засобів вогневого поразення, що потребує наявності (володіння) відповідними науковими технологіями і виробничими потужностями, та з урахуванням низької ефективності традиційних вогневих засобів, що є на озброєнні багатьох країн світу, основними засобами боротьби з БЛА залишаються засоби РЕБ (протидія системам розвідки й вогневого поразення, які є на борту БЛА, подавлення каналів супутникових радіонавігаційних систем).

Підвищення ефективності вогневого поразення БЛА можливе за рахунок модернізації ЗУ-23, ЗАК С-60 та інших зразків озброєння, які залишилися на базах (складах) у ЗС України.

З метою створення ефективної системи боротьби з БЛА в угрупованнях ЗРВ необхідно визначити, яке озброєння, з якими характеристиками та можливостями буде придатне для застосування в її підсистемах. У даній статті обґрунтовані найбільш важливі характеристики існуючого озброєння, яке може бути використано для створення підсистем: розвідки, вогневого впливу та РЕБ. У подальшому варто зробити аналіз характеристик та можливостей озброєння для решти підсистем, які визначені в [2].

Проведений аналіз буде потрібен для подальшого визначення типів та кількості озброєння необхідного для створення ефективної системи боротьби з БЛА в угрупованнях ЗРВ.

Список літератури

- Макаренко С. И., Тимошенко А. В., Васильченко А. С. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения : URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/05-Makarenko.pdf>.
- Ярош С. П., Гур'єв Д. О. Аналіз розвитку безпілотних літальних апаратів, способів їх бойового застосування та розробка пропозицій щодо організації ефективної боротьби з безпілотною авіацією. *Наука і техніка Повітряних Сил*

Збройних Сил України. 2021. № 2(43). <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.43.07>.

3. “Укрспецтехніка” вперше представила зразок малогабаритної РЛС для виявлення БЛА “Снов” (фото): веб-сайт. URL: https://defence-ua.com/news/ukrspetstehnika_vpershe_predstavila_zrazok_malogabaritnoji_rls_dlja_vijavlennja_bpla_snov_foto-2953.html (дата звернення: 22 лютого 2021).

4. ВСТ 01.001.009-2017 (01). Військова система стандартизації. Глосарій аббревіатур, що використовуються в документах та публікаціях НАТО (AAP-15 (2016), MOD). [Чинний від 2017-09-14]. Київ, 2017. 352 с.

5. X1-M “Око” : веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/X1-M_”Око”.

6. IAI: 3D тактическая РЛС ПВО EL/M-2106 NG : веб-сайт. URL: <http://radiocom-review.blogspot.com/2012/11/iai-3d-elm-2106-ng.html>.

7. Береговой ракетный дивизион ВМС Польши (2012) : веб-сайт. URL: http://factmil.com/publ/strana/polsha/beregovoj_raketnyj_divizion_vms_polshi_2012/25-1-0-14.

8. РЛС Giraffe : веб-сайт. URL: https://www.wikiwand.com/uk/РЛС_Giraffe.

9. РЛС “СНОВ” : веб-сайт. URL: <http://ust.com.ua/ru/item/rls-snov/>.

10. MARS-L : веб-сайт. URL: <https://www.litaktak.com/produkt/Radar-systems/MARS-L/>.

11. РЛС обнаружения БПЛА “РЛС Спайдер Антидрон” (Россия) : веб-сайт. URL: <https://www.karneev.com/product/radiolokatsionnye-stantsii/spayder-antidron/>.

12. Организация системы борьбы с малоразмерными БЛА : веб-сайт. URL: <https://arsenal-otchestva.ru/new/389-antidrone> (дата звернення: 21 травня 2015).

13. Хуситский удар : веб-сайт. URL: <https://topwar.ru/162608-ataka-dronov-chast-1.html> (дата звернення: 20 вересня 2019).

14. Ростопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона - проблемы и перспективы противостояния. URL: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные аппараты_i_protivovozdusnaa_oborona_-problemy_i_perspektivy_protivostoania (дата звернення 20.05.2019).

15. Макаренко С. И., Тимошенко А. В. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2. Огневое поражение и физический перехват: URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf>.

16. MANTIS (зенітна система): веб-сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.

17. B1 Draco: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.

18. Зенитная самоходная установка Rapid Fire: веб-сайт. URL: http://zonwar.ru/news4/news_596_RapidFire.html.

19. Новая ЗСУ для Германии. Oerlikon Skyranger Mobile Air Defence System: веб-сайт. URL: <https://forum.warthunder.ru/index.php?/topic/285978-novaya-zsu-dlya-germanii-oerlikon-skyranger-mobile-air-defence-system/>.

20. Зенитный артиллерийский комплекс “Centurion”: веб-сайт. URL: http://zonwar.ru/news3/news_588_Centurion.html.

21. Китайская самоходная 35-мм зенитная установка CS/SA1: веб-сайт. URL: http://zonwar.ru/news4/news_702_CS_SA1.html.

22. Зенитный малокалиберный автоматизированный арткомплекс “Mesbah-1” (Иран): веб-сайт. URL: <https://topwar.ru/20883-zenitnyy-malokalibernyy-avtomatizirovanny-artkompleks-mesbah-1-iran.html>.

23. Зенитная установка “Artemis 30” (Греция): веб-сайт. URL: <http://www.dogswar.ru/artilleriia/zenitnye-kompleksy/681-zenitnaia-ustanovka-lartemis-.html> © dogswar.ru.

24. Артемида 30 - Artemis 30 Артемида 30: веб-сайт. URL: https://ru.xcv.wiki/wiki/Artemis_30.

25. Глибока модернізація ЗСУ-23-4 “Шилка” для Збройних Сил України від ДП “Завод “Арсенал”: веб-сайт. URL: <https://diana-mihailova.livejournal.com/1238509.html> (дата звернення: 14 листопада 2017).

26. ІщенкоД. А., Кирилюк В. А. Застосування малогабаритних передавачів перешкод для радіоелектронного подавлення безпілотних літальних апаратів – носіїв радіокерованих підривних засобів: веб-сайт. URL: <https://zvir.zt.ua/images/stories/ZbirkNP/13.pdf>.

27. Борьба с малоразмерными дронами. Часть 1: веб-сайт. URL: <https://army-news.info/2018/05/borba-s-malorazmernymi-dronami-chast-1/>. AUDS/.

28. UAV Drone Jammer CPB-4030C with remote control Wireless. <https://docplayer.net/16289344-Uav-drone-jammer-cpb-4030c-with-remote-control-wireless.html>.

29. ELI-6063 Integrated Mobile Ground-Based SIGINT & EW System: веб-сайт. URL: <https://www.iai.co.il/p/eli-6063>.

30. Комплекс радиопомех приемникам спутниковых РНС GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU “ОПТИМА-3.2”: веб-сайт. URL: <https://bsvt.by/ru/protivovozdushnaya-oborona/sredstva-reb-i-rer/kompleks-radiopomeh-priemnikam-sputnikovyh-rns-gps-glonass-galileo-beidou-optima-32>.

31. Озброєння і військова техніка Російської Федерації. Довідник учасника АТО / Алімпієв А. М. та ін. Харків : ХКВ “Оригінал”, 2017. 1112 с.

32. Станция радиоэлектронной борьбы с беспилотными летательными аппаратами “Гроза-С” (на шасси гражданских автомобилей): веб-сайт. URL: <https://kbradar.by/products/radioelektronnaya-borba/sredstva-i-kompleksy-radioelektronnay-borby-s-bpla/322/>.

33. Обзор техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) украинского производства: веб-сайт. URL: <https://topwar.ru/35564-obzor-tehniki-radioelektronnay-borby-reb-ukrainskogo-proizvodstva.html>.

34. Обзор украинских средств РЭБ против БЛА: веб-сайт. URL: <https://sivator.com/41786-obzor-ukrainskih-sredstv-reb-protiv-bla.html>.

35. В Україні створили мобільний комплекс протидії дронам RIFF-P: веб-сайт. URL: <https://armyinform.com.ua/2020/07/v-ukrayini-stvoryly-mobilnyj-kompleks-protydiy-dronam-riff-p/>.

36. Штурмова гвинтівка (автомат) “Малюк” (Вулкан): веб-сайт. URL: <https://www.ukrmilitary.com/2017/02/malyuk.html> (дата звернення: 6 лютого 2017).

37. REX-2: веб-сайт. URL: <https://zala-aero.com/production/means-of-ew/rex-2/>.

38. Ступор (ПАРС) ручной комплекс по борьбе с БПЛА: веб-сайт. URL: https://k-radio.ru/catalog/stupor_ruchnoy_kompleks_po_borbe_s_bpla/.

- Надійшла до редколегії 18.06.2021

Схвалена до друку 13.07.2021

Information about the authors:

Sergey Yarosh
Doctor of Military Sciences Professor
Professor of the Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5208-9372>

Dmytro Huriev
Head of Scientific Research Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2469-0865>

С.П. Ярош, Д.А. Гурьев

В статье приведены данные и проведен анализ особенностей вооружения для противодействия беспилотным летальным аппаратам (БЛА) для подсистем разведки, огневого воздействия и радиоэлектронной борьбы (РЭБ) при создании системы борьбы с беспилотной авиацией (БА) в группировке зенитных ракетных войск (ЗРВ). Кроме вооружения украинского производства, проанализированы характеристики и возможности вооружения иностранного производства. Определены различия в тактико-технических характеристиках и возможные направления усовершенствования вооружения. Результаты проведенного анализа необходимо использовать для комплектования соответствующим вооружением системы борьбы с БЛА в группировках, частях, подразделениях ЗРВ Воздушных Сил (ВС) Вооруженных Сил (ВС). **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, обнаружение, эффективность, вооружение, помехи, поражение, подавление.

S. Yarosh, D. Huriev

The article presents data and analyzes the features of weapons for countering unmanned aerial vehicles (UAVs) for subsystems of reconnaissance, fire impact and electronic warfare (electronic warfare) when creating a system for combating unmanned aircraft (BA) in the group of anti-aircraft missile forces (AMF). In addition to Ukrainian-made weapons, the characteristics and capabilities of foreign-made weapons are analyzed. Differences in tactical and technical characteristics and possible directions for improving weapons are determined. For effective detection and maintenance of UAVs, the development of the latest radar weapons with specialized characteristics is necessary, and new (improved) modes of operation, software and signal processing systems for small targets must be implemented in existing radars. Because the effective destruction of UAVs requires the creation and use of modern specialized fire means, which requires the presence (possession) of appropriate science-intensive technologies and production facilities, and given the low efficiency of traditional fire means, which are in service in many countries, the main means of combating UAVs EW means remain (counteraction to reconnaissance and fire destruction systems on board UAVs, suppression of satellite radio navigation systems). Improving the effectiveness of UAV fire damage is possible due to the modernization of ZU-23, ZAK S-60 and other types of weapons that remained at the bases (warehouses) in the Armed Forces of Ukraine. In order to create an effective system of UAV control in SAR groups, it is necessary to determine which weapons, with which characteristics and capabilities will be suitable for use in its subsystems. This article substantiates the most important characteristics of existing weapons that can be used to create subsystems: reconnaissance, fire exposure and EW. In the future, it is necessary to analyze the characteristics and capabilities of weapons for other subsystems. The analysis will be needed to further determine the types and number of weapons needed to create an effective system of UAV control in SAR groups. The results of the analysis should be used to complete the appropriate weapons of the anti-UAV system in groups, units, and air defense units of the Air Forces (AF) of the Armed Forces (AF) of Ukraine.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, detection, efficiency, weapons, interference, detection, suppression.*