

П.Б. Волотівський¹, О.В. Гончаров², В.М. Давиденко¹, Н.Л. Мамонова¹

¹ Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

² Головне управління державної авіації України, Київ

СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ПРОТИДІЇ БПЛА, ЇХНІ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ. ПОГЛЯДИ ЩОДО НАПРЯМІВ ЇХ РОЗВИТКУ

*В умовах відсічі збройної агресії російської федерації проти України перед державою постає головне завдання щодо оснащення Збройних Сил (ЗС) України, інших складових сил оборони високоефективним озброєнням та військовою технікою відповідно до потреби для нарощування їх спроможностей. Майже трьохрічний бойовий досвід ЗС України свідчить, що одним з пріоритетних напрямів нарощування їх спроможностей з протидії агресору є оснащення **військ (сил)** сучасними засобами протидії безпілотним авіаційним системам, побудованим за новітніми технологіями (зокрема вітчизняного виробництва). Важливе значення у вирішенні цього завдання відіграє дієва військово-технічна політика держави з притаманними цій політиці в умовах воєнного часу особливостями реалізації.*

Наразі в російсько-українській війні має місце надзвичайно широке застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) для вирішення широкого кола різних завдань у ході бойових дій. Проблема протидії БпЛА, особливо малим, є надзвичайно складною, різносторонньою і на даний час ефективно не вирішеною. Є всі підстави стверджувати про практичну відсутність досконалих спеціалізованих систем і засобів, призначених виключно для протидії БпЛА.

Метою статті є огляд основних способів та засобів протидії БпЛА, їх переваг і недоліків і на цій підставі формування поглядів щодо напрямів ефективного вирішення даної проблеми.

Матеріали статті необхідно розглядати в деякій мірі як вихідні дані для проведення подальших досліджень в такому актуальному напрямі як протидія БпЛА.

Ключові слова: протиповітряна оборона, протибезпілотна оборона, протидія безпілотним літальним апаратам, засоби протидії безпілотним літальним апаратам.

Вступ

В умовах масового застосування збройними силами російської федерації (зс рф) безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) у війні проти України гостро постало питання про протидію цим системам. Виявилось, що проблема протидії БпЛА, особливо малим БпЛА, є надзвичайно складною, багатогранною та до цих пір ефективно не вирішеною.

Аналіз даних щодо застосування БпЛА зс рф у “спеціальній військовій операції” показує, що загальна частка FPV-дронів складає приблизно 90 % від усієї задіяної кількості БпЛА в операції. Це обумовлене їх високою швидкістю і маневреністю, постійним удосконаленням технологій виготовлення та низькою вартістю FPV-дронів проти інших БпЛА. У військах рф застосовується більше 70 зразків FPV-дронів, у тому числі: FPV-дронів коптерного типу – більше 50 зразків; FPV-дронів літакового і вертолітного типу – більше 6 зразків; БпЛА коптерного типу з функцією FPV – 18 зразків.

Зважаючи на актуальність задачі протидії БпЛА (особливо малим), автори в цій роботі зосередились на огляді різних засобів протидії БпЛА, що ґрунтуються на вогневому ураженні, радіоелектронному придушенні, функціональному ураженні надвисокочастотним випромінюванням,

ураженні лазерним випромінюванням, а також на протидії БпЛА з використанням пілотованої авіації, спеціальних БпЛА-перехоплювачів, інших способів і засобів.

Постановка проблеми. Військовим керівництвом провідних країн, а також рф, впровадження БпАК розглядається як магістральний напрям розвитку засобів збройної боротьби. У наявності тенденція підвищення ефективності застосування БпЛА для завоювання панування у повітрі, ураження особового складу та засобів озброєння збройних сил. Це дозволяє зробити висновок, що вже почалися зміни в стратегії ведення війни, що стосується, в першу чергу, застосування безпілотних авіаційних комплексів.

В роботі [1, с. 41)] зазначено, що на даний час об’єктивні умови збройної боротьби в російсько-українській війні висунули в якості ударної сили БпАК, які набули значення одного з найважливіших *стратегічних чинників*, здатних шляхом прямого впливу на угруповання військ та життєво важливі об’єкти здійснювати вельми значний, а іноді і вирішальний вплив на хід війни. В цій роботі зроблено висновок, що боротьба з БпЛА стає однією з окремих (часткових)

стратегічних цілей (завдань) протиповітряної оборони держави.

Особливо складними об'єктами для протидії виявилися малі БпЛА. Їх застосування стало увійшло в тактику дій військових підрозділів. У даний час над полем бою навіть однієї мотострілецької бригади можливо спостерігати десятки БпЛА противника, що виконують різноманітні завдання.

У повітряному просторі над усією територією України щодобово виконують розвідувальні, ударні й інші завдання десятки БпЛА. Так, за вересень 2024 року зс рф застосували проти об'єктів аеродромної мережі, оборонно-промислового комплексу, критичної та соціальної інфраструктури України більше 1000 БпЛА оперативно-тактичного та оперативного призначення (розвідувальних, ударних, хибних цілей тощо).

Досвід російсько-української війни також наочно свідчить про практичну відсутність досконалих спеціалізованих систем і засобів, призначених виключно для протидії БпЛА.

Тому, перед академічною наукою, військовими вченими, науковими підрозділами підприємств оборонно-промислового комплексу, що спеціалізуються на розробці та виробництві засобів протидії безпілотним авіаційним системам, постає важливе, а скоріше за все, невідкладне завдання щодо пошуку шляхів створення комплексів протидії БпЛА, спеціально орієнтованих на вирішення задач виявлення та ураження повітряних цілей, як малі БпЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність розгляду задачі протидії БпЛА (особливо малим БпЛА) підтверджується значною кількістю робіт закордонних та вітчизняних авторів з даної тематики. В останні роки в рф та інших державах проводяться важливі за тематикою та змістом дослідження з питань протидії БпЛА. У той же час необхідно відмітити, що значимих робіт за тематикою протидії БпЛА досить мало. У більшості робіт автори наводять статистичні дані щодо знищення ворожих БпЛА тими або іншими засобами, підкреслюють важливість і складність боротьби із цим видом зброї (особливо з малими БпЛА), визначають напрями та завдання перспективних досліджень. У цих роботах розглядаються окремі, часткові аспекти проблематики боротьби з БпЛА [2...7].

У роботі [1], на підставі досвіду боротьби з розвідувальними та ударними БпЛА зс рф під час відбиття агресії, поставлене питання про необхідність створення та розбудови системи протибезпілотної оборони (ПБО) як складової системи ППО/ПРО/ПБО України (ППО – протиповітряна оборона, ПРО – протиракетна оборона), про необхідність створення якісно нової системи озброєння протибезпілотної оборони – матеріальної основи системи ПБО.

Виклад основного матеріалу

Досвід застосування БпЛА в останніх воєнних конфліктах та в ході широкомасштабної агресії рф проти України показує, що вони вирішують широке коло завдань: спостереження (розвідка), у тому числі в реальному масштабі часу; нанесення ударів по військах, об'єктах логістики збройних сил, по об'єктах інфраструктури в глибині території країни; транспортування вантажів; надання цілевказівок іншим засобам ураження, а також коректування їх застосування; постановка радіоелектронних завад; ретрансляція даних між віддаленими абонентами мереж зв'язку; використання як хибних повітряних цілей, й інші завдання.

Особливо необхідно відмітити багаторазове нарощування застосування БпЛА різного призначення в зоні бойових дій, над полем бою. У теперішній час відмічається дуже швидке зростання кількості розробок БпЛА, у тому числі їх складових частин безпілотних літальних апаратів. Цьому сприяли певні об'єктивні передумови, що пов'язані зі значними технологічними успіхами у різних областях знань процесів виробництва, можливостями впровадження технологій штучного інтелекту в бортові системи БпЛА.

Активний розвиток та оснащення зс рф, а також інших країн БпЛА, їх масоване застосування в широкомасштабній війні рф проти України, в інших збройних конфліктах висувають як невідкладну задачу *активного пошуку способів та засобів протидії БпЛА, тобто створення нових систем їх виявлення, знищення та подавлення* [8].

На початковому етапі появи задачі протидії БпЛА (на початку 2000-х років), ця задача вирішувалася виключно засобами ураження зенітно-ракетних та зенітно-артилерійських комплексів протиповітряної оборони.

Наразі цей спосіб вважається не раціональним з економічної та технічної точок зору. По-перше, економічно не вигідно використовувати дорогі ракети по великій кількості відносно дешевих БпЛА. По-друге, це призводить до швидкого вичерпування бойового ресурсу зенітних ракетних комплексів (ЗРК) та подальшої їх нездатності відбити удари вже пілотованої авіації та ракетної зброї.

У зв'язку із цим, в теперішній час проводяться широкі дослідження нових способів протидії БпЛА, що ґрунтуються на вивченні характеристик основних складових БпЛА та систем їх бортового обладнання, значимих для його виявлення і протидії (конструкція планеру, тип та характеристика двигуна, система електроживлення, система управління, навігаційна система, телеметрична система, система радіозв'язку [8, 9].

Взаємозв'язок основних підсистем БпЛА показано на рис. 1.

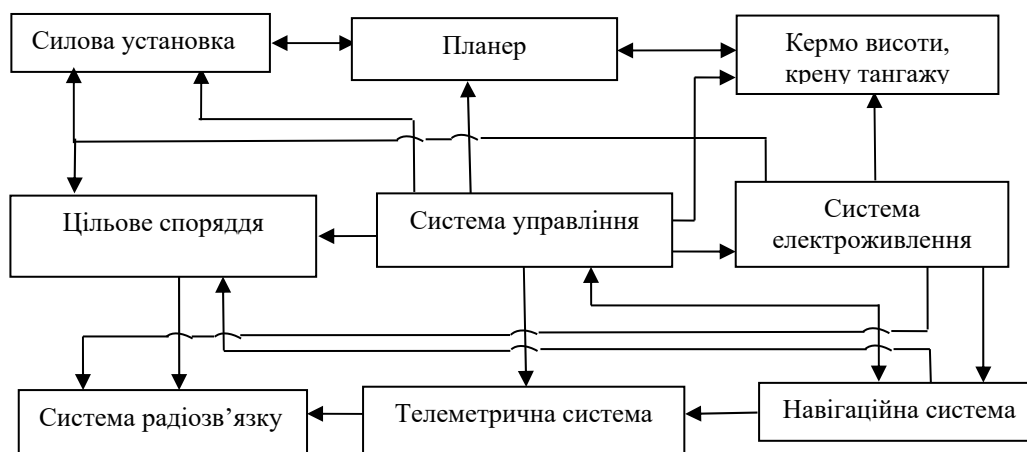


Рис. 1. Взаємозв'язок основних підсистем БпЛА
Джерело: розроблено авторами

У залежності від переліку задач на борту БпЛА можуть додатково встановлюватися такі системи й обладнання:

системи оптико-електронної, тепловізійної, радіолокаційної, радіо- і радіотехнічної, радіаційної, хімічної й інших видів розвідки з малогабаритним накопичувачем розвідувальних даних;

засоби постановки активних радіоелектронних перешкод;

пристрої наведення та коректування керованої зброї ("підсвічування цілей"); засоби ураження різних типів;

засоби управління і зв'язку з наземним пунктом управління;

відповідач системи державного пізнання;

апаратура автономного польоту та автоматичної посадки;

транспортні касети, кріплення тощо.

Таким чином, під час досліджень щодо розробки та застосування різноманітних методів виявлення та нейтралізації БпЛА мають ураховуватися усі можливі їх характеристики (льотно-технічні, акустичні, оптико- і радіоелектронні й інші), а також можливість вогневого ураження як самих літальних апаратів, так і засобів керування ними.

Найбільш складними у частині протидії є малі БпЛА – малогабаритні і малошвидкісні. Вони є найбільш складними цілями для сучасних засобів виявлення та ураження.

Стосовно великих і середніх БпЛА літакового типу відмітимо таке. Ці БпЛА за своїми демаскуючими ознаками фактично аналогічні відомим аеродинамічним цілям – легким літакам, крилатим ракетами, планерам й іншим подібним цілям.

Виходячи з того, що для сучасних засобів виявлення найбільш складними цілями є малогабаритні та малошвидкісні БпЛА, в подальшому здебільшого зосередимося на

проблемних питаннях виявлення та протидії цьому класу БпЛА.

Основними перевагами БпЛА цього класу, що ускладнюють задачу їх виявлення і протидії, є [8, 9]:

можливість виконання завдань на безпечному віддаленні від оператора та забезпечення оператора інформацією про хід виконання завдання практично в масштабі реального часу;

застосування широкого спектру малогабаритних цільових навантажень на сучасній елементній базі (радіолокаційних станцій – РЛС), засобів радіоелектронної розвідки (РЕР), бойових частин з направленим ураженням;

можливість тривалого перебування над зоною бойових дій, а також самостійного ураження засобів ППО;

низька помітність БпЛА в радіолокаційному й оптичному діапазонах за рахунок більш низьких масогабаритних характеристик у порівнянні з пілотованими літальними апаратами та широкого застосування в конструкції БпЛА пластикових і композитних матеріалів, що слабо відбивають електромагнітне випромінювання;

можливість виконувати маневри з високими перевантаженнями та використанням режимів польоту, що приводять до зниження ефективності дії існуючих і перспективних засобів ППО, можливість польоту на гранично малих висотах (до 50 м) із використанням захисних властивостей рельєфу місцевості, а також на низьких швидкостях польоту (10...30 м/с). При цьому більшість сучасних ЗРК мають обмеження на обстріл повітряних цілей при їх мінімальній висоті (до 1 км). Крім того, під час приймання відбитих сигналів РЛС від малорозмірних, малошвидкісних БпЛА можливе їх попадання в строби захисту РЛС від пасивних перешкод і стаціонарних предметів (що робить БпЛА не розпізнавальним для РЛС на фоні місцевості або в хмарі пасивних перешкод);

можливість використання високоманеврених режимів польоту, наприклад, “змійка”, “рваний” (з періодичним зависанням або різким зниженням швидкості);

можливість використання для радіоканалів керування БпЛА вже існуючої інфраструктури зв'язку мобільних операторів зв'язку і точок доступу Wi-Fi, а не спеціально розроблених засобів зв'язку;

малі геометричні розміри, що обумовлюють низькі значення ймовірності ураження БпЛА снарядами зенітної артилерії. Радіопідривачі зенітних керованих ракет під час їх підльоту в район малорозмірної цілі, як правило, не спрацьовують;

скритність застосування БпЛА, що забезпечується відносною безшумністю їх двигунів, а також за рахунок польоту в режимі “радіомовчання” до виходу в зону безпосереднього бойового застосування.

До основних недоліків малогабаритних і малошвидкісних БпЛА на цей час можна віднести:

обмеження щодо застосування в залежності від часу доби та погодних умов для окремих типів БпЛА;

відносно низька інтелектуальність дії в автономному режимі;

низька скритність радіоканалів керування та передачі даних;

низька живучість конструкції;

вразливість каналів радіоуправління та каналу супутникової навігації для систем радіоелектронної боротьби (РЕБ) та радіоелектронних перешкод;

відносно невелика дальність дії дистанційного управління БпЛА з пункту управління (ПУ) за відсутності додаткових засобів ретрансляції;

обмеження щодо маси та складу цільового споряддя.

Виявлення БпЛА. Виявлення БпЛА є першим етапом протидії йому. Без викриття факту польоту БпЛА, траєкторії його руху, інших значимих характеристик, важливих для цілевказання засобу протидії, протидія неможлива. Достатньо повний аналіз демаскуючих ознак військового літального апарату та малого БпЛА наданий у роботах [9...11].

Засобами виявлення БпЛА, які використовують їх відповідні демаскуючі ознаки, є:

засоби радіолокаційної розвідки (РЛР) – різноманітні РЛС;

засоби радіо- і радіотехнічної розвідки (РРТР) – станції контролю радіовипромінювань, пеленгаторні пости;

засоби оптико-електронної розвідки (ОЕР) – засоби теле- і фотоспостереження у видимому та інфрачервоному діапазонах;

засоби акустичної розвідки (АР) – мікрофони і звукоуловлювачі.

Ці засоби, як правило, використовуються комплексно, взаємно доповнюючи один одного, при цьому основними засобами цілевказання для комплексів ППО є засоби РЛР – РЛС, а для комплексів РЕП – засоби РРТР.

Розглянемо окремі показники можливостей зазначених вище засобів виявлення малих БпЛА в залежності від значень їх характеристик.

Виявлення БпЛА засобами РЛР. Виявлення БпЛА засобами РЛР є ефективним у тому випадку, коли радіолокаційна помітність цілі відповідає роздільній здатності РЛС. Як об'єкти РЛР малі БпЛА характеризуються значенням ефективної площі розсіювання (ЕПР) порядку 0,05...0,5 м². Згідно з наявними у авторів даними, проведені в рф полігонні випробування до початку широкомасштабної агресії показали, що розрахункові дальності для виявлення малорозмірних БпЛА з боку РЛС, що знаходяться на озброєнні військових підрозділів ППО зс рф, при різних значеннях ЕПР, БпЛА складали:

для РЛС метрового діапазону хвиль:

8...14 км для БпЛА з ЕПР приблизно 0,1 м²;

0,1...1,5 км для БпЛА з ЕПР приблизно 0,01 м²;

для РЛС дециметрового діапазону хвиль:

9...16 км для БпЛА з ЕПР приблизно 0,01 м²;

0,8...2,0 км для БпЛА з ЕПР приблизно 0,01 м²;

для РЛС сантиметрового діапазону хвиль:

12...25 км для БпЛА з ЕПР приблизно 0,1 м²;

1,4...2,8 км для БпЛА з ЕПР приблизно 0,01 м².

Відмічається такий факт: якщо для БпЛА з ЕПР 0,1 м² розрахункові дані і фактичні результати полігонних випробувань щодо дальності виявлення практично співпадають, то для БпЛА з ЕПР 0,01 м² фактичні дальності виявлення наближаються до нульових значень. Додатковим чинником, що знижує рівень ЕПР БпЛА та призводить до зриву супроводження БпЛА, є використання в конструкції великої кількості радіопрозорих пластикових і композитних матеріалів.

Практичний досвід застосування РЛС для виявлення БпЛА показав, що зменшення масогабаритних параметрів БпЛА до значення менше 5 кг призводить до суттєвого зменшення рубежу їх виявлення, а при застосуванні значної частки радіопрозорих матеріалів у конструкції БпЛА робить їх виявлення за допомогою РЛС фактично неможливим.

Отже, в переважній більшості РЛС ЗРК не будуть виявляти БпЛА з ЕПР 0,01 м² і менше. В умовах застосування противником різноманітних засобів РЛР навіть ті можливості РЛС, що є, значно зменшуються. Фактичні дальності виявлення не дозволяють забезпечити участь пунктів управління в управлінні вогнем угруповань ППО під час організації і здійсненні обстрілу малорозмірних БпЛА.

Таким чином, постає питання розробки перспективних РЛС, здатних виявляти малорозмірні БпЛА на дальностях, що забезпечать ведення ефективної стрільби по БпЛА.

Виявлення БпЛА засобами РРТР. Засоби РРТР дозволяють виявити БпЛА шляхом приймання та аналізу як сигналів командної радіолінії управління (КРУ), так і бортового радіоелектронного обладнання (РЕО) – радіолокаційних висотомірів, РЛС, випромінювачів завад тощо. Основним об'єктом *радіорозвідки* (РР) є КРУ БпЛА, а також параметри та дані, що нею передаються, а об'єктом *радіотехнічної розвідки* (РТР) – випромінювання бортових РЛС, бортового РЕО, радіоелектронних засобів (РЕЗ) цільового споряддя.

Наземні засоби РРТР, що є на озброєнні ЗС РФ, мають функціональні спроможності: виявлення джерел радіовипромінювання (ДРВ), розпізнавання типів функціонування ДРВ, визначення параметрів засобів радіозв'язку та перехоплення повідомлень, що передаються, високоточне визначення місцезнаходження РЛС, радіостанцій та постановників перешкод. Точність пеленгування напрямку на ДРВ складає $0,5^\circ \dots 1^\circ$, точність визначення місцезнаходження ДРВ на відстані до 150 км – 50...150 м.

Необхідно відмітити, що *перевагою засобів РРТР* є те, що вони дозволяють однозначно ідентифікувати БпЛА серед природних об'єктів зі схожими характеристиками, передусім, птахів. *Недоліком цих засобів* є те, що засоби РРТР можуть з достатньою точністю встановити лише загальний напрямок (пеленг) на БпЛА, при цьому точність його визначення підвищується при збільшенні часу спостереження. Дальність і висоту до цілі засоби РРТР визначають із суттєвими помилками.

Дальності виявлення малих БпЛА засобами РРТР суттєво залежать від потужності засобів радіозв'язку БпЛА, витоку сигналів бортового РЕО, значень коефіцієнта підсилювання антени БпЛА та чутливості приймача засобу РРТР.

Високоінтенсивне випромінювання засобів радіозв'язку є основною демаскуючою ознакою БпЛА, у тому числі малих БпЛА.

У порівнянні з випромінюванням засобів радіозв'язку БпЛА, випромінювання іншого бортового РЕО БпЛА має більш низьку інтенсивність. Убуток паразитних випромінювань іншого РЕО БпЛА у порівнянні з інтенсивністю випромінювань засобів радіозв'язку і бортової РЛС непорівнювано мала. Все це робить виявлення малих БпЛА для РТР складним у технічному відношенні завданням.

За наявності на борту малорозмірного БпЛА безперервно працюючої КРУ, дальності його виявлення засобами РРТР можуть мати значення від 4 до 50 км. На практиці ці значення для малорозмірних БпЛА будуть ще меншими, через

відсутність режимів тривалого безперервного випромінювання.

Виявлення БпЛА засобами оптико-електронної розвідки (ОЕР). Засоби ОЕР видимого діапазону представляють собою досить надійний засіб виявлення малих БпЛА, які є складними для виявлення засобами РЛР. У той же час, ефективність оптичного виявлення БпЛА суттєво залежить від чинників навколишнього середовища, в першу чергу, від часу доби та погодних умов. Виявлення БпЛА засобами ОЕР допустиме за можливості побудови проєкції його візуального обриса (конфігурації) на умовну площину після використання усіх можливих способів підвищення контрастності та відновлення пропущених елементів графічного образу. Збільшення дальності виявлення досягається за рахунок звуження поля зору засобу ОЕР, зменшення зони огляду та збільшення часу пошуку. Взагалі, ефективність ОЕР для проведення пошуку у видимому діапазоні є низькою. Однак, за отримання зовнішнього цілевказання, наприклад, від РЛС, ці засоби можуть бути ефективними для супроводження БпЛА.

За даними полігонних випробувань, проведених в РФ у довоєнний період, дальність візуального виявлення БпЛА засобами ОЕР, що були на озброєнні ЗС РФ на той час, складала:

під час спостереження польоту БпЛА у фронт – 100...400 м;

під час спостереження з бокових ракурсів – 150...700 м.

За фактичних висот польоту малих БпЛА 300...1000 м навіть за яскравого пофарбування їх візуальне виявлення було дуже ускладнене.

Застосування оптичного збільшення у засобах ОЕР дозволило збільшити дальність виявлення БпЛА в 4,5...14 разів:

при збільшенні 4,5 крат – до 2,2 км, при збільшенні 14 крат – до 6,7 км.

Природно, при оптичному збільшенні буде знижуватися ймовірність виявлення БпЛА з причини звуження області оглядового простору.

Крім засобів ОЕР, що працюють у видимому діапазоні, виявлення БпЛА можливе засобами ОЕР, працюючих в ІЧ-діапазоні. Засоби ОЕР ІЧ-діапазону виявились особливо ефективними у нічний час.

Ефективність ОЕР ІЧ-діапазону також суттєво залежить від погодних умов (димка, вологість, опади, туман тощо). Для зниження помітності БпЛА можуть вибиратися профілі і напрямки їх польоту, що знижують ефективність засобів ОЕР видимого і ІЧ-діапазону, наприклад, заходження на ціль з боку сонця або іншого потужного джерела світла та ІЧ-випромінювання.

Виявлення БпЛА засобами акустичної розвідки (АР). Акустична помітність є важливим доповнюючим фактором, який дозволяє підвищити

достовірність виявлення БпЛА в умовах за яких традиційні засоби (радіолокаційні та оптичні), не можуть забезпечити потрібного рівня ймовірності його виявлення. Джерелами звукових хвиль є двигуни та лопаті повітряних гвинтів. Застосування для виявлення БпЛА засобів АР забезпечує [8]:

- визначення пеленгу на БпЛА;
- визначення класу (типу) БпЛА.

Засоби АР мають такі переваги:

забезпечують стаке автоматичне виявлення малошвидкісних маловисотних БпЛА за будь-яких погодних умов, умов поганої оптичної видимості та складного рельєфу місцевості;

забезпечують скритність функціонування та збереження працездатності в умовах РЕП;

малі габарити, низьке енергоспоживання, відносно дешеві.

Основними недоліками, що обмежують застосування акустичних систем для виявлення БпЛА є:

- низька чутливість;
- низька точність визначення координат БпЛА;
- невеликі рубежі виявлення БпЛА. За дальністю: планерний БпЛА з електричним двигуном – 100...200 м, БпЛА вертолітного типу з електричним двигуном – 200...300 м, БпЛА з поршневим двигуном – до 2 км. За висотою – до 1 км.

Роботи щодо використання засобів АР для виявлення малих БпЛА продовжуються у різних країнах. Цікаві результати щодо використання засобів АР отримані японськими дослідниками.

Основні способи і засоби протидії БпЛА [8, 12]. До основних способів протидії БпЛА належать наступні: вогневе ураження БпЛА зенітно-ракетними (ЗРК), зенітно-артилерійськими комплексами (ЗАК), зенітними артилерійськими установками (ЗАУ), зенітними кулеметними установками (ЗКУ) протиповітряної оборони; радіоелектронне придушення систем навігації і радіозв'язку БпЛА; функціональне ураження БпЛА надвисокочастотним електромагнітним випромінюванням (ФУ ЕМВ); ураження БпЛА лазерним випромінюванням; протидія БпЛА з використанням спеціальних БпЛА-перехоплювачів, літаків легкомоторної авіації та вертольотів.

Протидія БпЛА засобами ЗАУ та ЗКУ ППО. ЗАУ та ЗКУ на даний час розглядаються як найбільш перспективні для боротьби з малогабаритними БпЛА, а також як засіб перекриття "мертвої зони" ЗРК ППО. Практичний досвід застосування цих засобів показує, що стрільба по рухомих малих БпЛА з малих дистанцій більш ефективна за їх малих або наближених до нуля швидкостях польоту, а точність прицілювання має визначальне значення для ефективної стрільби.

Для підвищення ефективності ураження БпЛА ЗАУ (ЗКУ) необхідне своєчасне виявлення БпЛА, автоматизація введення поправок у ході зенітної стрільби, особливо – поправок на відхилення початкової швидкості зенітного снаряда шляхом корегування часових установок підривача.

Ракетні засоби ураження БпЛА. Основним засобом ураження найбільш складних цілей – малогабаритних і маневрених БпЛА є переносні зенітно-ракетні комплекси (ПЗРК): Javelin, Starburst, Starstreak, RBS-70, Стріла-2М, Стріла-3 й інші. Результати досліджень, оприлюднені в роботі [8], показали, що розрахункові ймовірності ураження цілі типу "БпЛА-квадрокоптер" штатними засобами сучасної ППО складають 0,28...0,37.

У цілому зроблено висновок, що основними причинами низької ефективності засобів ППО (ЗАК та ракетних комплексів типу ПЗРК) під час застосуванні по БпЛА є:

висока швидкість польоту ракети та неможливість керування нею при наведенні на БпЛА (для зенітних ракет);

низька щільність засобів ураження (снарядів, куль) в об'ємі простору, всередині якого знаходиться БпЛА внаслідок розсіювання, обумовленого коливаннями ствола, платформи на якій закріплена установка, та залежністю внутрішньої балістики від стану і температури ствола (для зенітної артилерії).

Протидія БпЛА засобами радіоелектронної протидії. Як зазначено вище, ураження БпЛА засобами ЗРК, ЗАК ППО у більшості випадків є малоефективним. Крім того, мають місце високі витрати боєприпасів – невідновного матеріального ресурсу. Тому на цей час ефективним засобом протидії БпЛА визнано радіоелектронне подавлення (РЕП) [12, 13]. Цей напрям протидії БпЛА вважається перспективним та динамічно розвивається. Ресурс засобу РЕП за наявності зовнішнього живлення практично необмежений. При цьому засоби РЕП можуть застосовуватися одним із декількох способів або їх комбінацією:

подавлення або нав'язування хибних режимів роботи каналу навігації БпЛА за рахунок формування хибних навігаційних полів (оснований на прийомі й обробці сигналів однієї або декількох супутникових радіонавігаційних систем (СРНС);

подавлення або нав'язування хибних режимів роботи радіоканала керування БпЛА;

інформаційно-технічний вплив на БпЛА з метою дестабілізуючого втручання в процес функціонування його підсистем або перехоплення управління.

Засоби РЕП у боротьбі з БпЛА у порівнянні з засобами вогневого ураження мають такі переваги:

у процесі застосування засобу РЕП не витрачаються будь-які матеріальні засоби ураження, а тільки відновлювальний ресурс електромагнітної енергії;

сучасні засоби РЕП можуть формувати широку номенклатуру радіоелектронних завад, адаптивно вибираючи ті з них, які найбільш ефективні щодо конкретних об'єктів подавлення;

засобом РЕП властивий “площинний ефект”, що дозволяє одночасно уражати велику кількість БпЛА, що мають схоже радіоелектронне обладнання (РЕО), єдину КРУ, принципи навігації, оснований на використанні сигналів одних і тих СНРС;

за умови успішного розрізнення цілей як окремих джерел радіовипромінювання (ДРВ), засоби РЕП можуть бути вибірковими, подавляючи тільки ті ДРВ з певними параметрами;

в окремих випадках, за умов успішного розкриття структури сигналів та формату повідомлень у радіоканалі керування, що передаються в каналі навігації, засоби РЕП дозволяють перехопити управління БпЛА та нав'язати йому хибну траєкторію польоту.

Разом з тим, засобом РЕП властиві і певні недоліки:

вплив засобів РЕП можливий тільки за умови наявності електромагнітної доступності БпЛА;

подавлення каналу управління і навігації БпЛА можливе тільки за умови активного дистанційного керування БпЛА з використанням навігації по сигналах СНРС. Політ в режимі радіомовчання, як правило, не дозволяє розкрити факт польоту такого БпЛА засобами РРТР та сформувати цілевказання засобом РЕП на протидію таким БпЛА;

енергетична ефективність засобів РЕП убиває пропорційно квадрату відстані, внаслідок цього засоби РЕП є засобами ближньої дії. Їх ефективність зростає по мірі наближення БпЛА до місця розміщення засобу РЕП;

загороджувальні завади, яким властивий “площинний ефект” та орієнтовані на подавлення декількох каналів керування і навігації, одночасно з тим мають і низьку енергетичну ефективність, особливо в умовах використання для управління і навігації БпЛА ширококутових сигналів і сигналів з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти;

завади, що є прицільними за частотою та структурою сигналів КРУ і СНРС та найбільш ефективними для порушення керування БпЛА, зокрема шляхом нав'язування хибних режимів польоту, вимагають для свого формування оперативного викриття засобами РРТР структури сигналів та формату повідомлень, що передаються в КРУ і в каналі навігації, або завчасного формування баз даних відповідних сигналів, що використовуються БпЛА;

ефективність засобів РЕП суттєво залежить від сценарію застосування БпЛА противником, врахування ним можливості застосування проти БпЛА засобів РЕП. Це вибір рівня автономності польоту, профілю польоту на низькій висоті, з урахуванням складок місцевості, завчасне формування для навігаційної системи профілю польоту по електронній карті місцевості, дотримання режиму радіомовчання, застосування інших способів радіоелектронного захисту БпЛА.

Узагальнюючи вищезазначене можливо дійти висновку, що засоби РЕП є високоефективним і перспективним засобом протидії БпЛА. Однак на сучасному етапі свого розвитку вони не дозволяють самостійно гарантовано запобігти польоту БпЛА в район виконання завдання. Вони мають обмеження щодо застосування зв'язку, потребують забезпечення електромагнітної сумісності з іншими радіоелектронними засобами, не мають високого ступеню вибірності стосовно цілей, що уражаються.

Отже, засоби РЕП на даний час можуть бути використані у складі комплексів протидії БпЛА тільки в сукупності з іншими засобами, в першу чергу із засобами фізичного та вогневого ураження.

Протидія БпЛА засобами функціонального ураження електромагнітним випромінюванням (ФУ ЕМВ). Засоби ФУ ЕМВ володіють великим “площинним ефектом”, забезпечуючи відносно ефективне припинення польоту практично усіх БпЛА, що попадають у зону їх дії *незалежно від їх типу, режиму управління (дистанційне управління або автономний політ), типу навігаційної системи.* Функціональне ураження електромагнітним випромінюванням полягає у руйнуванні та/або пошкодженні елементів радіоелектронних засобів (РЕЗ) шляхом використання однократних або багатократних імпульсних електромагнітних впливів, що призводять до незворотних змін електрофізичних параметрів у напівпровідникових або оптико-електронних елементах РЕЗ в результаті їх перегрівання або пробоя [13, ..., 15].

Засобом ФУ ЕМВ властиві й недоліки – висока потужність створюваного ЕМВ та складність забезпечення його вибіркової у відношенні РЕЗ, що уражаються. Це гостро ставить питання забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) засобів ФУ ЕМВ з іншими РЕЗ у складі комплексу протидії БпЛА та забезпечення цього комплексу потужним джерелом енергії.

До позитивних якостей засобів ФУ ЕМВ під час їх застосування проти БпЛА можливо віднести:

розширення діапазону задач, що вирішуються, за рахунок можливості ураження не випромінюючих БпЛА;

універсальність (здатність ЕМВ уражати широку номенклатуру БпЛА незалежно від їх типу, габаритів, функціонального призначення);

позасмуґість (здатність ЕМВ проникати всередину РЕЗ БпЛА поза смугою пропускання його прийомних трактів радіозв'язувальних РЕЗ);

відмовлення від складних засобів аналізу й імітації сигналів для подавлення каналу навігації та радіозв'язу БпЛА, які традиційно використовуються в РЕП;

зниження в окремих випадках вимог до якості цілевказання (щодо місцеположення, частотного діапазону, режимів роботи), які необхідні для ураження БпЛА противника.

Стосовно засобів ФУ ЕМВ, що орієнтовані на ураження саме БпЛА, то достовірної інформації щодо таких засобів надзвичайно мало. Разом з тим, судячи з відкритих публікацій, роботи в напрямі створення таких засобів проводяться в усіх технологічно розвинутих країнах, у тому числі в США, Китаї, рф. Як показано в [14] у США компанія Raytheon з 2013 року веде розробку комплексу Phaser, завданням якого є функціональне ураження одиночних БпЛА і їх груп потоком потужних надвисокочастотних імпульсів (НВЧ-імпульсів). Комплекс Phaser був переданий в дослідну експлуатацію у 2020 році, за результатами якої очікувалося прийняття рішення щодо початку серійного виробництва. Інформація про результати дослідної експлуатації на цей час відсутня.

Аналогічні розробки здійснюються і в рф [15]. На виставці ЛІМА-2001 в Малайзії ще у 2001 році рф продемонструвала зразок бойового комплексу ФУ ЕМВ "Ранец-Э" розробки Московського радіотехнічного інституту російської академії наук (РАН). Він призначений для боротьби з малими БпЛА та крилатими ракетами високоточної зброї. Згідно з представленими характеристиками комплектація виробу "Ранец-Э" з підсиленням 50 дБі та з шириною головного пелюстка діаграми спрямованості антени (ДСА) 15°...20° забезпечує дальність ефективного ураження РЕЗ 7...14 км, дальність часткового порушення функціонування РЕЗ складає 22...40 км, з підсиленням 45 дБі та з шириною головного пелюстка діаграми спрямованості антени 60° забезпечує дальність ефективного ураження РЕЗ 7...14 км, дальність часткового порушення функціонування РЕЗ – 22...40 км.

Крім розробки стаціонарних і мобільних комплексів ФУ ЕМВ активно розвиваються й інші засоби такого типу ураження. Це, наприклад, доставка на рубіж гарантованого функціонального ураження групи БпЛА генераторів потужного НВЧ-імпульсу, вбудованих в артилерійські снаряди або ЗКР. Тип джерела ЕМВ – вибухомагнітний генератор. Прогнозується радіус ураження БпЛА від точки підризу ЗКР до 500 м.

На даний час засоби ФУ ЕМВ у масовому порядку в російсько-українській війні не застосовуються. Можливо у бойових умовах проводяться випробовування дослідних зразків з метою їх удосконалення для виконання більш широкого кола завдань.

Важливо відмітити, що дослідні зразки засобів ФУ ЕМВ (США, Китай, рф) демонструють високу ефективність і можуть забезпечувати незворотність ураження усіх типів БпЛА на дальності до 10 км.

Отже, *недоліком засобів ФУ ЕМВ є те*, що одночасно з ураженням БпЛА уражаються й інші типи РЕЗ, що попадають у зону впливу. Це виключає застосування засобів ФУ ЕМВ у населених пунктах, на промислових та військових об'єктах. Окремим проблемним питанням є забезпечення електромагнітної безпеки операторів засобів ФУ ЕМВ.

Функціональне ураження БпЛА лазерним випромінюванням вважається на даний час одним з перспективних але ще не дуже поширеним способом протидії БпЛА. Лазер, що є оптичним квантовим генератором, здатний формувати сильне електромагнітне випромінювання в оптичному діапазоні хвиль з високою густиною енергії в дуже вузькому тілесному куті. Властивість дуже вузької направленості променя та висока густина випромінювання дозволяють застосовувати лазер як засіб функціонального ураження. Дію лазерного випромінювання відзначає несподіваність, скритність, відсутність зовнішніх ознак у вигляді вогню, диму, звуку, висока точність, прямолінійність поширення і практично миттєва дія. [16, ..., 18].

Розробки лазерної зброї активно проводяться в США, Німеччині та Великобританії в інтересах військово-морських сил та сухопутних військ. Отримані успішні результати в розробці лазерних систем ураження повітряних цілей, у тому числі малорозмірних БпЛА.

Значних успіхів у розвитку лазерних технологій досягли німецька компанія Rheinmetall та німецька оборонна компанія MBDA. Компанія Rheinmetall у 2019 році повідомляла про успішне випробування бойового лазерного комплексу потужністю 100 кВт. Цей комплекс включає високопотужне джерело енергії, модульний генератор лазерного випромінювання, керований оптичний резонатор, що формує направлений лазерний промінь, систему наведення, відповідальну за пошук, виявлення, розпізнавання та супроводження цілей з наступним наведенням та утриманням лазерного променя. Лазерний комплекс може бути розміщений на наземних, повітряних і морських носіях.

Компанія MBDA вже у 2015 році представляла на Паризькому авіасалоні лазерну установку потужністю 40 кВт, що може збивати міні-БпЛА в

радіусі 3..5 км, та успішно використовувалася по повітряних цілях на віддаленні більше 2 км та висоті 1 км.

За наявною інформацією, російські виробники також працюють у напрямі використання лазерних засобів ураження для протидії БпЛА. На виставці “Армія-2020” виробники рф представили мобільний комплекс “Рать”, призначений для боротьби з БпЛА з ЕПР приблизно 0,01 м². Як було заявлено, *протидія БпЛА даним комплексом носить інтегрований характер*: на дальності від 2,5 км використовуються засоби РЕП для подавлення каналів радіозв’язку ПУ – БпЛА в діапазоні 2...6 ГГц та засоби функціонального ураження електромагнітним випромінюванням ураження бортових РЕЗ БпЛА; на дальності від 1 км проти БпЛА застосовується генератор лазерного випромінювання (згідно із заявою виробника малі БпЛА гарантовано уражаються шляхом їх нагріву і руйнування).

Інші засоби і способи протидії БпЛА. Наразі на порядку денному постало питання використання пілотованої авіації, спеціальних БпЛА-перехоплювачів, інших засобів і способів протидії БпЛА. В зс рф згідно з рішенням міністра оборони рф від 19 березня 2024 року у квітні та травні 2024 року був проведений військово-технічний експеримент щодо бойового застосування літаків легкомоторної авіації “Цесна-172”, обладнаних комплектом озброєння (ПКТМ-7,62) і FPV-дронами проти БпЛА з відпрацюванням тактики бойового застосування з урахуванням досвіду бойових дій в агресивній війні проти України.

За результатами експерименту зроблений висновок, що для ефективної протидії БпЛА необхідно виконати низку рекомендацій щодо приведення літаків “Цесна-172” до одного технічного обрису по зв’язку, навігації, органах управління і тощо. Тобто мова йде про суттєве переобладнання літака згідно з визначеними рекомендаціями.

У ЗС України також проведені дослідження щодо можливостей застосування легкомоторної авіації та вертольотів для боротьби з БпЛА противника. Маємо позитивні результати.

Одним із перспективних, але на даний час недостатньо опрацьованим, вважається *спосіб протидії БпЛА з використанням спеціальних БпЛА-перехоплювачів*. На разі дослідження щодо використання даного способу протидії БпЛА активно продовжуються. Розробляються та перевіряються на практиці варіанти цілевказання для БпЛА-перехоплювача, варіанти оснащення засобами ураження та цільового навантаження, *перспективні алгоритми штучного інтелекту* для впровадження в бортове обладнання, способи бойового застосування.

Необхідно зазначити, що завдання створення БпЛА-перехоплювачів літакового та коптерного типів та оснащення ними підрозділів БпЛА є актуальним вже сьогодні.

Крім розглянутих вище засобів протидії БпЛА існують й інші, але вони в цій роботі не розглядаються зважаючи на поки що їх обмежене поширення. Це протидія з використанням горючих і клейких аерозолів, сіток, спеціально тренованих птахів, шляхом накриття супутним слідом від пролітаючого літального апарату.

У підсумку необхідно відзначити, що держава агресор рф на теперішній час вживає всі можливі заходи для ускладнення виконання Збройними Силами України задачі виявлення і протидії її БпЛА. За таких умов для ЗС України задача боротьби з БпЛА, які застосовуються зс рф, стає все більш складною і на даний час ще залишається ефективно не вирішеною.

У статті надано узагальнену характеристику систем (бортового обладнання) БпЛА, значущих для його виявлення і протидії, розглянуті особливості, переваги і недоліки існуючих засобів їх виявлення, ураження і подавлення, показана складність й багатоаспектність проблематики розробки дійсно ефективних систем виявлення та протидії БпЛА.

Висновки

На підставі огляду існуючих засобів виявлення та протидії БпЛА, аналізу отриманих інформаційно-аналітичних матеріалів щодо досвіду та результатів боротьби з БпЛА зс рф в зоні бойових дій пропонуються такі загальні напрями ефективного вирішення проблеми протидії БпЛА.

1. Основу перспективної системи ПБО мають складати високотехнологічні, принципово нові засоби виявлення, комплекси вогневого ураження та протидії БпЛА засобами РЕП.

2. Створення нових засобів виявлення БпЛА на основі досліджень відповідних демаскуючих ознак сучасних і перспективних БпЛА.

3. Створення нового комплексу ППО спеціально орієнтованого на вирішення задач виявлення й ураження малорозмірних і малошвидкісних повітряних цілей, як малі БпЛА. РЛС зі складу комплексу має реалізовувати нові режими роботи, що враховують особливості ЕПР малих БпЛА. До складу комплексу ППО може бути включена оптико-електронна система стеження, що має у своєму складі тепловізійних прилад, лазерний далекомір та надконтрастну камеру видимого діапазону, що дозволить отримати максимальний обсяг інформації про повітряну ціль в оптичному діапазоні. Малокаліберні ЗАК повинні мати швидкострільність 4000...4500 пострілів/хвилину. Снаряди перспективного комплексу ППО повинні мати підвищену пробивну і руйнуючу здатність за

рахунок зростання числа вражаючих елементів ($\approx 100 \dots 150$ у кожному снаряді). Система підризу снаряда має бути безконтактною в районі цілі.

4. Комплексування ЗРК і ЗАК із комплексами РЕП та їх використання як єдиної функціональної системи.

5. У найближчому майбутньому в системі озброєння протибезпілотної оборони мають з'явитися лазерні засоби ураження малорозмірних БпЛА, здатних фізично знищувати БпЛА, зброя, основана на застосуванні надвисокочастотного випромінювання, здатного виводити з ладу радіоелектронну апаратуру БпЛА.

6. На теперішній час стратегічним завданням для розробників та виробників БпЛА є розширення їх функціональних можливостей щодо протидії

розвідувальним БпЛА (типу Орлан, Zala, Supercam, Гранат) та ударним (типу Shahed, Ланцет) шляхом створення БпЛА-перехоплювачів.

7. Одночасно з розвитком системи озброєння протибезпілотної оборони мають розвиватися способи застосування військ (сил), що оснащатимуться перспективним озброєнням, для недопущення перетину БпЛА противника державного кордону, у тому числі з боку моря, проникнення в повітряний простір над районами бойових дій.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на створенні нових засобів виявлення БпЛА та РЕП, засобів ураження, основаних на застосуванні засобів ФУ ЕМВ та лазерного випромінювання, розробці БпЛА-перехоплювачів.

Список літератури

1. Волотівський П.Б. Погляди та перспективи створення системи протибезпілотної оборони. Її роль та місце в системі ППО України / П.Б.Волотівський, О.В. Самойленко, П.М. Стешенко, П.А. Глущенко // Наука і оборона – 2024. – № 3. – С. 37- 44.
2. Коршець О.А. Уроки застосування безпілотних літальних апаратів у російсько-українській війні / О.А Коршець, В.М. Горбенко // Повітряна міць України – 2023. – № 1. – С. 9-16.
3. Титаренко О.Б. Протиповітряна оборона в російсько-українській війні: уроки та рекомендації / О.Б.Титаренко, С.В. Власенко // Повітряна міць України – 2024. – № 1. – С. 49-55.
4. Резнік В.І. Напрями розвитку безпілотних літальних апаратів наприкінці ХХ – у першій чверті ХХІ століть / В.І. Резнік, А.В. Ремез, І.І. Серяков // Повітряна міць України – 2024. - № 1. – С. 81-85.
5. Волошин І.І. Ефективність застосування безпілотних авіаційних комплексів в сучасних військових конфліктах / І.І. Волошин, О.І. Лупевят, Д.О. Васильченко // Повітряна міць України – 2024. - № 1. – С. 93-98.
6. Чирак М. С. Шляхи підвищення бойових спроможностей військових частин за рахунок оптимізації застосування ударних БпЛА / М. С. Чирак // Повітряна міць України – 2024. – № 1. – С. 99-104.
7. Гусак Ю.А. Кластеризація та класифікація ударних безпілотних літальних апаратів на основі нейронних мереж / Ю.А. Гусак, О.А. Василенко // Повітряна міць України – 2024. – № 1. – С. 141-152.
8. Ростопчин В.В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния / Беспилотная авиация. 2019. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные аппараты_i_protivovozdusnaa_oborona_-_problemy_i_perspektivy_protivostoania.
9. Карташов В.М. Особенности обнаружения и распознавания малых беспилотных летательных аппаратов / В.М. Карташов, В.Н. Олейников, С.А. Шейко, С.И. Бабкин, И.В. Корытцев, О.В. Зубков // Радиотехника. 2018. № 195. С. 235-243. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://openarchive.nure.ua/bitstream/document/9513/1/Kartashov_235_243.pdf.
10. Котов О.Б. Інформаційна помітність військового літального апарату та її джерела / О.Б. Котов, О.А. Корочкін, Р.М. Чигрин // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал. – Х.: ХУПС, 2012. – № 1 (29) – С 48-51.
11. Котов О.Б. Аналіз шляхів зменшення інформаційної помітності військового літального апарату / О.Б. Котов, О.А. Корочкін, Р.М. Чигрин // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил – Харків: ХУПС, 2015. – № 3 (44) – С 16-20.
12. Черниш О.М. Основи формування нової ідеології ведення радіоелектронної боротьби у війнах і збройних конфліктах майбутнього / О. М. Черниш, С. О. Тишук, С. М. Шолохов // Наука і оборона – 2006. – № 4. – С. 48-51.
13. Ясечко М.Н. Современные радиотехнические средства борьбы с беспилотными летательными аппаратами в зоне проведения АТО / М.Н. Ясечко, А.В. Очкурено, А.А. Ковальчук, Д.В. Максютя // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил – 2015. – Харків: ХУПС, – № 3(44) – С 54-57.
14. Mizokami K. The Army's Real-Life "Phaser" Would Knock Out an Entire Drone Swarm With One Shot // Popular Mechanics, 14.11.2016. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a23881/the-army-is-testing-a-real-life-phaser-weapon>.
15. Боевой ЭМИ-генератор "Ранец"-Е" // Око планеты, 04.04.2012. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://oko-planet.su/politik/politikarm/110924-boevoyemi-generator-ranec-e-rossiya.html>.
16. Maritime Laser destroys target boat in at-sea test // optics.org, 11.04.2016. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://optics.org/news/2/4/15>.
17. Laser Weapon System (LaWS) // YouTube, 08.04.2013. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=OmoldX1wKYQ&feature=youtu.be>.
18. Excalibur Prototype Extends Reach of High-Energy Lasers // DARPA. – 03.06.2014. – URL. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.darpa.mil/newsevents/2014-03-06>.

Відомості про авторів:

Волотівський Павло Броніславович

кандидат військових наук
старший науковий співробітник
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-1479-883X>

Гончаров Олег Васильович

головний спеціаліст
Головного управління державної авіації України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0009-0006-4981-3530>

Давиденко Віталій Миколайович

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7317-6694>

Мамонова Ніна Леонідівна

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8051-7293>

Information about the authors:

Pavlo Volotivsky

Candidate of Military Sciences
Senior Researcher
Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-1479-883X>

Oleh Honcharov

Chief Specialist
of Head Office of State Aviation of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0006-4981-3530>

Vitalij Davidenko

Research Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7317-6694>

Nina Mamonova

Research Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8051-7293>

METHODS AND MEANS OF COUNTERING UAVs, THEIR ADVANTAGES AND DISADVANTAGES. PERSPECTIVES ON EFFECTIVE SOLUTIONS TO THE PROBLEM OF COUNTERING UAVs.

P. Volotivsky, O. Honcharov, V. Davidenko, N. Mamonova

Currently, there is an extremely wide application of UAVs in the Russian-Ukrainian war for addressing a broad range of tasks during combat operations. The necessity to counter unmanned aerial systems (drones) used by the armed forces of the Russian Federation, which are currently among the primary means of striking important state and military facilities in Ukraine, requires the establishment of an effective system to combat these aerial attack assets.

The problem of countering UAVs, especially small ones, is exceptionally complex, multifaceted, and has not been effectively resolved at this time. There are ample grounds to assert the practical absence of sophisticated specialized systems and means designed exclusively for countering UAVs. Therefore, new methods and means of countering UAVs are actively being researched.

The article presents an overview of the analysis of the advantages and disadvantages of unmanned aerial vehicles (UAVs) that complicate the task of their detection and counteraction. It discusses the main methods and means of countering UAVs, which are based on fire damage, electronic warfare, functional damage using ultra-high frequency radiation, and damage from laser radiation. Attention is also given to other means of countering UAVs, including the use of manned aviation and specialized UAV interceptors of both aircraft and drone types.

Based on the review of the main methods and means of countering UAVs, along with their advantages and disadvantages, the primary directions for effectively addressing this issue are formulated. One of the most promising directions for creating a UAV counteraction system is proposed to be the integration of surface-to-air missile systems (SAM) and anti-aircraft artillery (AAA) with electronic warfare (EW) systems, and their subsequent use as a unified functional system.

The materials of the article should be regarded to some extent as baseline data for conducting further research in such a relevant area as countering UAVs.

Keywords: Air defense, counter-drone defense, countermeasures against unmanned aerial vehicles, means of countering unmanned aerial vehicles.