

УДК 623.746-519

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2023.1\(37\).63-69](https://doi.org/1034169/2414-0651.2023.1(37).63-69)

О. П. КУТОВИЙ, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0003-3168-5105>

Б. О. ВОРОВИЧ, кандидат військових наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-4083-3707>
(Центр воєнно-стратегічних досліджень
Національного університету оборони України,
м. Київ)

В. В. БОГУЧАРСЬКИЙ, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0001-5514-1642>

Н. В. ГАМАЛІЙ
<https://orcid.org/0000-0003-01505-854X>
(Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, м. Київ)

Ю. М. МУДРАК
<https://orcid.org/0000-0002-1159-5746>
(Центр воєнно-стратегічних досліджень
Національного університету оборони України,
м. Київ)

ДЕЯКІ НАПРЯМКИ БОРотьБИ З БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

У статті представлено аналіз можливостей зенітних та зенітно-ракетних засобів для боротьби з безпілотними літальними апаратами. Обґрунтовані напрями боротьби з безпілотними літальними апаратами та визначені концептуальні підходи до розробки перспективних зенітних засобів боротьби з безпілотними літальними апаратами, складу цих засобів, які спроможні ефективно виявляти та знищувати малорозмірні безпілотні літальні апарати. За результатами досліджень зроблені висновки і визначені деякі напрями боротьби з безпілотними літальними апаратами.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, зона невидимості, зенітно-ракетні та зенітно-артилерійські комплекси, радіолокаційна станція.

ВСТУП

На підставі проведеного аналізу підходів до боротьби з безпілотними літальними апаратами сучасними зенітно-ракетними, зенітно-артилерійськими, ракетно-артилерійськими комплексами з'ясовано, що в основному це завдання вирішується традиційними методами з використанням ракетного або артилерійського каналів ураження. Досвід сучасних збройних конфліктів показує, що головною проблемою для ефективної роботи таких комплексів є вирішення завдань своєчасного виявлення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та їх безперервного супроводження, що ускладнюється їх малими розмірами і використанням технологій низької помітності. Крім того, існуючі зенітні комплекси мають суттєвий технічний недолік – так звану «зону невидимості», яка притаманна будь-якому комплексу, що стоїть на озброєнні (ближньої дії, малої або великої дальності). «Зона невидимості» обумовлена обмеженнями у роботі радіолокаційних засобів розвідки і супроводження цілей та технічними можливостями ракет та артилерійських засобів. Зона знаходиться безпосередньо над зенітними комплексами. До того ж вона у зенітних комплексах має досить великі розміри. Наявність такої «зони невидимості» призводить до того, що безпілотні літальні апарати, що знаходяться у цій «зоні» не виявляються радіолокаційною станцією розвідки зенітного комплексу. Вирішення цієї проблеми шляхом взаємного перекриття зон ураження зенітних комплексів не завжди ефективно реалізується, що і потребує подальших досліджень порушеного питання.

За результатами досліджень зроблені висновки і визначені деякі напрями боротьби з ударними безпілотними літальними апаратами.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА, інша назва – дрони) – сучасний вид озброєння, який швидко розвивається. У воєнних конфліктах останніх років та війні росії проти України їх активно використовують збройні сили провідних країн світу. Війна росії проти України показує, що за допомогою БПЛА знищується велика кількість танків, бойових машин піхоти, артилерійські системи та інша військова техніка і озброєння вартістю на мільйони доларів, причому вартість БПЛА не перевищує кількох тисяч доларів.

Розвиток БПЛА призвів до появи їх багатьох різновидів, від розвідувальних до ударних «камікадзе». Особливо небезпечними стають саме БПЛА – носії зброї та БПЛА – «камікадзе», так звані баражуючі боеприпаси. Всі провідні країни світу активно розвивають цей вид озброєння, який має дуже великий потенціал застосування в сучасних і майбутніх війнах та постійно удосконалюється.

США, Ізраїль, Туреччина, Китай, Канада, Франція, Німеччина, росія, Іран та інші країни масово виробляють, поступово покращуючи їх технічні характеристики, активно застосовують БПЛА та продають (Ізраїль вважається лідером технологічних розробок в галузі БПЛА, далі йдуть США, Китай, Туреччина, Канада).

Масове та результативне застосування БПЛА в зонах воєнних конфліктів, у війні росії проти України, в Сирії, в Нагорному Карабасі, інших регіонах гостро виявило

проблему боротьби з ударними безпілотними літальними апаратами та ефективної роботи проти них існуючого озброєння (засобів).

Актуальним стає завдання визначення вимог до зенітних засобів, які спроможні ефективно виявляти та вражати БПЛА. При цьому вони мають бути спроможні діяти у складі існуючих зенітних комплексів або існувати в якості нового зенітного комплексу.

Метою статті є обґрунтування напрямів боротьби з БПЛА та визначення концептуального підходу до побудови перспективних зенітних засобів боротьби з БПЛА, обґрунтування складу цих засобів, які спроможні ефективно виявляти малорозмірні БПЛА безпосередньо над бойовими позиціями та об'єктами військ, які вони прикривають, їх ідентифікацію, супроводження та ураження.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Питаннями, пов'язаними із дослідженнями щодо протидії БПЛА, займається низка українських та іноземних фахівців і вчених.

Аналіз публікацій [1–9] показує, що переважна кількість робіт надмірно оптимістична, особливо висновки щодо успішності ураження всіх видів БПЛА існуючими засобами ППО та РЕБ.

Разом з тим, проблема протидії БПЛА і, особливо, малорозмірних БПЛА при їх масовому застосуванні, є надзвичайно складною, системною і до сих пір не вирішеною.

Застосування в останніх військових конфліктах зенітних та зенітно-ракетних комплексів, що стоять на озброєнні в Україні, виявило суттєві недоліки в боротьбі проти БПЛА. Сталося так, що незалежна Україна отримала в спадщину від Радянського Союзу разом із зенітним озброєнням і його технічні недоліки щодо ведення ефективної боротьби з сучасними БПЛА, особливо малорозмірними. Будь-яких робіт щодо модернізації цих комплексів та на усунення цього недоліку не проводилось.

Для гарантованого знищення будь-якої повітряної цілі противника сучасним зенітним комплексом, гарматою або ракетою, необхідно здійснити спочатку її виявлення та подальше точне супроводження. З цією метою до складу більшості сучасних зенітних комплексів входять радіолокаційні станції виявлення та супроводження різних типів. Крім радіолокаційних засобів, застосовуються оптоелектронні пристрої виявлення повітряних об'єктів. Зенітні комплекси, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України, мають можливість вести боротьбу з БПЛА великих та середніх розмірів. Але виявлення та ураження малорозмірних БПЛА, особливо типу ударних «камікадзе» є дуже складним завданням та для більшості зенітних комплексів неприпустимим за критерієм «ефективність – вартість».

Ймовірність виявлення повітряних цілей радіолокаційними станціями зенітних комплексів залежить від ряду характеристик цілей, особливо від ефективної площини розсіяння (ЕПР), яка в свою чергу залежить від розмірів цілей та матеріалів, з яких виготовлений літальний апарат та його внутрішні елементи. Відносно великі цілі мають відповідно велику ЕПР і їх виявлення радіолокаційною станцією значно легше. Зі зменшенням

ЕПР виявлення цілей ускладнюється. Тому виявлення малорозмірних цілей, особливо виконаних із пластику та композиційних матеріалів, значно ускладнюється.

В провідних державах світу при розробці сучасних засобів протиповітряної оборони приділяється увага підвищенню характеристик виявлення цілей у широкому діапазоні ЕПР – від десятків квадратних метрів до десятків квадратних сантиметрів, що мають також значний діапазон швидкостей. Аналогічне завдання вирішується і для радіолокаційних станцій супроводження повітряних цілей [1].

Аналіз характеристик зенітних комплексів протиповітряної оборони провідних країн світу [1–4] показує, що багато різноманітних засобів протиповітряної оборони нібито здатні вражати як БПЛА, так і ракети класу «повітря – земля», літаки, вертольоти. Однак, треба усвідомлювати, що боротьба з БПЛА різних класів суттєво відрізняється. Так, дійсно БПЛА великих та середніх розмірів (типу Predator і Reaper від General Atomics, Bayraktar TB2) виявляються та супроводжуються з досить високою ефективністю, а з БПЛА малих розмірів виникають суттєві проблеми.

Але сучасні зенітні комплекси та перспективні засоби протиповітряної оборони продовжують будуватись за класичною схемою, за якою і РЛС виявлення цілей, і РЛС супроводження мають так звану «зону невидимості», яка на рис. 1 умовно визначена, як «мертва воронка».

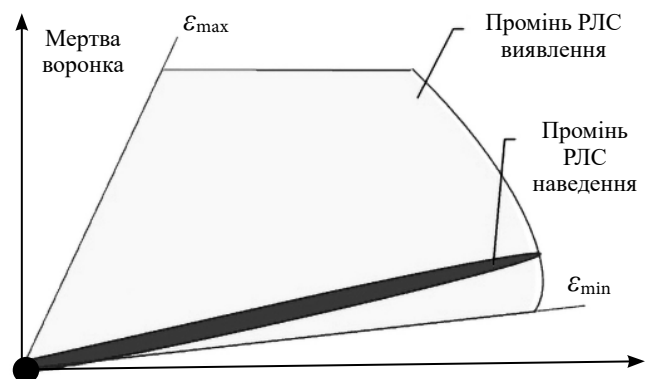


Рис. 1. Типові форми зон розвідки та наведення сучасних радіолокаційних станцій

Радіус «зони невидимості» характеризує область, де цілі під великими кутами місця $\varepsilon \geq \varepsilon_{\max}$ радіолокаційні станції не виявляють і не мають можливості їх супроводжувати.

Така побудова зенітних комплексів призводить до того, що БПЛА, що увійшли у «зону невидимості», діють майже безкарно, можуть вести розвідку та ураження виявлених цілей. Бойові дії у Нагорному Карабасі у 2021 році є тому підтвердженням.

Зенітно-ракетні комплекси (ЗРК) «Оса», «Бук», які перебувають на озброєнні Сухопутних військ України, за технічними характеристиками мають цю «зону невидимості», тому не мають захисту зверху від ударних БПЛА і їх знищення відбувається з високою вірогідністю.

Для надійного ураження малорозмірних БПЛА необхідно обґрунтування та розробка спеціальних зенітних комплексів або автономних індивідуальних зенітних

засобів (модулів), які повинні гарантовано виявляти та ефективно вражати такі цілі. Тому невідкладним завданням перед оборонною промисловістю України, конструкторами оборонних підприємств на найближчу перспективу стоїть питання створення такої сучасної зброї.

Так у роботах [6, 8, 9] відмічається, що з врахуванням особливостей малорозмірних БПЛА та способів їх застосування ведення ефективної боротьби з такими цілями необхідно створення цілеспрямованої системи боротьби, у складі якої повинні існувати активна складова (ракти, гармати, лазери) та пасивна складова (радіоперешкоди, аерозолі, дими, надувні макети техніки, маскувальні засоби).

Ще в Радянському Союзі були розроблені такі зенітні комплекси, як Тунгуска, ТОР, БУК, засоби РЕБ, які були спрямовані на боротьбу з літаками, вертольотами та БПЛА. Однак робота цих комплексів по малорозмірним БПЛА з використанням «стелс» технологій залишається малоефективною.

В [7] відмічається, що для виявлення малорозмірних БПЛА необхідно визначити спеціалізовані засоби розвідки, які мають кращі розвідувальні можливості виявлення та супроводження малорозмірних БПЛА, створювати спеціалізовані канали першочергової передачі та обміну розвідувальною інформацією щодо дій малорозмірних БПЛА. Для досягнення високої ефективності системи розвідки повітряних цілей вважається, що важливим є виконання комплексу організаційно-тактичних заходів, а саме: частіша зміна позицій радіолокаційних станцій (РЛС) і засобів зв'язку; розгортання системи помилкових позицій з імітацією роботи радіоелектронних засобів; проведення якісного інженерного обладнання позицій РЛС розвідки та зенітних комплексів; інтенсивне застосування пасивних відбивачів-пасток, імітаторів теплового випромінювання; розгортання біля позицій РЛС розвідки вогневих засобів ППО; організація захисту засобів розвідки від дій диверсійних груп та ін.

Як показали результати військового конфлікту у Нагорному Карабасі, ці заходи залишаються малоефективними і відволікають від виконання основного завдання. Знаходження малорозмірного БПЛА у «зоні невидимості» зенітних засобів безпосередньо над бойовою технікою призводить до безкарних дій БПЛА з ураження цих цілей.

Слід відзначити, що ефективна боротьба з малорозмірними БПЛА, що мають ефективну площу розсіювання (ЕПР) менше $0,01 \text{ м}^2$ існуючими зенітними комплексами можлива лише з великими обмеженнями щодо їх своєчасного виявлення та обстрілу. Ефективна боротьба з БПЛА, що мають ЕПР меншу ніж $0,01 \text{ м}^2$ сучасними зенітними комплексами практично неможлива [4].

Систематичне масове застосування БПЛА в останніх військових конфліктах, а також в ході повномасштабної воєнної агресії росії проти України виявило слабкі можливості щодо їх виявлення і ураження, гостро ставить завдання зі створення засобів ППО, здатних ефективно боротися з ними. Масове застосування БПЛА висуває проблему не тільки створення спеціалізованих зенітних засобів боротьби з ними, але і зміну самої ідеології боротьби з БПЛА. Масове застосування БПЛА призво-

дить до непомірного відволікання зенітних засобів від боротьби з авіацією противника, непомірному розходу боєприпасів та ще і можливому знищенню цих зенітних засобів ударними БПЛА.

БПЛА, особливо БПЛА-«камікадзе», які за своєю суттю є керованими боєприпасами, що оснащені апаратурою виявлення наземних цілей, зв'язку з центром управління та бойовою частиною, наносять великі втрати військам, техніці та об'єктам.

Причинами переваги БПЛА над існуючими засобами їх знищення є:

- технологічні особливості БПЛА (малі розміри, дуже маленька ефективна поверхня розсіювання, порівняно низька ціна);

- енергетичні та технологічні особливості існуючих зенітних засобів (енергетичний потенціал радіолокаційних станцій розрахований для виявлення в основному цілей типу літак, вертоліт і т. п., висока вартість ракети порівняно з БПЛА). Крім того, зазначені комплекси мають «зону невидимості», безпосередньо над комплексом, що не дозволяє вести виявлення БПЛА безпосередньо над позиціями зенітних комплексів.

До складу ЗРК «Оса» входять: станція виявлення цілей (СВЦ), станція супроводження цілей (ССЦ), станція супроводження ракети (ССР) і ракета. При цьому СВЦ має слабкі характеристики за точністю виявлення, що змушує ССЦ проводити додатковий пошук цілі в певному секторі. Основною проблемою такої СВЦ є наявність «зони невидимості» в зоні розвідки в діапазоні від 0 до кількох кілометрів, в якій будь-які цілі практично не виявляються. У той же час, БПЛА найбільш небезпечні саме в «зоні невидимості», оскільки ведуть розвідку безпосередньо над бойовими позиціями.

Таке становище характерно і для інших зенітних ракетних комплексів. Тому, боротьба з малорозмірними БПЛА за допомогою існуючих ЗРК малоефективна і за критерієм ефективності – вартість далеко не оптимальна. Це і змушує до пошуку нових напрямів зі створення індивідуальних засобів захисту бойової техніки та створення спеціалізованих зенітних комплексів, які ефективно працюють саме у верхній півсфері, закриваючи «зону невидимості» існуючих зенітних комплексів.

Авторами цієї статті пропонується проводити розробки за двома напрямами.

По-перше – розробка *індивідуального засобу захисту від ударних БПЛА типу «камікадзе»* (рис. 2).

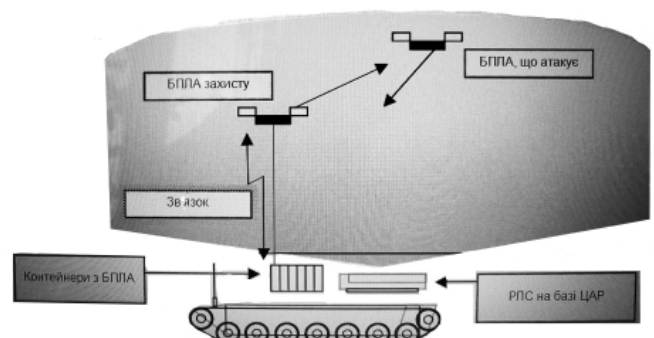


Рис. 2. Загальний вигляд комплексу боротьби з БПЛА (засіб індивідуального захисту)

По-друге – розробка комплексів групового захисту для підсилення угруповань існуючих зенітних комплексів (рис. 3).

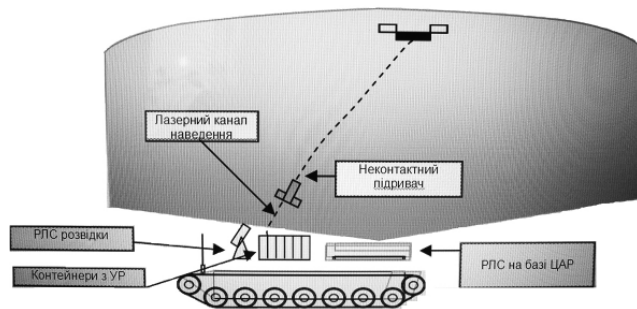


Рис. 3. Загальний вигляд перспективного зенітного ракетного комплексу боротьби з БПЛА (засіб колективного захисту)

Індивідуальний засіб захисту

Вже зараз сучасна бронетехніка має ефективні активні засоби захисту від снарядів. Але вони спрямовані на захист в основному з фронту та з боків і на дуже малій відстані. Застосовувати цей засіб для будь-якої техніки неможливо. Для захисту від зброї, яку застосовують БПЛА (типу ПТУРС) та БПЛА-«камікадзе» пропонується створення подібного бортового засобу захисту, який надійно прикриє танк, бронемашину та іншу техніку з верхньої напівсфери. Елементи цього засобу доцільно розмістити на верхній частині об'єкту.

Основними елементами індивідуального засобу захисту від БПЛА є радіолокатор ближньої дії, апаратура аналізу та прийняття рішення та засіб ураження БПЛА, що вистрілюється назустріч БПЛА-«камікадзе». Такий захисний засіб повинен реагувати як на досить швидкісний атакуючий ПТУРС, так і на малошвидкісні БПЛА-«камікадзе».

Комплекс групового захисту для підсилення угруповань існуючих зенітних комплексів

Пропонується розробити та ввести до складу ЗРК додатковий комплекс боротьби з БПЛА. Цей комплекс має ряд відмінностей, які не характерні і не реалізовані в традиційних зенітних ракетних комплексах, що стоять на озброєнні і орієнтованих на боротьбу традиційно з літаками, вертольотами, ракетами та задовольняти критерію ефективність – вартість.

По-перше, для гарантованого виявлення малорозмірних БПЛА доцільно використання: радіолокаторів міліметрового діапазону хвиль; для супроводження – РЛС на базі цифрових антенних решіток сантиметрового діапазону хвиль.

По-друге, в якості засобів ураження, крім традиційних, пропонується використовувати і нетрадиційні засоби: лазерні, пучкові, електромагнітні та ін. [10].

Радіолокатори міліметрового діапазону хвиль дозволяють ефективно виявляти малорозмірні цілі. При цьому вони мають відносно малі розміри антен. В одноканальному (спрощеному) виконанні радіолокатор розвідки буде недорогим, але вимагає певного часу на перегляд повітряного простору.

Пропонується новий підхід до вирішення цього завдання і відповідно нова структура побудови ЗРК, яка

дозволить ефективно вирішити задачу виявлення і ураження БПЛА безпосередньо при підході і над позиціями військ.

При побудові комплексу пропонується змістити акцент у виявленні і точному супроводженні БПЛА на новий тип РЛС – РЛС на базі цифрових антенних решіток (ЦАР) сантиметрового діапазону хвиль. В Україні збереглася і продовжує розвиватися наукова школа, проведені всебічні дослідження, розроблені дослідні зразки РЛС на базі ЦАР (РЛС ЦАР), які підтвердили теоретичні дані і практично показали характеристики з виявлення і супроводу повітряних цілей, що значно перевершують характеристики сучасних РЛС розвідки і супроводу повітряних цілей [11, 12]. Така РЛС забезпечує гарантоване і головне швидке (долі секунди) виявлення малих БПЛА у широкому секторі. Основними перевагами таких РЛС є:

- високоінформативні приймальні канали, які спроможні прийняти всю інформацію, яка знаходиться у структурі просторово-часових полів на апертурі антени, і практично без втрат трансформувати її до даних про наявність і параметри цілей;
- висока точність виміру кутових координат цілей та дальності;
- якісна доплерівська селекція цілей, як малошвидкісних, так і високошвидкісних;
- недосяжна раніше завадозахищеність РЛС;
- підвищена живучість РЛС за рахунок розділу у просторі приймальних та передавальних підсистем;
- значно менша вартість РЛС у порівнянні з РЛС на базі фазованих антенних решіток (ФАР).

Завдяки РЛС з такими характеристиками, з'являється можливість забезпечити отримання точних координат положення у просторі БПЛА на приводи лазерного випромінювача, за променем якого, в свою чергу, може наводитись ракета. Для захисту від БПЛА потрібна відносно дешева ракета, або керований снаряд з відповідною бойовою частиною.

В Україні виробляються різні типи ракет, від протитанкових, що застосовуються у комплексах «Комбат», «Ступна» до авіаційних. Тому, з урахуванням накопиченого досвіду, розробка нової ракети або керованого снаряду може бути відносно швидкою.

Антену РЛС ЦАР розміщують на даху носія (колісного або гусеничного), поклавши її горизонтально і нерухомо. Робочий сектор сканування простору повинен повністю закривати верхню півсферу. Це дозволить спростити конструкцію антени, виключити помилки роботи приводу (він відсутній), практично миттєво проводити виявлення БПЛА у верхній півсфері і здійснювати їх точний супровід, наведення ракети або снаряду на ціль за допомогою лазерного променя.

Для спрощення конструкції РЛС розвідки може бути виконана з електромеханічним приводом.

Крім ураження БПЛА традиційними способами – вогневе ураження та нетрадиційними, використання зброї електромагнітного імпульсу та лазерної, доцільно розглянути можливість радіоелектронного придушення їх каналів управління та навігації. З метою своєчасного виявлення БПЛА типу «Shahed 136» доцільно використовувати акустичні канали.

Впровадження нового концептуального підходу для ефективної боротьби з БПЛА та створення нових зенітних засобів створить можливість ефективно вирішувати задачу боротьби з БПЛА в сучасних військових конфліктах.

ВИСНОВКИ

До основних напрямів щодо вирішення проблеми боротьби з БПЛА можна віднести:

- формування багатошарованого угруповання з різних типів зенітних комплексів, що мають досить високі розвідувальні та вогневі можливості щодо виявлення та вогневого ураження саме малорозмірних БПЛА;

- розробка та застосування у складі існуючих ЗРК, ЗАК додаткових каналів виявлення та супроводження цілей з метою ведення ефективної боротьби саме з малорозмірними БПЛА;

- розробка перспективних зразків ЗРК, ЗАК, зенітного озброєння, спрямованого на боротьбу з широким колом цілей, як з літаками (звичайними і за технологією «Стелс»), так і малорозмірними БПЛА;

- розробка спеціалізованих автоматизованих засобів захисту бойової техніки Сухопутних Військ від БПЛА типу «камікадзе»;

- застосування комплексу засобів щодо радіоелектронного придушення каналів управління, розвідки та бойового застосування БПЛА;

- використання в якості засобів ураження зброї на нетрадиційних принципах дії (зброя електромагнітного імпульсу, лазерна зброя).

Подальші дослідження мають відбуватися за актуальними напрямками:

- визначення принципів формування та обґрунтування тактико-технічних вимог до сучасних спеціалізованих засобів та комплексів для боротьби з малорозмірними БПЛА;

- розробка спеціалізованих засобів боротьби з малорозмірними БПЛА, які базуються на нетрадиційних принципах дії (зброя електромагнітного імпульсу, лазерна зброя).

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Корольов Р.В., Королюк Н.О., Петров О.В., Сюлев К.В. Аналіз сучасних засобів знищення безпілотних літальних апаратів: веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrmilitary.com/2017/10/zasoby-proty-bpla.html>.
2. Зенітний ракетний комплекс. Вікіпедія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
3. Камалтинов Г.Г., Колесник О.М. Тенденції розвитку радіолокаційних засобів контролю повітряного простору. Харків: зб. наук. пр. Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2020. № 2(64). С. 89–95. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.64.13>.
4. 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. Харків: зб. наук. пр. Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2021. № 2(43). <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.43.07>.

5. Кучеренко Ю.Ф., Науменко М.В., Кузнецова М.Ю. Аналіз досвіду застосування безпілотних літальних апаратів та визначення напрямку їх подальшого розвитку при веденні мережецентричних операцій. Системи озброєння і військова техніка. Харків: Харківський нац. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2018. № 1(53).
6. Ерёмин Г.В., Гаврилов А.Д., Назарчук И.И. Организация системы борьбы с малоразмерными БПЛА «Арсенал Отечества». 2014. № 6(14). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arsenal-otechestva.ru/article/389-antidrone>.
7. Слободян М.Г., Можаяева Е.И., Подстригаев А.С. Способы и средства противодействия беспилотным летательным аппаратам. Современные проблемы радиоэлектроники: сб. научн. тр. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т. 2018. С. 46–50.
8. Теодорович Н.Н., Строганова С.М., Абрамов П.С. Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами. Науковедение. 2017. Т. 9. № 1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naukovedenie.ru/PDF/13TVN117.pdf>.
9. Кузнецов В.Е., Волков Ю.А. Анализ методов противодействия малоразмерным беспилотным летательным аппаратам. Вопросы радиоэлектроники. 2016. № 12. С. 81–87.
10. Ковтуненко О.П., Богучарський В.В., Слюсар В.І. Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи дії та захист від неї): монографія. Полтава: ПВІЗ. 2006. 248 с.
11. Слюсар В.И. Схемотехника цифровых антенных решеток. Грани возможного. Электроника: наука, технология, бизнес. 2004. № 8. С. 34–40. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.electronics.ru/pdf/8_2004/07.pdf.
12. Цензор.НЕТ. Політика України. Матеріали за темою: Оборона; Модернізована «Шилка» пройшла відомчі випробування, 21.06.19. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://censor.net/ua/photo_news/3133479/modernizovana_samohidna_zenitna_ustanovka_shylka_proyishla_vyprobuvannya_video.

REFERENCES

1. Korolev, R.V., Koroliuk N.O., Petrov, O.V. & Siulev, K.V. “Analiz sychasnykh zasobiv znyschennia bezpilotnykh litalnykh aparativ: veb-sait” [Analysis modern facilities of the destruction the unmanned aerial vehicles]. Available at: <https://www.ukrmilitary.com/2017/10/zasoby-proty-bpla.html>.
2. “Zennitnii raketnii kompleks. Vikipediia” [Anti-aircraft missile complex]. Available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.
3. Kamaltinov, G.G. & Kolesnik, O.M. (2020). “Tendentsii rozvytku radiolokatsiinoynykh zasobiv kontroly povitrianoho prostoru” [Trends development of the radar facilities of the checking the air space], zb. nauk. pr. Kharkiv: KNUPS named after Ivan Kozhedub. № 2(64). Pp. 89–95. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.64.13>.
4. Yarosh, S.P. & Huriev, D.O. (2021), “Analiz rozvytku bezpilotnykh litalnykh aparativ, sposobiv yikh boiovoho zastosuvannia ta rozrobka propozytsii shchodo organizatsii

- efektyvnoi borotby z bezpilotnoiu aviatsiieiu” [Analysis of unmanned aerial vehicles development, ways their combat using and development offers for organizations of the efficient fight with unmanned aviation], zb. nauk. pr. Kharkiv: KNUPS named after Ivan Kozhedub. № 2(43). <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.43.07>.
5. Kucherenko, Yu.F., Naumenko, M.V. & Kuznetsova, M. Yu. (2018), “Analiz dosvidu zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ ta vyznachennia napriamku yikh podalshogo rozvytku pry vedenni merezhentsentrychnukh operatsii” [Analysis experience of the using the unmanned aerial vehicles and determination of the direction their further development at conduct network operations], *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*, Kharkiv: KNUPS named after Ivan Kozhedub. № 1(53). Pp. 25–30.
 6. Yerebin, G.V., Havrilov, A.D. & Nazarchuk, I.I. (2014), “Organizatsiia systemy borby s malorazmepnymi BPLA “Arsenal Otechestva”” [Organization system of the fight with BPLA “Arsenal Fatherland”], *Arsenal Otechestva*. № 6(14). Available at: <https://arsenal-otechestva.ru/article/389-antidrone>.
 7. Slobodian, M.G., Mozhaeva, E.I. & Podstrihaev, A.S. (2018). “Sposoby i sredstva protivodeistviia BPLA” [The Ways and facility of the reluctance to unmanned aerial vehicles], *Sovremenyne problemy radioelektroniky: sb. nauchn. tr. Krasnoiarisk: Sibirskii federalnii un-t*. Pp. 46–50.
 8. Teodorovich, N.N., Stroganova, S.M. & Abramov, P.S. (2017). “Sposobu obnaruzheniia i borby s malogabaritnymi BPLA” [Ways of the finding and fights with small-dimensioned unmanned aerial vehicles], *Naukovedenie*. Vol. 9. № 1. Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/13TVN117.pdf>.
 9. Kyznetsov, V.E. & Volkov, Yu.A. (2016). Analiz metodov protivodeistviia malorazmernym BPLA [Analysis methods of the reluctance to unmanned aerial vehicles], *Voprosy radioelektroniki*. № 12. Pp. 81–87.
 10. Kovtunencko, O.P., Bohucharskii, V.V. & Sliusar, V.I. (2006), “Zbroia na netradutsiinuh pryntsyypakh dii (stan, tendentsii, pryntsyypi dii ta zahyst vid nei)” [Weapon on nontraditional principle of the action (condition, trends, principles of the action and protection from it)]. *PVIZ*. 248 p.
 11. Sliusar, V.I. (2004). “Skhemotekhnika tsyfrovych antennykh reshetok. Grani vozmozhnogo” [Circuit technique digital antenna grid. Grany possible]. *Elektronika: nauka, tekhnologiia, biznes*. № 8. Pp. 34–40. Available at: http://www.electronics.ru/pdf/8_2004/07.pdf.
 12. “Tsensor.net. Polityka Ukrainy. Materialy za temoiu: Oborona: Modernizovana «Shilka» proishla vidomchi vyprobuvanniia” [The Censor.NET. The Policy of the Ukraine. The Material for subject: the Defence; Rebuilt “Shilka” passed departmental test]. 21.06.19. Available at: https://censor.net/ua/photo_news/3133479/modernizovana_samohidna_zenitna_ustanovka_shylka_proyishla_vyprobuvannya_video].

Kutovyi O., Vorovych B., Bohucharskyi V., Hamalyi N., Mudrak Yu.

SOME DIRECTIONS OF COMBATING UNMANNED AERIAL VEHICLES

The article presents analysis of anti-aircraft and anti-aircraft missile capabilities to combat UAVs. The justification of directions for combating UAVs and defined conceptual approaches to the development of promising anti-aircraft means of combating UAVs, the composition of these means capable of effectively detecting and destroying small-sized UAVs. Based on the results of the research, conclusions were drawn and some directions of combating unmanned aerial vehicles were determined.

With the help of UAVs on the battle field, a large number of tanks, infantry fighting vehicles, artillery systems and other military equipment and weapons worth millions of dollars are destroyed, while the cost of UAVs does not exceed several thousand dollars. The massive and effective use of UAVs in military conflict zone in Eastern Ukraine, Syria, Nagorno-Karabakh and other regions revealed the problem of combating unmanned aerial vehicles.

The problem of countering UAVs and, especially, small-sized UAVs in their mass application, is extremely complex, systemic and still not resolved.

The exist in anti-aircraft complexes have a significant technical draw back – called «zone of invisibility», which is in her complex in service. The presence of such an «invisibility zone» leads to the fact that drones located in this «zone» are not detected by the anti-aircraft complex's reconnaissance radar station.

Keywords: *attack unmanned aerial vehicle, invisibility zone, anti-aircraft missile and anti-aircraft artillery complexes, radar station.*

Відомості про авторів:**Кутовий Олег Павлович**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник Центру військово-
стратегічних досліджень Національного університету
оборони України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3168-5105>

Ворович Борис Олександрович

кандидат військових наук, доцент
провідний науковий співробітник Центру військово-
стратегічних досліджень Національного університету
оборони України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4083-3707>

Богучарський В'ячеслав Вікторович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного відділу Центрального
науково-дослідного інституту озброєння та військового
техніки збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5514-1642>

Гамалій Наталія Вікторівна

старший науковий співробітник Центрального науково-
дослідного інституту озброєння та військової техніки
Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-01505-854X>

Мудрак Юрій Миколайович

начальник науково-дослідного відділення Центру
військово-стратегічних досліджень Національного універ-
ситету оборони України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1159-5746>

Information about the authors:**Oleg Kutovyi**

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading researcher
National University of Defense of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3168-5105>

Boris Vorovych

Candidate of Military Sciences
Associate Professor
National University of Defense of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4083-3707>

Viacheslav Bohucharskyi

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Head of Research Department Central Scientific
Research Institute of Armament and Military
Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5514-1642>

Natalia Hamalyi

Senior Researcher
Central Scientific Research Institute of Armament
and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-01505-854X>

Yuryi Mudrak

Head of research department
National University of Defense of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1159-5746>

Стаття надійшла до редколегії 17.01.2023.