

А. А. Крючин, Н. В. Солоніна, Є. О. Додонов, О. Г. Мельник

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Аналіз публікаційної активності за науково-технічним напрямком «Безпілотні літальні апарати»

Представлено результати наукометричного аналізу за науково-технічним напрямком «Безпілотні літальні апарати». Наведено інформацію про організації, які проводять дослідження за цим напрямком. Визначено галузі, в яких представлено найбільшу кількість статей. Показано, що активні дослідження проводяться в напрямках дослідження використання роїв безпілотних літальних апаратів (дронів), розробки методів планування оптимальних маршрутів польоту безпілотних літальних апаратів, навігаційних систем і безпілотних літальних апаратів. Для вирішення поставлених задач широко використовуються методи штучного інтелекту та комп'ютерного зору.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, штучний інтелект, рої БПЛА, комп'ютерний зір, маршрути БПЛА, радіоелектронні завади.

Вступ

В останні роки безпілотні літальні апарати досить швидко зайняли провідну роль у їхньому використанні в сучасних локальних конфліктах.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є ефективним засобом боротьби з агресором, окрім того БПЛА становлять зростаючу багатогранну загрозу цивільній і військовій інфраструктурі, об'єктам і людям. Розробкою методів використання, керування та протидії БПЛА займаються в Україні дослідники з багатьох науково-дослідних інститутів, університетів і військових частин. У фахових журналах України, а саме: «Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України», «Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил», «Повітряна міць України», «Системи обробки інформації», «Науковий вісник НЛТУ України», «Вісник Національної академії наук України», «Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки», «Озброєння та військова техніка: зб. наук. праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка», «Системи озброєння і військова техніка», «Проблеми створення, випробовування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем», «Наука і оборона», «Кібернетика та системний аналіз», «Вісник Вінницького політехнічного інститу-

ту», «Системи управління, навігації та зв'язку», «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони», «Авіаційно-космічна техніка і технологія», «Технічні науки та технології», «Механіка гіроскоп. систем» й інші — опубліковано значну кількість наукових статей.

Результати досліджень з тематики «Безпілотні літальні апарати» представлено в матеріалах чисельних науково-практичних конференцій, а саме: щорічних XVI-XX міжнародних наукових конференціях Харківського національного університету повітряних сил імені І. Кожедуба «Новітні технології — для захисту повітряного простору», Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми діяльності складових сектору безпеки і оборони України в умовах особливих правових режимів: поточний стан та шляхи вирішення» (Харків – 2024.27.03), Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (Харків – 2024) та інших.

Загальна інформація про дослідників за науково-технічним напрямком «Безпілотні літальні апарати»

Дослідження зі створення БПЛА, технологій їхнього використання та захисту від БПЛА агресора проводяться у великій кількості установ і організацій (за даними НАН України — понад 48). За минулі чотири роки було опубліковано 322 публікації у фахових журналах і збірниках наукових праць. У цьому числі 10 % публікацій має Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба. Дані про установи і організації, які проводять дослідження з науково-технічному напрямку «Безпілотні літальні апарати», та дослідників, які опублікували найбільшу кількість наукових статей і тез доповідей можна згрупувати у три великі групи (табл. 1).

Таблиця 1 Організації та установи, дослідники яких проводять дослідження в галузі розробки та використання безпілотних літальних апаратів, опублікували найбільшу кількість наукових праць

№ з/п	Назва групи	Установи та заклади розробників (найбільша кількість публікацій)	Кількість публікацій
1.	Державні установи НАН України	Інститути: Кібернетики імені В.М. Глушкова, Радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова, Інформаційних технологій і систем, Проблем реєстрації інформації, Проблем математичних машин і систем, Геохімії навколишнього середовища, Інститут стратегічних досліджень	14
2.	Освітні заклади МОН України	Технічні університети України: Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Аерокосмічний імені М.Є. Жуковського, Авіаційний університет, Харківський політехнічний інститут, Одеський національний технологічний університет, Львівська політехніка, Харківський університет радіоелектроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Чернігівська політехніка, Вінницький університет, Чернігівський технологічний університет Центрально-український університет, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Національний університет біоресурсів і природокористування, Львівський національний університет імені Івана Франка, Університет митної справи та фінансів	91

3.	Установи військового спрямування	Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Національний університет оборони України, Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова, Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Центральний Науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії, Військова академія телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут, Національна академія сухопутних військ ім. Гетьмана П. Сагайдачного, Військова академія (м. Одеса), Академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, воєнно-дипломатична академія ім. Є. Березняка, Державний науково-дослідний інститут авіації, Управління регулювання діяльності державної авіації України Національної гвардії України, Київський інститут Національної гвардії України, Інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля України, Національний університет внутрішніх справ та інші.	217
----	----------------------------------	--	-----

Головні напрямки досліджень зі створення перспективних типів БПЛА

Проведені дослідження показали що, реалізація групового управління при керуванні БПЛА призводить до підвищення ефективності використання БПЛА. У світі відбувся перехід від поодиноких використань БПЛА до групового та масового застосування, кульмінацією якого стає роїння дронів — мобільних автономних безпілотних апаратів (повітряних, наземних, підводних чи надводних), запрограмованих на виконання відповідних завдань. Технологію рою можна використовувати також для комбінування БПЛА з іншими роботизованими засобами. З розвитком ройового інтелекту, складних систем озброєння та новітніх матеріалів рої дронів перейдуть на етап домінування. У провідних країнах світу нині спостерігається розвиток і впровадження ройових технологій, застосування безпілотних роботизованих систем, які розглядаються як перспективний напрям досягнення військово-технічної переваги над імовірним противником. Розвиток безпілотних літальних апаратів та інформаційних технологій є поштовхом до розробки нових методів застосування безпілотних систем, одним із варіантів яких є їхнє застосування у складі групи. Управління групою БПЛА для пошуку та впливу на об'єкт є складною, слабоформалізованою задачею, яка зазвичай вирішується в антагоністичному середовищі та вимагає застосування методології у галузі штучного інтелекту: систем підтримки прийняття рішень, методів представлення та формалізації знань, моделей нечітких множин, інструментарію — формування мультиагентних систем. Як наслідок, така складна система потребує детального розгляду та аналізу вхідних і вихідних інформаційних потоків, методів та інструментарію для досягнення визначеної мети. Враховуючи досвід збройних конфліктів із застосування БПЛА, перспективним напрямком їхнього розвитку є об'єднання в групи (рої). Програмне моделювання, що відображає поведінку організмів живої природи, використовується при створенні математичних алгоритмів, чим дозволяє ви-

рішувати як прості, так і надскладні задачі. Прикладами колективного інтелекту в природі є: зграї птахів, рої бджіл, мурашині колонії тощо. Використання бджолиного алгоритму ройового інтелекту — найбільш яскраво описує формування моделі флоту БПЛА, відображуючи колективну поведінку децентралізованої системи із наявною самоорганізацією [1–3].

У сучасних умовах у системах застосування безпілотних літальних апаратів широко застосовуються штучний інтелект і нейронні мережі. Реалізовані математичні алгоритми дозволяють розширити спектр задач, що моделюються та розв'язуються за допомогою спеціальної обчислювальної техніки. Поліпшуються й функціональні можливості, збільшуються час і дальність польоту. Проведені результати досліджень довели, що впровадження елементів штучного інтелекту (ШІ) в безпілотні літальні апарати дозволяє суттєво підвищити ефективність їхнього використання. Ключові елементи ШІ, які можуть бути використані в БПЛА, включають автономність і ситуаційну обізнаність, машинне навчання на нейронних мережах, комп'ютерне зорове сприйняття та розпізнавання образів, аналіз великих обсягів даних у реальному часі, системи планування та координації, автономної навігації, системи відновлення та самодіагностики, комунікації інтелектуальних агентів тощо [4, 5].

Значну увагу в публікаціях приділено вдосконаленню методів планування оптимальних маршрутів польоту тактичних БПЛА в особливих умовах. Розглянуто проблему планування місій гібридних транспортних систем, що може переміщуватися від початкового місця базування до інших заданих місць на заданому маршруті (баз), маючи на борту один безпілотний літальний апарат. Запропоновано змістовну постановку та математичні моделі оптимізаційних проблем розподілу об'єктів по базах, вибору баз і формування маршрутів БПЛА під час обстеження чи обслуговування заданої множини об'єктів за наявності обмежень на польотний ресурс. Розроблено удосконалення процесів автоматизації вибору доцільного маршруту польоту безпілотного літального апарату в умовах невизначеності шляхом формалізації знань осіб, які приймають рішення, на основі нечіткої інформації. Запропоновано метод формалізації знань щодо процесу планування маршруту безпілотних літальних апаратів із застосуванням математичного апарату нечітких множин. Він дозволяє обробляти задачі, що важко формалізувати, та відрізняється логіко-аналітичним характером і нечіткістю вхідних і вихідних даних. Розроблено та реалізовано алгоритм розв'язування сформульованих задач комбінаторної оптимізації, який базується на оптимізації мурашиними колоніями [6, 7].

Навігація є однією із найважливіших систем БПЛА, що забезпечує автономне пересування та виконання завдань. Актуальність теми полягає в тому, що вона спрямована на вирішення важливої проблеми при проектуванні та експлуатації БПЛА: підвищення точності визначення навігаційних параметрів навігаційним обладнанням БПЛА за рахунок комплексної обробки навігаційної інформації від інерціальної навігації і супутникових навігаційних систем. Актуальною є задача розроблення алгоритмів зменшення впливу дії вітрових збурень і стабілізації траєкторії польоту БПЛА, а також створення методів усунення зображень низької якості, вже отриманих унаслідок дії різних видів збурень [8, 9]. Узагальнену інформацію про розробки перспективних типів БПЛА наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Головні напрями досліджень апаратів
зі створення безпілотних літальних і виконавці цих досліджень

№ з/п	Напрямок досліджень	Розробники	Кількість публікацій
1.	Застосування рою безпілотних літальних апаратів	Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Національний університет оборони України Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України Національний університет оборони України Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова Державний науково-дослідний інститут авіації Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»	71
2.	Впровадження елементів штучного інтелекту в безпілотні летальні апарати	Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України Національний університет оборони України Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Київський інститут Національної гвардії України Харківський національний університет радіоелектроніки Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова Інститут проблем математичних машин і систем НАН України	32
3.	Методи планування оптимальних маршрутів польоту БПЛА	Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Національний університет оборони України, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут ДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» Національний університет цивільного захисту України Харківський національний автомобільно-дорожній університет Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут Черкаський державний технологічний університет Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	34

4.	Навігаційні системи безпілотних літальних апаратів	Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Національний університет оборони України Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України Національний авіаційний університет Одеський національний технологічний університет Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Інститут проблем реєстрації інформації НАН України Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Інститут інформаційних технологій та систем НАН України	34
----	--	---	----

Аналіз публікацій щодо використання безпілотних літальних апаратів у бойових діях

Автори публікацій визначають, що в ході ведення сучасних воєнних дій застосування безпілотних авіаційних комплексів стало одним із найбільш важливих чинників у вогневому ураженні противника та досягненні успіху на полі бою. Повномасштабне вторгнення російських військ на територію України призвело до докорінних змін у сфері використання безпілотних систем військового призначення. Суттєві переваги безпілотної авіації над пілотованою при рішенні значного комплексу бойових і спеціальних завдань, зокрема за критерієм «результат-затрати», дали поштовх для активізації процесу прийняття на озброєння армій багатьох країн світу безпілотних авіаційних комплексів. Аналіз досвіду застосування БПЛА у збройних конфліктах кінця XX-го початку XXI-го століть показав їхню високу ефективність і, водночас, висвітлив проблему протидії такому високотехнологічному та високоточному виду зброї. Широкий спектр безпілотних літальних апаратів за напрямом застосування, бойовим радіусом, цільовим навантаженням визначають необхідність системного, комплексного підходу щодо рішення проблеми протидії БПЛА. Автори досліджень детально аналізують досвід використання БПЛА у воєнних конфліктах останніх років і, в першу чергу, російсько-української війни. Сучасні війська постійно адаптуються та розвивають нові стратегії і технології для ефективного використання бойових БПЛА. Основними засобами для використання військами є розвиток антидронових технологій: сучасні війська активно працюють над розвитком систем оборони від дронів, які включають в себе електронну боротьбу, системи перехоплення та знищення, а також засоби виявлення та ідентифікації ворожих БПЛА; використання когнітивних технологій: використовується для автоматизації різних аспектів управління бойовими БПЛА, включаючи автономний політ, визначення цілей і планування маршрутів. До основних тенденцій розвитку БПЛА відносяться такі: використання сучасних інформаційних технологій для удосконалення навігаційних систем (автоматизована корекція маршрутів, ройове використання); використання технологій комп'ютерного зору та глибокого машинного навчання для автоматизованого виявлення та класифікації об'єктів інтересу. Активно розвиваються безпілотні авіа-

ційні платформи, які здатні практично без втрат особового складу виконувати з високим рівнем ефективності бойові завдання [10–12].

Автори досліджень значну увагу приділяють питанням оборони об'єктів критичної інфраструктури держави від безпілотних літальних апаратів. У сучасному світі важливе значення має функціонування енергетичних, транспортних та інших галузей критичної інфраструктури, і в цьому контексті застосування БПЛА набуває особливого значення у забезпеченні безпеки та надійності критичної інфраструктури [13, 14].

Привабливість сучасних БПЛА обумовлена можливістю отримувати в масштабі реального часу розвідувальну інформацію. БПЛА є цілодобовими засобами розвідки, які дозволяють виконувати завдання як в день, так і вночі. Дозволяють передавати розвідувальну інформацію з координатною прив'язкою в режимі реального часу та вести її запис у ході всього польоту, що забезпечує ефективність: розвідки, коригування вогню, знищення сил противника. На основі наданої розвідувальної інформації є можливість у короткий проміжок часу нанести вогневе ураження навіть по високо маневрених підрозділам противника. Аналіз можливостей повітряної розвідки щодо виявлення об'єктів сухопутних військ є ключовим для забезпечення стратегічної переваги і ефективного управління військовими операціями [15, 16].

Для протидії БПЛА необхідно: інтегроване застосування всіх міжродових і міжвидових компонентів ЗСУ (вогневих засобів, радіоелектронної боротьби, засобів нетрадиційної дії (протидронові гармати) для боротьби з БПЛА; формування розгалуженої системи виявлення та сповіщення про проліт БПЛА як однієї з підсистеми ППО країни; формування мобільних підрозділів (груп) боротьби з БПЛА. Для протидії БПЛА застосовуються різноманітні зенітно-ракетні комплекси, засоби радіоелектронної боротьби та мобільні вогневі групи. Найбільш ефективним способом ураження безпілотних літальних апаратів є ураження їх великою кількістю вражаючих елементів (осколками). Одним із рішень для протидії БПЛА є використання системи засобів електронної боротьби. Ці системи можуть перешкоджати роботі електроніки БПЛА, таких як системи навігації або зв'язку, що призводить до втрати контролю або зниження точності. Розробка нових технологій електронної боротьби і їхня адаптація до швидко змінюваних характеристик БПЛА є важливим напрямком у цьому розвитку. Стає актуальною розробка нових збройних систем, таких як лазерні або мікрохвильові зброї. Ці збройні системи можуть бути більш точними, швидкими і ефективними у знищенні БПЛА. Визначено, що найбільш перспективними напрямками захисту об'єктів від роїв БПЛА є електромагнітна зброя радіодіапазону, засоби радіоелектронної боротьби та засоби захисту на основі об'ємних плазмових технологій. Знищити БПЛА можна порушенням роботи бортових датчиків, каналу зв'язку, передачі даних і контролю, тобто заглушити сигнали систем [17, 18].

Значну увагу дослідників було приділено аналізу спільного застосування пілотованої і безпілотної авіації у військових операціях. За допомогою метода аналізу ієрархій визначено завдання, які, за поглядами експертів, найбільш доцільно виконувати у спільному бойовому порядку [19, 20]. Узагальнену інформацію про застосування безпілотних літальних апаратів у бойових діях наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Застосування безпілотних літальних апаратів у бойових діях

№ з/п	Напрямок досліджень	Розробники	Кількість публікацій
1.	Роль і місце безпілотних літальних апаратів у збройних конфліктах сьогодення	Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України Національний університет оборони України Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Національна академія Служби безпеки України, Національна академія сухопутних військ, м. Львів Державний науково-дослідний інститут авіації Командування Повітряних Сил Збройних Сил України Державний науково-дослідний інститут авіації Національний авіаційний університет	87
2.	Аналіз можливостей повітряної розвідки із використанням безпілотних літальних апаратів	Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України Національний університет оборони України Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба ДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» Національний університет цивільного захисту України Львівський національний університет імені Івана Франка Національний університет «Львівська політехніка» Національна академія сухопутних військ імені Гетьмана Петра Сагайдачного Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова	39
3.	Розробка засобів протидії та ураження для боротьби з БПЛА	Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України Національний університет оборони України Київський інститут Національної гвардії України Національна академія сухопутних військ ім. Гетьмана П. Сагайдачного Національна академія Національної гвардії України Центральне територіальне управління Національної гвардії України Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України Національний університет «Львівська політехніка»	84

Висновки

1. Дослідники з науково-дослідних інститутів і університетів України приймають активну участь у проведенні аналізу використання безпілотних літальних апаратів, розробці перспективних систем керування ними та методів захисту від атак безпілотних літальних апаратів. Слід відзначити, що значна частина досліджень проводиться спільно представниками різних організацій

2. Розробки перспективних типів безпілотних літальних апаратів і методів керування ними здійснюється з використанням новітніх технологій, а саме штучного інтелекту, застосуванням математичного апарату нечітких множин та оптоелектронних методів обробки зображень, комп'ютерного зору, лазерної і мікрохвильові зброї.

3. Автори досліджень з аналізу методів використання захисту від безпілотних літальних апаратів особливу увагу приділили створенню технології ройового використання дронів і засобів електронної боротьби.

1. Горбулін В.П., Мосов С.П. Рої дронів — кульмінація дронізації воєн. *Вісник Національної академії наук України*. 2024. 3. С. 3–11. <https://doi.org/10.15407/vism2024.03.003>.

2. Тристан А.В., Жуков Д.І. Моделі самоорганізації колективу однорідних безпілотних літальних апаратів при рішенні слабоформалізованих завдань. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2024. № 2(55). С. 32–39. <https://doi.org/10.30748/nitps.2024.55.04>.

3. Шовкошитний І.І., Василенко О.А. Проблемні питання ройового застосування ударних безпілотних літальних апаратів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони*. 2023. Т. 48, № 3. С. 27–34. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2023-48-3-27-34>.

4. Камак Ю.О., Феденько В.М., Нідзій О.М., Юрченко М.Є. Впровадження елементів штучного інтелекту в безпілотні летальні апарати. Новітні технології — для захисту повітряного простору. XX Міжнародна наукова конференція харківського національного університету повітряних сил імені І. Кожедуба 02–03 травня 2024 р. Тези доповідей С. 228. URL: <https://hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/20/xx-conf-hnups.pdf>

5. Курбатов А.А., Репенко О.М. Інтеграція штучного інтелекту в бойові БПЛА: можливості та виклики. Міжнародна науково-практична конференція. Актуальні проблеми діяльності складових сектору безпеки і оборони України в умовах особливих правових режимів: поточний стан та шляхи вирішення. Харків 2024.27.03: зб. тез доповідей. С. 199–200. URL: <https://nangu.edu.ua/news/mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferenciya>

6. Горбулін В.П., Гуляницький Л.Ф., Сергієнко І.В. Планування логістичних місій гібридної системи «БПЛА+Транспорт». *Кібернетика та системний аналіз*. 2023. 59(5). С. 55–65.

7. Пермяков О., Королук Н. Підхід щодо удосконалення процесу автоматизації вибору маршруту польоту безпілотного літального апарату з урахуванням впливу несприятливих факторів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони*. 2023. Т. 48, № 3. С. 59–66. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2023-48-3-59-66>.

8. Шейгас О.К., Єлісєєв Є.С., Степанко О.С., Кашко В.Г. Аналіз стійкості навігаційних систем безпілотних літальних апаратів. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2024. № 2(80). С. 93–99. <https://doi.org/10.30748/zhups.2024.80.12>

9. Волков О.Є., Богачук Ю.П., Комар М.М., Волошенюк Д.О. Дворівнева технологія інтелектуального застосування бортової відеокамери безпілотних літальних апаратів для моніторингу геопросторових даних. *Наукоєм. технології*. 2020. № 3. С. 329–341. DOI: 10.18372/2310-5461.47.14873.

10. Самойленко О.В., Богославець С.О., Хлоп'ячий В.А. Основні напрями розвитку безпіотної авіації збройних сил України. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації*. 2022. Вип. 18 (25). <https://doi.org/10.54858/dndia.2022-18-33>.

11. Олексенко О.О., Місюк Г.В., Ікаєв Д.Р., Коршок В.М., Палка В.М. Основні тенденції застосування безпілотних літальних апаратів у російсько-українській війні. *Збірник наукових праць*

Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2024. 21(3). С. 99–105. DOI: 10.37701/dndivsovt.21.2024.12.

12. Легенчук С.В. Вплив бойових безпілотних літальних апаратів на характер ведення сучасних військових операцій. Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми діяльності складових сектору безпеки і оборони України в умовах особливих правових режимів: поточний стан та шляхи вирішення». Харків, 2024 27.03. Збірник тез доповідей. С. 207–209. URL: <https://nangu.edu.ua/news/mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferenciya>

13. Хорев Д.В., Усачов Д.В. Безпілотні літальні апаратияк новітній засіб для забезпечення безпеки та надійності критичної інфраструктури. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції і молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків – 2024. С. 111. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/20028/1/>

14. Іванець Г.В., Самоквіт В.І. Концептуальний підхід до побудови ешелонованої оборони об'єктів критичної інфраструктури держави від ударних безпілотних літальних апаратів. Новітні технології — для захисту повітряного простору. Тези доповідей. XX Міжнародна наукова конференція Харківського національного університету повітряних сил імені І. Кожедуба. 2024 р. 02–03 травня. С. 457. URL: <https://hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/20/xx-conf-hnups.pdf>

15. Серветник І.В., Сніжко Д.В. Роль БПЛА в забезпеченні розвідувальної інформації. Науково-практична конференція інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба «Безпілотна авіація у сучасній збройній боротьбі»: тези доповідей, 7 грудня 2023 року. Харків: ХНУПС ім. І. Кожедуба, Харків. С. 29–30. URL: <https://hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/stud-conf/bpla-hnups-konf.pdf>

16. Королюк Н.О., Романюк А.О., Зенова Є.С., Сорожкін А.В., Пархоменко М.В., Першин О.В. Формалізація знань для ефективного застосування безпілотних літальних апаратів під час повітряної розвідки. *Системи обробки інформації*. 2023. № 3(174). С. 44–51. <https://doi.org/10.30748/soi.2023.174.06>.

17. Кривцун В., Голушко С. Методика розрахунку основних параметрів осколкових вибухових пристроїв направленої дії для ураження повітряних цілей типу БПЛА. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2024. **83**. С. 35–46. <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2024/83-04>.

18. Зінченко С.В. Розвиток протиповітряної оборони проти бойових безпілотних літальних апаратів: технологічні виклики та рішення. Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми діяльності складових сектору безпеки і оборони України в умовах особливих правових режимів: поточний стан та шляхи вирішення». Харків 2024.27.03: зб. тез доповідей. С. 174–175. URL: <https://nangu.edu.ua/news/mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferenciya>

19. Харченко О., Артюшин О., Кононов Л. Перспективи реалізації спільного застосування безпілотних літальних апаратів: зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації. 2022. Вип. 18(25). <https://doi.org/10.54858/dndia.2022-18-1>.

20. Ярошенко Я.В., Герасименко В.В., Коротін С.М., Мартинюк О.Р. Класифікація завдань спільного бойового порядку пілотованої та безпілотної авіації в операціях. *Повітряна міць України. ІА та ППО НУОУ*. 2021. № 1. С. 41–46. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2021-1-1-41-46>.

Надійшла до редакції 30.03.2025