

ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ

[DOI 10.33099/2786-7714-2025-2-9-41-47](https://doi.org/10.33099/2786-7714-2025-2-9-41-47)

[УДК 623.4.027.3](#)

¹Кошка Володимир Олегович
<https://orcid.org/0009-0007-7861-348X>

¹Гринюк Володимир Володимирович
<https://orcid.org/0009-0003-0445-4376>

²Биховець Віталій Миколайович
<https://orcid.org/0009-0002-5397-3802>

³Сальник Олег Вікторович
<https://orcid.org/0000-0002-2688-1198>

¹Національний університет оборони України, Київ, Україна

²Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ, Україна

³Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

ОБґРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ (ЗРАЗКІВ) ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ

У статті розглянуто перспективні напрями розвитку автономних систем озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ Повітряних Сил Збройних Сил України. Проведено аналіз сучасного стану системи протиповітряної оборони, зокрема рівня автоматизації та бойових можливостей існуючих зразків озброєння, а також викликів, пов'язаних з необхідністю адаптації до новітніх загроз у повітряному просторі. Обґрунтовано доцільність впровадження автономних технологій на основі алгоритмів штучного інтелекту, машинного навчання та робототехніки. Запропоновано шляхи модернізації систем управління та бойового застосування, які дозволять підвищити ефективність протиповітряної оборони в умовах інтенсивних бойових дій, зменшити вплив людського фактору, забезпечити високу мобільність та стійкість до засобів радіоелектронної боротьби противника. Увагу приділено створенню єдиної мережецентричної структури протиповітряної оборони, здатної забезпечувати безперервний обмін інформацією та автономну взаємодію її елементів. Результати дослідження свідчать про стратегічну важливість впровадження автономних систем як одного з ключових напрямів підвищення обороноздатності України в ході відсічі збройної агресії російської федерації.

Ключові слова: зенітні ракетні війська, автономні системи, протиповітряна оборона, модернізація, штучний інтелект, мережецентрична війна.

Вступ

В умовах сучасних викликів, з якими стикається Україна, надзвичайно важливо забезпечити сталий розвиток і посилення спроможностей сил оборони. Зенітні ракетні війська (ЗРВ) відіграють ключову роль у забезпеченні переваги в повітрі, що є критично важливим фактором успіху в сучасній війні [1]. Досвід повномасштабної війни з російською федерацією переконливо довів, що ефективний контроль над повітряним простором є запорукою успішного захисту військ, стратегічної інфраструктури та цивільного населення [2].

Забезпечення високої бойової ефективності підрозділів ЗРВ Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗС України) вимагає впровадження інноваційних технологічних та організаційних рішень, які дозволяють синхронізувати дії різномірних підрозділів сил оборони [3]. З огляду на

зростаючу інтенсивність повітряної загрози, дедалі важливішим стає впровадження автономних систем управління та бойового застосування, що знижують вплив людського фактору та підвищують швидкість і точність прийняття рішень [4].

Зростаючі вимоги до бойового застосування підрозділів ЗРВ, а також підвищене психофізичне навантаження на персонал, обумовлюють необхідність комплексного підходу до модернізації як техніки, так і підготовки обслуг [5]. Одним із перспективних напрямів модернізації зенітних ракетних комплексів (ЗРК) є розробка та інтеграція автономних систем, здатних діяти з високим рівнем оперативної самостійності, забезпечуючи безперервність виконання завдань навіть у складних бойових умовах та в умовах порушення управління [6].

Впровадження таких систем дозволяє не лише

прискорити прийняття рішень на всіх рівнях, а й створити умови для формування мережецентричних структур управління, в яких кожен елемент системи здатен автономно оцінювати ситуацію, приймати рішення та взаємодіяти з іншими елементами без централізованого втручання [7].

Застосування алгоритмів штучного інтелекту, машинного навчання, обробки великих даних та робототехнічних рішень стає основою для створення ефективних автономних бойових платформ [8]. Проте, впровадження автономних систем супроводжується низкою проблем – зокрема, забезпеченням кібербезпеки, уніфікацією протоколів взаємодії та забезпеченням сумісності новітніх систем із існуючими зразками озброєння та військової техніки [9].

Метою статті є визначення шляхів реалізації перспективних напрямів розвитку автономних систем озброєння і військової техніки ЗРВ ПС ЗС України в умовах обмеженого або повністю відсутнього зовнішнього управління, а також у ситуаціях відсутності зовнішніх джерел забезпечення їх функціонування.

Матеріали та методи

Зенітні ракетні комплекси (ЗРК) є автономними системами озброєння, що використовуються у ЗРВ ПС ЗС України. Для ефективного розвитку автономних систем ЗРВ доцільно поєднувати максимальне використання наявних зразків ЗРК із поступовим придбанням сучасних комплексів іноземного виробництва [10].

Автономні системи ЗРВ здатні працювати в автоматичному режимі, виконуючи виявлення, супроводження повітряних цілей та прийняття рішень щодо їх знищення. Водночас бойовий досвід застосування ЗРК в автоматичному режимі свідчить про підвищений ризик ураження цивільних повітряних суден і власних літаків [11].

Основні характеристики автономних систем ЗРВ, які слід враховувати під час їх розробки:

- автоматизована обробка радіолокаційної інформації – застосування систем штучного інтелекту, алгоритмів машинного навчання та нейромереж для аналізу даних РЛС і прийняття рішень;

- автоматизоване наведення зенітних керованих ракет (ЗКР) на цілі;

- контроль технічного стану складових ЗРК та взаємодія з іншими системами озброєння при мінімальному залученні оператора;

- інтеграція систем озброєння в єдину мережецентричну систему та забезпечення оперативного обміну інформацією між різними елементами ППО;

- самостійний пошук, супроводження та ураження цілей, автоматичне виявлення, ідентифікація та знищення повітряних об'єктів без участі людини [11].

Наразі зенітні ракетні війська ПС ЗС України використовують ЗРК радянського виробництва, які не мають автономності та потребують участі оператора. Більш сучасними та технологічно досконалими є ЗРК PATRIOT (США), SAMP/T

(Італія, Франція), IRIS-T (Німеччина) та NASAMS (Норвегія, США). Деякі зразки, такі як IRIS-T, демонструють вищий рівень автономності, однак все ще потребують втручання людини.

Прототипом автономного ЗРК можна вважати ізраїльський Iron Dome, однак він має обмеження щодо продуктивності та участі людини в управлінні. У сучасних умовах ведення бойових дій збройні конфлікти характеризуються широким застосуванням високотехнологічних засобів ураження, що вимагає якісного переосмислення підходів до забезпечення бойових можливостей ЗРВ ПС ЗС України. Автономні системи (зразки) озброєння та військової техніки (ОВТ) є одним із ключових напрямів розвитку військових технологій, що дозволяють підвищити ефективність виконання бойових завдань, знизити залежність від людського фактору та забезпечити більш оперативне реагування на загрози в повітряному просторі.

Стратегічна необхідність посилення ЗРВ ПС зумовлена як досвідом відбиття збройної агресії російської федерації, так і необхідністю адаптації до стандартів НАТО. Впровадження автономних систем дозволяє вирішувати завдання розвідки, ураження повітряних та наземних цілей, забезпечення ППО, а також виконання функцій радіоелектронної боротьби без безпосередньої участі оператора або з його мінімальним контролем. В умовах ведення сучасних бойових дій такі технології дають змогу зменшити ризики втрат особового складу та забезпечити безперервність виконання бойових завдань.

Розвиток і впровадження автономних систем в ЗРВ ПС є важливим компонентом їх модернізації.

Для забезпечення надійного захисту важливих державних і військових об'єктів від ударів засобів повітряного нападу противника створюється єдина система ППО. Вона включає комплексні заходи, що охоплюють зенітне ракетно-артилерійське прикриття, винишувально-авіаційне прикриття, безпосереднє прикриття, розвідку повітряного противника, радіоелектронну боротьбу (РЕБ), систему управління та систему забезпечення.

Зенітні ракетні війська виконують завдання з відбиття авіаційних, ракетних та ударів БПЛА противника, для чого необхідна збалансована система зенітних ракетних та зенітних ракетно-артилерійських комплексів (ЗРАК) різної дальності:

- дальньої дії (ДД) – призначені для боротьби з оперативно-тактичними ракетами (ОТР), крилатими ракетами великої дальності та засобами повітряного нападу (ЗПН) оперативного-стратегічного рівня;

- середньої дальності (СД) – основні засоби боротьби з тактичними балістичними та крилатими ракетами, а також з тактичною авіацією противника;

- малої дальності (МД) забезпечують прикриття угруповань військ та об'єктів від ударів авіаційних засобів ураження та ударних БПЛА;

- ближньої дії (БД) призначені для знищення малорозмірних і малошвидкісних цілей, таких як БПЛА та гелікоптери.

Однією з ключових проблем сучасної війни є масоване використання противником засобів повітряного нападу, що поєднують високу маневреність, дальність ураження, точність та можливість групового застосування. Крім того, значну загрозу становлять малорозмірні безпілотні ударні апарати, баражуючі боєприпаси, керовані авіаційні бомби та уніфіковані планувальні боєприпаси. В умовах такої складної повітряної обстановки традиційні ЗРК, які значною мірою спираються на централізоване управління, стикаються з проблемами швидкості реагування, ефективності цілевказання та недостатності сил для масованої протидії повітряним загрозам.

Автономні зенітні ракетні комплекси (АЗРК) мають низку переваг перед традиційними системами:

- оперативне прийняття рішень. Використання алгоритмів машинного навчання дає змогу автономним ЗРК швидко класифікувати цілі та приймати рішення щодо їх ураження без затримок, пов'язаних із передачею команд централізованими пунктами управління;

- гнучкість та мобільність. Автономні ЗРК можуть швидко змінювати позиції, не потребуючи значного логістичного забезпечення, що дозволяє їм діяти в умовах ізоляваності або в зоні інтенсивних бойових дій.

- мережецентрична інтеграція. Можливість функціонування в розподілених мережах ППО, що дозволяє здійснювати обмін інформацією між автономними платформами та підвищує загальну ефективність бойового застосування.

Окрему увагу слід приділити прийняттю на озброєння роботизованих зенітних ракетних та зенітно-артилерійських комплексів ближньої дії з дальністю ураження до 5-10 км. Їхнє завдання – безпосереднє прикриття стартових позицій підрозділів ЗРВ, командних пунктів та пунктів управління. Такі комплекси можуть функціонувати як у самостійному режимі, так і в складі єдиної протиповітряної оборонної мережі.

Подальший розвиток автономних систем у ЗРВ має зосереджуватися на інтеграції алгоритмів машинного навчання для автоматизованої обробки інформації, покращенні засобів самозахисту від атак БпЛА, забезпеченні високої мобільності та підвищенні стійкості до засобів радіоелектронної боротьби противника. Використання автономних платформ дозволить зменшити навантаження на особовий склад, підвищити швидкість реагування на зміну тактичної обстановки та створити більш ефективну багаторівневу систему ППО.

Аналіз потреб ЗРВ Повітряних Сил Збройних Сил України в автономних системах озброєння та військової техніки свідчить про необхідність їх широкого впровадження для підвищення ефективності виконання бойових завдань. У ЗРВ ПС ЗС України автономні системи дозволяють зменшити залежність від людського фактору, підвищити оперативність реагування та стійкість до засобів радіоелектронного впливу противника.

Впровадження таких систем в авіації забезпечує високу автономність польотів, навігації та бойового застосування в умовах радіоелектронної боротьби,

у зенітних ракетних військах – підвищує ефективність протиповітряної оборони та гнучкість реагування на масовані удари.

Розвиток автономних систем є стратегічним напрямом, що дозволить Повітряним Силам ефективніше виконувати завдання в умовах сучасних бойових дій. Враховуючи зростаючі загрози та інтенсивність повітряної війни, автономізація бойових платформ та систем управління стає ключовим елементом майбутнього розвитку Повітряних Сил Збройних Сил України.

Результати

Розвиток автономних систем ОВТ у ЗРВ ПС ЗС України є одним із ключових напрямів підвищення їхньої бойової ефективності та стійкості до сучасних загроз. З огляду на інтенсивність бойових дій та еволюцію засобів повітряного нападу, перспективні рішення мають забезпечувати не лише автономність функціонування бойових платформ, але й їхню інтеграцію в єдині інформаційно-управлінські мережі.

Подальший розвиток автономних технологій буде базуватися на впровадженні машинного навчання, удосконаленні алгоритмів обробки даних та покращенні адаптивності бойових систем до динамічної обстановки. Важливими аспектами стануть розширення можливостей автономної навігації, автоматизація бойового застосування, підвищення живучості систем у складних умовах радіоелектронної боротьби та забезпечення стійкого зв'язку між бойовими одиницями.

Сучасний розвиток зенітних ракетних військ відбувається в умовах технологічного протистояння між постійним удосконаленням засобів повітряного нападу та динамічною зміною системи протиповітряної оборони. Впровадження нових видів авіаційної та ракетної зброї змушує адаптувати зенітні ракетні комплекси для зниження ефективності новітніх загроз. Основні виклики у цій сфері обумовлені такими тенденціями:

- розширенням сфер дії засобів повітряного нападу завдяки вдосконаленню технологій літако- і ракетобудування, засобів розвідки, управління та зв'язку;

- збільшенням різноманіття загроз, включаючи пілотовані та безпілотні літальні апарати, а також гіперзвукові ракети та ударні БпЛА з малим рівнем помітності;

- підвищенням масованості атак, що включають одночасне використання хибних цілей, засобів радіоелектронної боротьби та високоточних боєприпасів;

- зростанням кількості безпілотних літальних апаратів різного призначення, що створює нові виклики для ППО.

Практично всі нові ударні засоби, які застосовуватимуться проти систем ППО, будуть високоточними, що значно підвищує вимоги до ефективності зенітних ракетних комплексів. Вони повинні бути здатні перехоплювати гіперзвукові, оперативно-тактичні та тактичні балістичні ракети, крилаті ракети, а також знищувати різні типи БпЛА.

Основними перспективними напрямками

розвитку автономних систем у зенітних ракетних військах визначено:

- підвищення ступеня автоматизації управління за рахунок вдосконалення процесів збору та обробки інформації про повітряну обстановку;
- використання штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для швидкого аналізу загроз, ухвалення рішень і оптимізації процесів наведення ракет;
- розширення вогневого потенціалу шляхом збільшення канальності ЗРК, уніфікації ракет малої, середньої та великої дальності та застосування вертикального старту для скорочення часу реакції;
- впровадження розподілених сенсорних мереж для покращення виявлення повітряних загроз, зокрема засобів РЕБ противника, що створюють активні перешкоди;
- створення автономних бойових модулів ППО, здатних діяти без участі операторів та здійснювати автоматичне виявлення, супроводження і знищення цілей.

Ключовим напрямом розвитку є вдосконалення радіолокаційних систем, що забезпечують виявлення, супроводження цілей та наведення ракет. Використання пасивних, активних і цифрових фазованих антенних решіток із твердотільними випромінюючими елементами дозволить підвищити дальність і точність виявлення, особливо в умовах активної протидії засобів РЕБ противника.

Важливим завданням є підвищення стійкості ЗРК до дій противника за рахунок інтеграції активних і пасивних засобів радіолокації. Комплексування засобів активної радіолокації з пасивними каналами прийому, розвідки та захисту від високоточної зброї дозволить суттєво підвищити живучість і ефективність ППО.

Для забезпечення автономності систем важливими є такі технологічні рішення:

- впровадження багатопозиційних радіолокаційних систем, що дозволять створювати ширші зони контролю повітряного простору;
- розвиток оптико-електронних засобів виявлення для ефективної ідентифікації малорозмірних БпЛА навіть у складних умовах;
- створення нових алгоритмів управління бойовими системами для підвищення швидкості реагування на повітряні загрози.

Використання комбінованих систем наведення ракет, що включають інерційну навігацію на основній частині траєкторії та активне радіолокаційне або інфрачервоне самонаведення на кінцевому етапі, дозволить розширити можливості знищення цілей та звільнити стрільбову РЛС від необхідності супроводження кожної ракети.

Майбутні автономні ЗРК (ЗРС) можуть бути визначені як системи, що використовують штучний інтелект, алгоритми машинного навчання та автоматичні алгоритми ухвалення рішень. Вони будуть здатні виконувати завдання ППО з мінімальним втручанням людини, адаптуватися до змін обстановки та аналізувати нові загрози в реальному часі. Це створить інтегровану багаторівневу систему протиповітряної оборони,

здатну ефективно діяти в умовах масованих атак та радіоелектронної боротьби противника.

Розвиток автономних систем озброєння і військової техніки у ЗРВ ПС ЗС України є критично важливим напрямом у контексті сучасних бойових дій, що характеризуються високою інтенсивністю, застосуванням засобів РЕБ та необхідністю швидкого ухвалення рішень в умовах обмеженого зв'язку з центрами управління. В умовах війни, коли противник активно придушує комунікаційні канали, перехоплює сигнали управління та використовує засоби високоточної зброї, необхідність підвищення рівня автономності бойових систем стає визначальною для їх ефективного застосування.

Головним викликом є забезпечення автономного функціонування бойових платформ у ситуаціях, коли вони не можуть отримувати оперативні команди ззовні або позбавлені доступу до зовнішніх джерел забезпечення, таких як навігаційні супутники, системи зв'язку чи централізоване постачання ресурсів. Це вимагає впровадження передових алгоритмів штучного інтелекту для самостійного аналізу бойової обстановки, розробки автономних систем навігації та управління, а також створення технологій самозабезпечення ресурсами, включаючи енергоефективні рішення та розширену логістичну автономність.

Розвиток автономних систем ЗРВ є необхідною умовою адаптації до нових викликів у сфері протиповітряної оборони. Використання традиційних методів управління ППО стає все менш ефективним через технологічний розвиток ЗПН, активне застосування противником засобів РЕБ, кібернетичних атак та високоточних засобів ураження. У цих умовах перспективним напрямом є розробка автономних ЗРК, здатних діяти без централізованого управління та зовнішнього забезпечення.

Основні напрями автономізації ЗРВ:

- розробка архітектури автономної бойової системи – передбачає визначення рівня автономності, розподіл функцій між оператором та машинними алгоритмами при бойовому застосуванні, навчанні та технічному обслуговуванні;
- вибір платформи для інтеграції засобів ЗРВ – доцільним є використання вже існуючих автоматизованих систем управління, що значно прискорить розробку та впровадження автономних комплексів;
- інтеграція ШІ – впровадження алгоритмів машинного навчання для автоматизованого виявлення, супроводження та знищення цілей з можливістю коригування оператором у критичних ситуаціях;
- тестування та експлуатація – випробування автономних бойових систем із функцією блокування хибних рішень оператором, оцінка ефективності та внесення коригувань.

Автономність ЗРК також повинна враховувати можливі умови ведення бойових дій без зовнішніх джерел забезпечення (відсутність зв'язку, обмежене постачання боєприпасів, відсутність

зовнішньої розвідувальної інформації). Це вимагає розробки модульних бойових одиниць, що можуть діяти незалежно та адаптуватися до мінливих бойових умов.

Автономний бойовий модуль ЗРК. Одним із перспективних рішень є створення модульних автономних ЗРК, які поєднують у собі:

- радіолокаційні та оптичні засоби виявлення;
- автономні системи енергозабезпечення;
- керовані зенітні ракети;
- систему управління вогнем на основі ШІ.

Такі модулі можуть бути розміщені на різних платформах:

- мобільних (колісних або гусеничних шасі);
- стаціонарних (об'єкти інфраструктури, дахові майданчики у містах);
- морських (палуби кораблів, плавучі платформи);
- повітряних (дирижаблі, БпЛА);
- низько орбітальні супутники.

Гнучкість у розміщенні автономних бойових модулів дозволить значно розширити зону покриття ППО, забезпечити мобільність і оперативне розгортання ЗРК в складних умовах.

Обговорення

Зростаюча інтенсивність бойових дій та технологічний прогрес вимагають переходу від централізованих систем протиповітряної оборони до гнучких, самодостатніх бойових комплексів, здатних діяти незалежно від зовнішнього управління. Основними технологічними рішеннями для цього є:

- подальший розвиток штучного інтелекту для автономного керування та ухвалення рішень;
- впровадження енергонезалежних систем живлення, що забезпечать тривале функціонування без зовнішнього підключення;
- створення адаптивних алгоритмів бойового застосування, що дозволять автономним ЗРК реагувати на зміну бойової обстановки в реальному часі.

Автономні ЗРК стануть ключовим елементом майбутньої протиповітряної оборони, дозволяючи адаптуватися до сучасних викликів ведення бойових дій. Впровадження цих рішень забезпечить підвищену живучість ППО, оперативне розгортання захисних систем та ефективне знищення повітряних загроз без залежності від централізованого управління.

Висновки

Отже одним із можливих перспективних шляхів розвитку автономних систем озброєння і військової техніки ЗРВ ПС ЗС України в умовах обмеженого або повністю відсутнього зовнішнього управління, а також у ситуаціях відсутності зовнішніх джерел забезпечення їх функціонування є створення автономних бойових модулів ЗРК.

Такі модулі можуть бути розміщені на різного роду платформах, що дозволить значно розширити можливості з прикриття в системі ППО, забезпечити мобільність і оперативне розгортання ЗРК в складних умовах.

З метою виконання даних заходів необхідно робити акцент на розробку (модернізацію) АЗРК

інтегрованих в єдину систему ППО, що дозволить більш ефективно боротися з сучасними повітряними загрозами, такими як БпЛА різних типів, гіперзвукові ракети та масовані атаки.

Необхідно впроваджувати та розвивати технологічні напрями такі як:

- розвиток алгоритмів машинного навчання, штучного інтелекту та автоматизації для аналізу загроз і прийняття вірних та швидких рішень;
- інтеграція систем у єдину мережецентричну мережу для швидкого обміну даними і координації під час бойової роботи.

Це призведе до збільшення переваги в АЗРК, що призведе до зниження залежності від людського фактору. Дасть можливість автономного функціонування в умовах відсутності зовнішнього управління чи забезпечення. Збільшить мобільність, швидкість реагування та стійкості до засобів радіоелектронної боротьби.

Але для цього необхідно вирішити такі проблемні питання, як необхідність сумісності нових АЗРК із існуючими системами ЗРК. Провести комплекс заходів щодо забезпечення кібербезпеки АЗРК та адаптація до сучасних загроз. Розробити та виконати уніфікацію протоколів взаємодії АЗРК та створення автономних модулів із високою гнучкістю.

Необхідно на державному рівні визначити порядок розвитку АЗРК, як ключовий напрямок до 2035 року.

Залучати інвестиції в нові технології, міжнародне співробітництво та інтеграція західних рішень (Patriot, IRIS-T, NASAMS) є критично важливими.

Автономізація ЗРК є важливим елементом модернізації оборони України. Розвиваючи даний напрямок це призведе до підвищення ефективності системи ППО в умовах інтенсивних бойових дій та складної тактичної обстановки, що вплине на збільшення виробничого та економічного потенціалу країни.

Список використаних джерел

1. Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations, AJP-3.3, NATO, 2016. Дата звернення: 10 жовт. 2025. [Онлайн]. Доступно: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a82d7bc40f0b62305b94a32/doctrine_nato_air_space_ops_ajp_3_3.pdf.
2. Генеральний штаб ЗС України. Аналіз бойових дій в умовах повітряної агресії РФ / ГШ ЗС України, 2023. – 45 с.
3. Open'ko P., V. Kobzev, V. Vasiliev, O. Uhrynovych and V. Diachenko, "Methodical approach to determining a rational option for modernization of anti-aircraft missile weapons' functional systems", JSPSDS, vol. 11, no. 6, pp. 127-139, Dec. 2021.
4. D. Vergun. "DARPA aims to develop AI, autonomy applications warfighters can trust". U.S. Department of War. [Онлайн]. Доступно: <https://www.war.gov/News/News-Stories/Article/Article/3722849/darpa-aims-to-develop-ai-autonomy-applications-warfighters-can-trust/>. Дата звернення: 10 жовт. 2025.
5. M. D. Stephenson, B. Schram, E. F. D. Canetti and R. Orr, "Effects of Acute Stress on Psychophysiology in Armed Tactical Occupations: A Narrative Review," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 19, no. 3, Art. no. 1802, Feb. 2022. DOI: 10.3390/ijerph19031802.
6. R. C. Anugrah, "A Defense for Guardian Robots: Are Defensive Autonomous Weapons Systems Justifiable?,"

- Harvard Int. Law J., Feb. 2024. [Online]. Available: <https://journals.law.harvard.edu/ilj/2024/02/a-defense-for-guardian-robots-are-defensive-autonomous-weapons-systems-justifiable/>. Дата звернення: 20 трав. 2025 р.
7. D. S. Alberts, J. J. Garstka and F. P. Stein, Network Centric Warfare. Washington, D.C.: Command and Control Research Program (CCRP), 1999, 85 pp.
8. Міністерство оборони України. Концепція розвитку ЗРВ до 2030 року / Міністерство оборони України, 2022. – 30 с.
9. L. Saalman, L. Saveleva-Dovgal and F. Su, “Mapping Cyber-related Missile and Satellite Incidents and Escalation Risks”, Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Report, Nov. 2023. [Online]. Available: https://www.sipri.org/sites/default/files/2023-11/2023_10_cyber_mapping_incidents.pdf. Дата звернення: 20 трав. 2025 р.
10. Візія Повітряних Сил 2035. Вінниця : КПС ЗС України, 2020. 39 с.
11. R. G. Melykov, “The Use of Autonomous Weapons Systems during the Russian-Ukrainian War: New Challenges to International Humanitarian Law”, Juridical Scientific and Electronic Journal, no. 1, pp. 619–622, 2023. DOI:10.32782/2524-0374/2023-1/145.
12. П. В. Опенько, В. В. Кобзев, В. А. Васильєв та М. Ю. Миронюк, “Порядок визначення раціонального варіанта створення елемента функціональної системи зенітного ракетного озброєння на сучасній елементній базі”, Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ, т. 74, № 1, с. 110–117, 2022.
13. M. Ozhevan, “Автоматизовані робототехнічні системи озброєнь: новий виклик воєнній безпеці України”, National Institute for Strategic Studies, Kyiv, Report, Feb. 2017, 22 pp. [Online]. Available: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-02/Ozhevan-86924.pdf>. Дата звернення: 20 трав. 2025 р.
14. Кабінет Міністрів України, Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період: розпорядження від 14 черв. 2017 р. № 398-р (станом на 21 лип. 2021 р.). [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-r#Text>. Дата звернення: 20 трав. 2025 р.
15. В. С. Хаустова, О. І. Решетняк, М. М. Хаустов та В. А. Зінченко, “Напрямки розвитку технологій штучного інтелекту в забезпеченні обороноздатності країни”, Бізнес Інформ, № 3, с. 17–26, 2022.
16. М. О. Кизим, В. С. Хаустова, В. В. Шпілевський та О. В. Шпілевський О. В., “Військово-тактичні та економічні передумови розвитку оборонної промисловості України”, Проблеми економіки, т. 53, № 3, с. 35–44, 2022.
17. В. Лук’ячук, І. Миколаєв, П. Опенько, І. Дзевєрін та О. Угринович, “Методика визначення пріоритетності проєктів науково-дослідних робіт у сфері розробок озброєння та військової техніки,” Journal of Scientific Papers “Social Development & Security”, т. 10, № 6, с. 40–56, 2020. DOI: 10.33445/sds.2020.10.6.5
18. Інтелектуальні системи автоматизації : монографія / Аврунін О. Г., Владов С. І., Петченко М. В., Семенець В. В., Татарінов В. В., Тельнова Г. В., Філатов В. О., Шмельов Ю. М., Шушляпіна Н. О. – Кременчук : Видавництво “НОВАБУК”, 2021. – 322 с.
19. В. М. Чернега, Т. П. Пашенко та І. М. Порохня, “Застосування технологій штучного інтелекту у пілотованій та безпілотній авіації”, Повітряна міць України, т. 1, № 1, с. 101–102, 2021.
20. В. Залужний, Р. Гришук, О. Соломицький та І. Грачов, “Перспективи розвитку безпілотних систем Збройних Сил України”, МНЖ Military Science, т. 2, № 1, с. 5–16, 2024.

¹Volodymyr Koshka

<https://orcid.org/0009-0007-7861-348X>

¹Volodymyr Gryniuk

<https://orcid.org/0009-0003-0445-4376>

²Vitalii Bykhovets

<https://orcid.org/0009-0002-5397-3802>

³Oleh Salnyk

<https://orcid.org/0000-0002-2688-1198>

¹National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²State Research Institute of Aviation, Kyiv, Ukraine

³Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

JUSTIFICATION OF THE IMPLEMENTATION PATHS FOR PROMISING DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS WEAPON SYSTEMS AND MILITARY EQUIPMENT OF THE AIR DEFENSE MISSILE FORCES OF THE AIR FORCES OF UKRAINE

The experience of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine has clearly demonstrated the strategic importance of air superiority and the ability to effectively counter air threats. Given the growing intensity and complexity of threats from high-precision weapons, unmanned aerial vehicles, and other modern air attack systems, the development and implementation of autonomous air defense missile systems is one of the key directions in enhancing the capabilities of the Air Defense Missile Forces of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine. This paper analyzes current trends in the development of autonomous air defense systems, the experience of their use in modern armed conflicts, and the prospects for their integration into Ukraine’s defense system. The article outlines the main requirements for autonomous weapon systems, the technological challenges of implementation, and possible ways of modernizing existing systems, taking into account the limited possibilities of external control and ensuring operational autonomy. Particular attention is paid to the need for compatibility,

cyber security, and integration into a unified air defense network. The implementation of these technologies will increase the efficiency of combat missions, reduce dependence on human operators, and ensure high responsiveness to changing tactical conditions. The development of autonomous systems is considered a strategic step towards strengthening Ukraine's air defense and achieving interoperability with NATO standards.

Keywords: anti-aircraft missile troops, autonomous systems, air defense, modernization, artificial intelligence, network-centric warfare.

References

1. Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations, AJP-3.3, NATO, 2016. [Online]. Available: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a82d7bc40f0b62305b94a32/doctrine_nato_air_space_ops_ajp_3_3.pdf. Accessed: Oct. 10, 2025.
2. General Staff of the Armed Forces of Ukraine. Analiz boyovykh diy v umovakh povitryanoi ahresiyi RF / GSAFU, 2023. – 45 p.
3. Open'ko P., V. Kobzev, V. Vasiliev, O. Uhrynovych and V. Diachenko, "Methodical approach to determining a rational option for modernization of anti-aircraft missile weapons' functional systems", JSPSDS, vol. 11, no. 6, pp. 127-139, Dec. 2021.
4. D. Vergun. "DARPA aims to develop AI, autonomy applications warfighters can trust". U.S. Department of War. [Online]. Available: <https://www.war.gov / News / News-Stories/Article/Article/3722849/darpa-aims-to-develop-ai-autonomy-applications-warfighters-can-trust/>. Accessed: Oct. 10, 2025.
5. M. D. Stephenson, B. Schram, E. F. D. Canetti and R. Orr, "Effects of Acute Stress on Psychophysiology in Armed Tactical Occupations: A Narrative Review," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 19, no. 3, Art. no. 1802, Feb. 2022. DOI: 10.3390/ijerph19031802.
6. R. C. Anugrah, "A Defense for Guardian Robots: Are Defensive Autonomous Weapons Systems Justifiable?," Harvard Int. Law J., Feb. 2024. [Online]. Available: <https://journals.law.harvard.edu/ilj/2024/02/a-defense-for-guardian-robots-are-defensive-autonomous-weapons-systems-justifiable/>. Accessed: Oct. 10, 2025.
7. D. S. Alberts, J. J. Garstka and F. P. Stein, Network Centric Warfare. Washington, D.C.: Command and Control Research Program (CCRP), 1999, 85 pp.
8. Ministry of Defence of Ukraine. Concept for the Development of Air Defense Forces until 2030 / Ministry of Defence of Ukraine, 2022. – 30 p.
9. L. Saalman, L. Saveleva-Dovgal, and F. Su, "Mapping Cyber-related Missile and Satellite Incidents and Escalation Risks", Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Report, Nov. 2023. [Online]. Available: https://www.sipri.org/sites/default/files/2023-11/2023_10_cyber_mapping_incidents.pdf. Accessed: Oct. 10, 2025.
10. Armed Forces of Ukraine, Vision of the Air Force of Ukraine 2035, Kyiv, 2022. [Online]. Available: <https://missilethreat.csis.org/wp-content/uploads/2022/12/Air-Force-of-Ukraine-2035-eng.pdf>. Accessed: Oct. 10, 2025.
11. R. G. Melykov, "The Use of Autonomous Weapons Systems during the Russian-Ukrainian War: New Challenges to International Humanitarian Law", Juridical Scientific and Electronic Journal, no. 1, pp. 619–622, 2023. DOI:10.32782/2524-0374/2023-1/145.
12. P. V. Openko, V. V. Kobziev, V. A. Vasyliiev and M. Yu. Myroniuk, "Poriadok vyznachennia ratsionalnogo varianta stvorennia elementu funktsionalnoi systemy zenitnogo raketnogo ozbroiennia na suchasni elementni bazi", Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen NUOU, vol. 74, № 1, p. 110-117, 2022.
13. M. Ozhevan, "Avtomatyzovani robototekhnichni systemy ozbroien: novyi vyklyk voienii bezpetsi Ukrainy", National Institute for Strategic Studies, Kyiv, Report, Feb. 2017, 22 pp. [Online]. Available: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-02/Ozhevan-86924.pdf>. Accessed: Oct. 10, 2025.
14. Kabinet Ministriv Ukrainy, Pro skhvalennia Osnovnykh napriamiv rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky na dovhostrokovyi period: rozporiadzhennia vid 14 cherv. 2017 r. № 398-r (stanom na 21 lyp. 2021 r.). [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-p#Text>. Accessed: Oct. 10, 2025.
15. V. Ye. Khaustova, O. I. Reshetniak, M. M. Khaustov and V. A. Zinchenko, "Napriamky rozvytku tekhnolohii shtuchnoho intelektu v zabezpechenni oboronozdatnosti krainy", Biznes Inform, № 3, p. 17–26, 2022.
16. M. O. Kyzym, V. Ye. Khaustova, V. V. Shpilievskiy and O. V. Shpilievskiy O. V., "Viiskovo-taktychni ta ekonomichni peredumovy rozvytku oboronnoi promyslovosti Ukrainy", Problemy ekonomiky, vol. 53, № 3, p. 35–44, 2022.
17. V. Lukianchuk, I. Mykolaiev, P. Openko, I. Dzeverin and O. Uhrynovych, "Metodyka vyznachennia priorytetnosti proiektiv naukovo-doslidnykh robot u sferi rozrobok ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky", Journal of Scientific Papers "Social Development & Security", vol. 10, № 6, p. 40–56, 2020. DOI: 10.33445/sds.2020.10.6.5
18. Intelektualni systemy avtomatyzatsii : monohrafiia / Avrunin O. H., Vladov S. I., Petchenko M. V., Semenets V. V., Tatarinov V. V., Telnova H. V., Filatov V. O., Shmelov Yu. M., Shushliapina N. O. – Kremenчук : Vydavnytstvo "NOVABUK", 2021. – 322 p.
19. V. M. Cherniha, T. P. Pashchenko and I. M. Porokhnia, "Zastosuvannia tekhnolohii shtuchnoho intelektu u pilotovanii ta bezpilotni aviatcii", Air Power of Ukraine, vol. 1, № 1, p. 101–102, 2021.
20. V. Zaluzhnyi, R. Hryshchuk, O. Solomytskyi and I. Hrachov, "Perspektyvy rozvytku bezpilotnykh system Zbroinykh Syl Ukrainy", Military Science, vol. 2, № 1, p. 5-16, 2024.