

Форсайт-дослідження у сфері безпілотних авіаційних комплексів, засобів протиповітряної оборони, ракетного озброєння та технологій штучного інтелекту для оборонної стратегії України

Foresight Research in the Field of Unmanned Aerial Complexes, Air Defense Systems, Missile Armament, and Artificial Intelligence Technologies for Ukraine's Defense Strategy

Володимир Гурковський^A

Corresponding author: доктор наук з держ. упр. професор, начальник відділу, e-mail: volodymyr.gurkovskiy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2021-5204

Євген Романенко^A

Доктор наук з держ. упр. професор, заступник начальника управління Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, e-mail: poboss1978@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2285-0543

Володимир Коваль^B

к.військ.н., доцент, кандидат військових наук, старший науковий співробітник; e-mail: vladimerkoval69@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6209-6779

Сергій Митченко^C

доктор філософії, доцент кафедри стратегії національної безпеки та оборони, e-mail: serhii.mytchenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3711-2033

Роман Войцеховський^C

ад'юнкт кафедри управління військами, e-mail: voytsehovskiy31@gmail.com, ORCID: 0009-0000-6408-9620

Сергій Ільницький^A

науковий співробітник інституту, e-mail: anastx85@icloud.com, ORCID: 0009-0009-3000-9034

Volodymyr Gurkovskiy^A

Corresponding author: Doctor of Public Administration Professor, Head of Department of the Institute, e-mail: volodymyr.gurkovskiy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2021-5204

Evgen Romanenko^A

Doctor of Public Administration Professor, Deputy Head of Division of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine: e-mail: poboss1978@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2285-0543

Volodymyr Koval^B

Candidate of Military Sciences, Senior Researcher, Kyiv, Ukraine, e-mail: vladimerkoval69@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6209-6779

Serhii Mytchenko^C

Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Department of National Security and Defense Strategy, e-mail: serhii.mytchenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3711-2033

Roman Voytsehovskiy^C

postgraduate of the Department of Troop Management, e-mail: voytsehovskiy31@gmail.com, ORCID: 0009-0000-6408-9620

Serhii Ilnitskyi^A

Research Fellow of the Institute, e-mail: anastx85@icloud.com, ORCID: 0009-0009-3000-9034

^AЦентральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, м. Київ, Україна

Міністерство оборони України, м. Київ, Україна

^C Національний університет оборони України, м. Київ, Україна

^A Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

^B Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

^C National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: June 9, 2025 | Revised: June 25, 2025 | Accepted: June 30, 2025

DOI: 10.33445/sds.2025.15.3.8

Мета роботи: Розробити рекомендації щодо застосування форсайт-досліджень для прогнозування розвитку безпілотних авіаційних комплексів, засобів протиповітряної оборони, ракетного озброєння та технологій штучного інтелекту як ключового елемента оборонної стратегії України в умовах війни та глобальної конкуренції.

Метод: аналіз та синтез.

Результати дослідження: встановлено, що автономні дрони (до 100 км), гіперзвукові ракети, супутникові системи націлювання та ШІ-базовані ППО створюють асиметричні виклики. Запропоновано створення центру форсайт-досліджень до 2030 року та міжвідомчої платформи (МОУ, СБУ, НАН, КПІ), інтеграцію досвіду DARPA, співпрацю з НАТО та Ізраїлем для подолання технологічної асиметрії.

Теоретична цінність дослідження: розширення методології форсайт-досліджень у контексті воєнних технологій, адаптація глобального досвіду до умов України, внесок у формування проактивної оборонної стратегії в умовах невизначеності.

Purpose: to develop recommendations for the application of foresight research to forecast the development of unmanned aerial complexes, air defense systems, missile armament, and artificial intelligence technologies as a key element of Ukraine's defense strategy amid war and global technological competition.

Method: Analysis and Synthesis.

Findings: Identified that autonomous drones (up to 100 km range), hypersonic missiles, targeting satellite systems, and AI-based air defense systems pose asymmetric challenges. Proposed the establishment of a foresight research center by 2030 and an interagency platform (MOD, SBU, NAS, KPI), integration of DARPA experience, and cooperation with NATO and Israel to overcome technological asymmetry.

Theoretical implications: Expansion of foresight research methodology in the context of military technologies, adaptation of global experience to Ukrainian conditions, contribution to the formation of a proactive defense strategy under uncertainty.

Paper type: analytical, applied.

Тип статті: аналітична, прикладна.

Ключові слова: форсайт-дослідження, безпілотні авіаційні комплекси, протиповітряна оборона, ракетне озброєння, штучний інтелект, оборонна політика, міжвідомча взаємодія, центр форсайту, Київський політехнічний інститут, DARPA, національна безпека, Україна.

Key words: foresight research, unmanned aerial complexes, air defense systems, missile armament, artificial intelligence, defense policy, interagency cooperation, foresight center, Kyiv Polytechnic Institute, DARPA, national security, Ukraine.

Вступ

Триваюча з лютого 2022 року війна російської федерації проти України виявила ключову роль високотехнологічних озброєнь у сучасних конфліктах, що кардинально змінює підходи до воєнної безпеки. Оптиковолоконні безпілотні авіаційні комплекси з системою управління на основі оптиковолоконного каналу зв'язку (оптиковолоконні БАК), які завдяки кабельному керуванню невразливі до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), разом із засобами протиповітряної оборони (ППО), ракетним озброєнням і технологіями штучного інтелекту (ШІ), формують нові стратегічні виклики. Звіт Центру стратегічних і міжнародних досліджень (CSIS) за 2024 рік зазначає, що росія активно застосовує оптиковолоконні БАК для високоточних ударів по позиціях Збройних Сил України (ЗСУ), розвідки на глибину до 15 км і координації ракетних атак, що ускладнює оборону та спричиняє значні втрати [1]. Однак загрози не обмежуються одним типом озброєнь: глобальний прогрес у розвитку БАК, ППО, ракетних систем і ШІ в РФ, Китаї, США, Ізраїлі та країнах НАТО створює багатозарові ризики для національної безпеки України, які вимагають системного прогнозування.

Теоретичні основи дослідження

Росія інтенсифікує інтеграцію ШІ в БАК і ракетні комплекси, такі як «Кинджал» і «Калібр», підвищуючи їхню автономність і стійкість до перехоплення. Тенденція в розвитку застосування ШІ в бойових системах постійно зміщується в сторону «малих систем» ближче до лінії бойового зіткнення (ЛБЗ), а саме захоплення цілі та атака на фінальному відрізку траєкторії БпЛА при заході на ціль, атака цілі по аналізу карти місцевості у співставленні з даними в плані польоту БпЛА. Звіт Стокгольмського інституту дослідження проблем миру (SIPRI) за 2024 рік підкреслює, що РФ тестує рої дронів із ШІ для скоординованих атак і модернізує ППО (С-500) для протидії західним БАК [2]. Китай лідирує в розробці гібридних БАК, таких як WZ-10, які поєднують ШІ та гіперзвукові можливості, а також розширює системи ППО, як-от HQ-19, для захисту стратегічних об'єктів [3]. США просувають ППО з ШІ, зокрема Patriot PAC-3 і Aegis, а також автономні БАК, як-от XQ-58A Valkyrie, що використовують розпізнавання цілей у реальному часі [4]. Ізраїль удосконалює системи ППО, такі як Iron Dome, інтегруючи ШІ для прогнозування траєкторій ракет і дронів [5]. НАТО, відповідно до Концепції технологічного розвитку 2023 року, розробляє лазерні системи та ШІ-базовані платформи для протидії БАК і ракетним загрозам [6].

Оптиковолоконні БАК, які використовують кабельне керування для передачі даних, стали однією з найгостріших загроз для ЗС України. Їхня ключова особливість – невразливість до традиційних засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Ця технологічна перевага ворога створює серйозні виклики для забезпечення безпеки військ, чутливої інфраструктури та оперативного управління, що є пріоритетами Стратегії національної безпеки України, затвердженої Указом Президента України №392/2020.

За наявною інформацією оптиковолоконні БАК стали справжньою «критичною проблемою» для ЗС України з 2024 року, оскільки їхнє масове застосування Росією на Донецькому та Курському напрямках призвело до значних втрат бронетехніки та піхоти. Аналітичний звіт Інституту вивчення війни (ISW) підтверджує, що росія досягла переваги у серійному виробництві цих дронів, що стало можливим завдяки швидшій реалізації технологій, попри початкову перевагу України в розробках [15].

Російські наукові інститути працюють на розробку нових систем озброєння з задачею знизити вартість одиниці озброєння. Таким чином ворог реалізує підхід, задекларований Пентагоном ще у 2023 році у зв'язку з атаками дронів та протикорабельних ракет в Червоному морі. Незважаючи на високу ефективність відбиття ворожих атак Пентагон виражає велику занепокоєність так званим коефіцієнтом обміну вартостями (cost exchange rate). “Ракета вартістю 2 млн дол США проти дрона за 2 тис. дол США”. [35] Затяжна війна на виснаження ресурсів потребуватиме так званих “cost effective” рішень.

Ця асиметрія загрожує національній безпеці, оскільки невміння оперативно адаптуватися до нових технологій ворога знижує ефективність довготривалої політики обороноздатності, що суперечить принципам Стратегії воєнної безпеки України (Указ Президента №121/2021) [8].

Фактором потенційного зниження обороноздатності виступає також підхід “100% ефективності розробок”, коли “замовник” (Збройні Сили України, Міністерство Оборони України) обмежені нормативно-правовими актами щодо проведення “прозорих” закупівель, не мають можливості визначати декількох переможців тендеру на розробку того чи іншого зразка озброєння чи бойової системи, а “монопольна” безконкурентна реалізація тендерного завдання приводить до отримання гірших характеристик систем озброєння (виробник / розробник не відчуває тиску конкуренції).

Технологічна ескалація контрастує з обмеженнями України, яка, попри прогрес у виробництві БАК (понад 300 зразків сертифіковано у 2024 році [7]), стикається з системними бар'єрами. Стратегія воєнної безпеки України, затверджена Указом Президента № 121/2021 від 25.03.2021 року, акцентує на технологічній перевазі як основі стримування агресора [8].

Поточна безпекова динаміка свідчить про наявність п'яти визначальних напрямів ризику:

1. *Технологічна диспропорція*: Росія та Китай мають перевагу в масштабному виробництві БАК і ракет із ШІ, тоді як Україна залежить від міжнародної допомоги та фрагментарного фінансування. Звіт Київської школи економіки за 2024 рік вказує, що бюрократичні перепони та обмежений доступ до технологій гальмують оборонний сектор [9]. Для України однією із найсерйозніших перешкод до подолання означеної диспропорції є відмінність принципів функціонування воєнної науки та промисловості в країнах – партнерах України в Європі та США. Держави -партнери мають потрібні Україні технології, проте міністерства оборони цих країн мають свої пріоритети, котрі далеко не завжди співпадають з пріоритетами України.

2. *Оперативна невідповідність*: Традиційні засоби РЕБ і ППО, як-от комплекси «Бук» чи портативні РЕБ-системи, не протидіють оптоволоконним БАК і гіперзвуковим ракетам. Звіт CSIS підкреслює, що фізичні методи, як сітки чи стрілецька зброя, неефективні проти роїв дронів [1]. Партнерські розробки зброї енергії прямого впливу (direct energy weapon (DEW)) на даному етапі знаходяться на стадії прототипів, їхні габарити не відповідають вимогам сучасного поля бою в Україні та особливостям українського театру воєнних дій (ТВД). Наприклад британський проєкт, випробування проведені в Західному Уельсі в квітні 2025 продемонстрував ефективне одночасне знищення більше ніж 100 дронів на дистанції 0,62 милі (1 км) і задекларована вартість одного “енерго-постріла” даної зброї складає всього 10 пенсів стірлінга (0,13\$). [36] Означена зброя може бути ефективною для захисту об'єктів в тилу та на кораблів ВМФ, але застосування на лінії бойового зіткнення в Україні не уявляється можливим.

3. *Глобальна конкуренція в ШІ*: ШІ-базовані системи в РФ, Китаї та США, які забезпечують автономність БАК і прогнозування в ППО, створюють ризик технологічного відставання України. Звіт Defense News за 2024 рік прогнозує, що до 2030 року ШІ визначатиме 70% воєнних операцій [10]. Однак динаміка розвитку БПС, систем автоматичного радіоелектронного подавлення (РЕП) пультів керування БПЛА, створення банків РЕ сигнатур та

зображень візуального спектру та вдосконалення алгоритмів їхнього застосування не дозволяє відкладати час появи проривних інновацій в означеній сфері на 2030. Прогноз має бути перенесено як мінімум на 2027 рік. Активна співпраця Китаю та РФ в сфері використання високих технологій та, вірогідно, ШІ опосередковано підтверджується фактом потрапляння в полон військовослужбовців китайської народної армії (КНА) на запорізькому напрямку.

4. *Недостатність форсайт-досліджень*: В Україні бракує системного прогнозування еволюції БАК, ППО, ракетного озброєння та ШІ. Платформа Brave1 підтримує короткострокові проекти, але не проводить сценарного аналізу, на відміну від програм DARPA чи NATO Science and Technology Trends [11].

5. *Міжвідомча роз'єднаність*: Слабка скоординованість між МОУ, СБУ, НАН України та приватним сектором в напрямі оборонних технологій уповільнює інновації. У контексті державного управління ця проблема вимагає зміни парадигми взаємодії між суб'єктами системи забезпечення національної безпеки та інтеграції наукових, промислових і військових зусиль в інтересах оборони і національної безпеки. Виходячи із базових принципів військового управління країн НАТО “культура іде зверху, а ініціатива знизу” (дієвість “ініціативи знизу” була продемонстрована українським народом від початку повномасштабної агресії РФ 24 лютого 2022), можливо доцільно було б надати “room for action” (свободу дії та повноваження) та запропонувати додаткові мотиваційні механізми за успішно реалізовані наукові ініціативи щодо впровадження інновацій по всій вертикалі військового управління ЗС України.

Ці виклики формують стратегічну проблему, яка загрожує безпеці країни в умовах війни та глобальної технологічної гонки. Форсайт-дослідження, як методологія, що поєднує тренд-аналіз, сканування горизонту та сценарне планування, є ключовим інструментом для передбачення розвитку озброєнь і формування асиметричних стратегій [13]. Проте обмежені ресурси та фрагментарність досліджень, як зазначає RAND Corporation, стримують їхній потенціал в Україні [14]. Вирішення проблеми вимагає міждисциплінарного підходу, який інтегрує національну, воєнну безпеку, державне управління та технологічні інновації в єдину систему, для забезпечення протидії Україні сучасним загрозам.

Постановка проблеми

Фундаментальна проблема, окреслена раніше, підкреслює необхідність прогнозування еволюції БАК, засобів ППО, ракетного озброєння та технологій ШІ для зміцнення обороноздатності України в умовах війни та глобальної технологічної конкуренції. Сучасні наукові дослідження, проведені в США, Великобританії, країнах НАТО та Україні, пропонують методологічні й практичні рішення для протидії цим загрозам.

Аналіз західних авторитетних джерел і висновків українських дослідників дозволяє виявити ключові тенденції, прогалини та можливості для впровадження форсайт-досліджень у державну оборонну стратегію.

Міжнародні дослідження фокусуються на технологічних і стратегічних аспектах сучасних озброєнь. Звіт Центру стратегічних і міжнародних досліджень (CSIS) за 2024 рік, підготовлений Сетом Г. Джонсом, аналізує оптоволоконні БАК, які використовує Росія для високоточних ударів і розвідки на глибину до 15 км [15]. Автори підкреслюють їхню невразливість до РЕБ через кабельне керування та інтеграцію ШІ для обробки даних, але зазначають вразливість до лазерних систем і потребу в ШІ-базованих ППО для перехоплення [15].

Крім того вони вразливі для систем зброї енергії прямого впливу (direct energy weapon (DEW)), британського проекту та проекту Epiras Leonidas, який розробляється для ЗС США. Значною проблемою лишається той факт, що системи DEW з одного боку високоєфективні проти груп малих дронів безвідносно системи керування, проте, з іншого боку, масо-габаритні характеристики даних систем та дальність ураження ними дронів роблять їх не придатними до використання в смузі 2-10 до лінії бойового зіткнення в силу вразливості до різних систем

озброєння, не тільки дронів, а і різних видів ствольної та реактивної артилерії. Згадані зразки більше підходять для захисту певних критичних об'єктів в глибині території України чи принаймні не ближче 15-20 км до лінії бойового зіткнення.

Дослідження Королівського інституту об'єднаних збройних сил (RUSI) за 2024 рік, авторства Джастіна Бронка, деталізує системи ППО з ШІ, такі як Aegis (США) та Iron Dome (Ізраїль), які використовують алгоритми прогнозування для протидії БАК і ракетам [16]. Звіт наголошує, що такі системи ефективні проти роїв дронів, але їхнє розгортання в Україні ускладнене через високі витрати та потребу в інфраструктурі [16].

У сфері ракетного озброєння стаття в Nature Reviews Physics (2024) досліджує гіперзвукові ракети, такі як російський "Циркон" і китайський DF-21D, які застосовують ШІ для маневрування [18]. Лінда Вейс та співавтори вказують, що ШІ підвищує точність, але створює етичні виклики через автономність, не регульовану міжнародним правом, і прогнозують домінування таких систем до 2030 року [18]. Означені обмеження, відповідно, не стосуються держави-агресора, котра використовує платформи ШІ, розроблені в США.

Звіт NATO Science and Technology Trends 2020–2040 пропонує методологічну основу для прогнозування розвитку озброєнь [6]. Автори, зокрема експерти НАТО, рекомендують тренд-аналіз і сценарне планування для передбачення еволюції БАК і ППО, підкреслюючи важливість міжвідомчої координації для протидії асиметричним загрозам, що є актуальним для України [6].

Вітчизняні дослідники, попри ресурсні обмеження, пропонують цінні підходи до оборонних технологій. Колективна монографія під редакцією Тетяни Писаренко (Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері, 2021) аналізує глобальні тенденції в БАК і ШІ, пропонуючи адаптувати досвід НАТО для розвитку українських систем [19]. Автори зазначають, що платформа Brave1 демонструє потенціал, але брак координації гальмує інновації [19].

Проблеми трансформації природи збройних конфліктів та еволюції систем озброєння та військової техніки досліджували Володимир Гурковський, Володимир Колесник та Олександр Бажора у монографії "Глобальні інформаційні, психологічні та гібридні війни: загрози та протидії" (2023) [12]. Зазначені дослідники на основі аналізу сучасного стану розвитку систем озброєння, які є витребуваними у збройних силах провідних держав світу, визначили низку найбільш актуальних напрямів у виробництві ОВТ на майбутнє та акцентували на необхідності врахування "концептуальних підходів росії до участі у збройних конфліктах під час стратегічного планування застосування сил оборони для підвищення обороноздатності держави" [12].

Монографія Сергія Мосова (Безпілотна авіація у військовій справі, 2024) аналізує досвід застосування БАК в Україні, зокрема оптоволоконних, у розвідці та коригуванні вогню [22]. Мосов підкреслює їхню вразливість до фізичних засобів ураження і пропонує гібридні ППО з ШІ, а також висвітлював такі проблеми обмеження в умовах складної метеорології, звертає увагу на створення автономних систем та впровадження нових матеріалів і технологій [22].

Стаття "Війна нового типу: український досвід і переосмислення філософії збройної боротьби" Олександра Сирського, Андрія Лебеденка та Олега Семененка розкриває характерні особливості війни нового типу на прикладі російсько-українського конфлікту. У дослідженні автори влучно зазначають, що сучасна війна більше не є театром, де два актори ведуть гру за правилами, – вона є процесом, у якому множинність волі, швидкість змін, асиметрія можливостей та технологічна надбудова спотворюють класичні уявлення про причинність, оперативність і ціль [25].

Проведений аналіз виявляє кілька прогалин. По-перше, західні дослідження недооцінюють організаційні бар'єри в країнах із обмеженим фінансуванням, як Україна, фокусуючись на технологіях [15, 16]. По-друге, організаційно-правові аспекти взаємодії та координації прогнозних досліджень озброєння та оборонних технологій залишаються

недостатньо розробленими. По-третє, в Україні бракує системних форсайт-досліджень, на відміну від практик НАТО [18, 19].

Перспективи включають адаптацію форсайт-методологій для прогнозування розвитку озброєнь, співпрацю з НАТО для технологічного обміну та створення міжвідомчої платформи для координації досліджень в Україні [19, 20, 21]. Ці заходи можуть допомогти подолати технологічну диспропорцію та посилити резильєнтну стратегію оборони.

Мета дослідження: розробити рекомендації щодо застосування форсайт-досліджень для прогнозування розвитку безпілотних авіаційних комплексів, засобів протиповітряної оборони, ракетного озброєння та технологій штучного інтелекту як ключового елемента державної оборонної стратегії України в умовах війни та глобальної технологічної конкуренції.

Завдання:

1. Провести аналіз сучасних наукових досліджень щодо розвитку БАК, ППО, ракетного озброєння та ШІ в РФ, Китаї, США, Ізраїлі, країнах НАТО та Україні.

2. Визначити методологічні основи форсайт-досліджень та їхню роль у формуванні оборонної стратегії держави.

3. На основі оцінки актуальної безпекової ситуації та потенційних технологічних загроз, пов'язаних з еволюцією озброєнь, сформулювати практичні рекомендації щодо інтеграції форсайт-досліджень в інтересах оборонної стратегії.

Результати

Попередній аналіз підкреслив, що технологічна диспропорція та глобальна конкуренція в розвитку БАК, засобів ППО, ракетного озброєння та технологій ШІ створюють стратегічні виклики для національної безпеки України. Для їхнього подолання потрібне системне прогнозування, яке забезпечує форсайт-дослідження. Цей розділ розкриває теоретичні засади форсайту, аналізує сучасні дослідження щодо розвитку озброєнь і визначає методологічні основи форсайту та його роль у формуванні оборонної стратегії, оцінюючи технологічні загрози.

Теоретичні засади форсайт-досліджень.

Форсайт-дослідження – це системна методологія стратегічного прогнозування, спрямована на ідентифікацію майбутніх технологічних, соціальних і політичних трендів шляхом аналізу поточних даних, сценарного моделювання та міждисциплінарної взаємодії. На відміну від традиційного прогнозування, яке спирається на екстраполяцію, форсайт акцентує на ітеративному процесі, що враховує невизначеність і альтернативні сценарії розвитку [11]. За визначенням Луїса Г. Георгіу, форсайт – це “процес, який поєднує сканування горизонту, тренд-аналіз і розробку сценаріїв для формування стратегій у нестабільному середовищі” [11].

Сучасні збройні конфлікти зазнали суттєвих трансформацій, які змінюють уявлення про війну, силу та перемогу. російсько-українська війна стала полігоном для випробування нових підходів до ведення бойових дій, асиметричних стратегій та інтеграції передових технологій [25].

Напередодні широкомасштабної війни вітчизняні дослідники Сергій Дмитрук та Павло Крисяк в колективній монографії “Актуальні проблеми забезпечення національної безпеки, оборони та розвідки: зарубіжний і вітчизняний досвід. Основи національної безпеки” (2022) опрацьовуючи механізми стратегування державного управління у сфері національної безпеки, переконливо обґрунтували, що розроблення методології, за допомогою якої можна було б пропонувати комплекс механізмів, що впливають на рівень національної безпеки є ключовим завданням науки державного управління [21]. Ці автори здійснили аналіз поглядів провідних держав світу на безпекове середовище в умовах глобалізації та запропонували процедури стратегування (розроблення ефективної стратегії) державного управління у сфері національної безпеки.

У контексті триваючої російсько-української війни та глобальної технологічної конкуренції форсайт набуває особливого значення. Під час збройної агресії, як в Україні з 2022 року, швидка еволюція озброєнь, зокрема оптоволоконних БАК і ШІ-базованих ракет, вимагає передбачення не лише технологічних змін, а й їхнього впливу на воєнну тактику та національну безпеку. Форсайт дозволяє ідентифікувати “слабкі сигнали” – ранні індикатори нових загроз, як-от рої дронів чи гіперзвукові ракети, і розробляти асиметричні стратегії протидії. У глобальній конкуренції, де РФ, Китай, США, Ізраїль і НАТО змагаються за технологічну перевагу, форсайт забезпечує країнам із обмеженими ресурсами, як Україна, можливість оптимізувати інвестиції в оборонні інновації та уникати технологічного відставання.

Значення форсайту підкріплюється його здатністю інтегрувати міжвідомчі зусилля. В Україні, де бюрократичні бар’єри гальмують координацію між силами безпеки і оборони та науковими установами, форсайт може стати платформою для узгодження стратегій, як це продемонстрував досвід НАТО у програмі Multiple Futures Project.

Таким чином, форсайт є не лише інструментом прогнозування, а й механізмом формування збалансованої стратегії оборони в умовах невизначеності.

Аналіз сучасних наукових досліджень щодо розвитку озброєнь.

Глобальна ескалація технологій озброєнь, окреслена в попередніх розділах, спонукає до глибшого аналізу сучасних досліджень, які розкривають динаміку розвитку БАК, ППО, ракетного озброєння та ШІ. Цей аналіз спирається на західні та українські джерела, щоб оцінити технологічні тренди та їхні імплікації для України.

Західні дослідження фокусуються на технологічній і тактичній еволюції. Звіт Центру стратегічних і міжнародних досліджень (CSIS) за 2024 рік, підготовлений Сетом Г. Джонсом, підкреслює, що російські БАК, такі як “Ланцет-3”, використовують ШІ для координації атак і розвідки на глибину, що ускладнює їхнє перехоплення традиційними засобами РЕБ [16]. Дослідження зазначає вразливість цих дронів до лазерних систем, але наголошує на потребі в ППО з ШІ для ефективної протидії [16]. У сфері ППО звіт Королівського інституту об’єднаних збройних сил (RUSI) за 2024 рік, авторства Джастіна Бронка, аналізує системи, як-от ізраїльська Iron Dome, які застосовують ШІ для прогнозування траєкторій БАК і ракет [24]. Проте висока вартість таких систем обмежує їхнє використання в Україні.

Ракетне озброєння також зазнає трансформації. Стаття в Nature Reviews Physics (2024), підготовлена Ліндою Вейс, досліджує гіперзвукові ракети, такі як китайський DF-21D і російський “Циркон” (3М22 Циркон), які використовують ШІ для маневрування та уникнення ППО [18]. Автори прогнозують, що до 2030 року ШІ стане стандартом для стратегічних ракет, але вказують на етичні ризики автономності [18]. Звіт NATO Science and Technology Trends 2020–2040 підкреслює, що ШІ-базовані системи, включаючи рої дронів і ППО, формуватимуть майбутнє воєн, але потребують міжвідомчої координації для впровадження [6].

Українські дослідники пропонують локальний контекст. Монографія Тетяни Писаренко (2021) аналізує глобальні тренди в БАК і ШІ, рекомендуючи Україні адаптувати досвід НАТО для розвитку власних систем [26]. Вона зазначає, що платформа Brave1 має потенціал, але брак фінансування обмежує масштаби [26]. Сергій Мосов (2024) досліджує БАК в Україні, підкреслюючи їхню роль у розвідці, але вказує на вразливість до фізичних засобів і потребу в інноваційних підходах у застосуванні БАК [22].

Заслуговує уваги дослідження Вадима Сухаревського, Сергія Кірсанова, Олексія Чорномаз, Юзефа Добровольського “Еволюція спроможностей безпілотних систем у Збройних Силах України під час війни: історичний огляд і практичний досвід”, в якому автори досліджують український досвід ведення бойових дій, унікальність якого полягає в тому, що країна, перебуваючи в умовах війни з чисельною перевагою ворога, не лише адаптувала наявні технології, а й створила новий рід військ – Сили безпілотних систем. [26].

Ці дослідження підтверджують, що швидка еволюція озброєнь вимагає прогнозування не лише технологій, а й їхнього впливу на тактику та стратегію. Однак прогалини, як-от недооцінка організаційних бар'єрів в Україні, підкреслюють необхідність форсайт-підходів.

Методологічні основи форсайт-досліджень та їхня роль у оборонній політиці.

Розуміння технологічних трендів, окреслених вище, потребує чіткої методологічної основи для їхнього прогнозування. Форсайт-дослідження базуються на трьох ключових принципах: системність, ітеративність і міждисциплінарність. Системність передбачає аналіз взаємозв'язків між технологіями, політикою та економікою, наприклад, між ШІ в БАК і фінансовими обмеженнями України. Ітеративність забезпечує постійне оновлення прогнозів на основі нових даних, що є основоположним під час війни. Міждисциплінарність об'єднує експертів із безпеки, технологій і управління для розробки сценаріїв [11].

Методологічний арсенал форсайту включає сканування горизонту (виявлення “слабких сигналів” нових технологій), тренд-аналіз (оцінка динаміки, як-от зростання ШІ в ППО), сценарне планування (моделювання альтернативних майбутніх, наприклад, домінування роїв дронів) і Дельфі-метод (експертні опитування). Ці інструменти, як зазначає Ієн Майлз, дозволяють “структурувати невизначеність і формувати стратегії в умовах швидких змін” [11].

У формуванні оборонної стратегії форсайт відіграє подвійну роль.

По-перше, він забезпечує прогнозування технологічних загроз, дозволяючи Україні передбачити, наприклад, масове розгортання російських роїв дронів чи китайських гіперзвукових ракет.

По-друге, він сприяє координації міжвідомчих зусиль, створюючи платформу для співпраці МОУ, СБУ, Національної академії наук України, провідних авторитетних закладів вищої освіти, що є визначальним в умовах бюрократичних бар'єрів. Позитивний досвід Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” демонструє, що форсайт допомагає вибудовувати гнучкі стратегії для протидії асиметричним загрозам. Зокрема, у 2021 році Інститут передових оборонних технологій та інформаційно-аналітичний ситуаційний центр КПІ провели фундаментальне форсайт-дослідження, спрямоване на аналіз безпекових загроз для України до 2030 року. За допомогою методу Дельфі було визначено ключові кластери майбутнього ОПК, їхній внесок у національну безпеку та розроблено сценарії розвитку, які дозволять асиметричними засобами стримувати зовнішню агресію [23].

Технологічні загрози, пов'язані з еволюцією озброєнь.

Аналіз сучасних досліджень показав, що швидка еволюція БАК, ППО, ракетного озброєння та ШІ формує нові виклики для обороноздатності України. Ці виклики посилюються глобальною конкуренцією між РФ, Китаєм, США, Ізраїлем і НАТО, а також асиметричними загрозами, які виникають у космічному та кіберпросторі.

На основі відкритих джерел виокремимо п'ять ключових технологічних загроз, які потребують детального розгляду для розробки ефективних стратегій протидії.

1. Масштабування оптоволоконних БАК.

Оптоволоконні БАК, такі як російський “Князь Вандал Новгородський” (КВН), завдяки інтеграції ШІ та кабельного керування, значно посилили асиметрію на полі бою. Ці дрони невразливі до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), оскільки не залежать від радіосигналів, а їхня здатність координувати атаки на глибину до 15 км ускладнює захист ключових інфраструктурних вузлів України [34]. Оптоволоконні БАК мають низку переваг: стійкість до РЕБ, оскільки управління здійснюється через кабель, вони не піддаються глушінню радіосигналів; висока точність, оскільки забезпечують точне наведення на ціль навіть в складних умовах; здатність проникати у укриття, завдяки компактним розмірам і маневреності вони можуть вражати цілі всередині будівель або бліндажів.

Звіт Центру стратегічних і міжнародних досліджень (CSIS) за 2024 рік підкреслює, що ШІ дозволяє цим БАК обробляти дані в реальному часі, підвищуючи точність ударів по рухомих цілях, таких як бронетехніка чи артилерія. Однак вразливість до лазерних систем ППО вказує на потребу в гібридних контрзаходах, які Україна поки що не може масштабувати через фінансові обмеження.

Наразі технологічної протидії проти цих БАК немає, тож агресор активно використовують їх як ударні, так і розвідувальні безпілотики [34].

Масштабування таких БАК створює додаткові загрози через їхню адаптивність і низьку собівартість. Росія активно нарощує виробництво, використовуючи комерційні компоненти, що дозволяє швидко компенсувати втрати [27]. Для України це означає зростання числа атак на тиллові об'єкти, зокрема командні пункти та логістичні склади. Крім того, інтеграція оптоволоконних БАК у ширші системи розвідки та ураження, як-от російський комплекс «розвідка-вогонь», посилює їхню ефективність, оскільки вони можуть діяти в координації з іншими платформами, наприклад, супутниками чи наземними РЛС. Це вимагає від України інвестицій у ШІ-базовані системи раннього попередження та перехоплення, розроблення власних інноваційних інженерних рішень, співпраці з НАТО для доступу до високовартнісних технологій лазерної оборони.

2. Рої дронів із ШІ.

Технологія “рою дронів” базується на ШІ, який дозволяє безпілотику взаємодіяти між собою, планувати маршрути та ухвалювати рішення в реальному часі. Один оператор може керувати цілим роєм, визначаючи цілі та даючи дозвіл на їх ураження. Усі інші дії виконуються автономно, без необхідності постійного контролю. Це дозволяє значно підвищити ефективність бойових операцій та знизити ризики для особового складу [24].

Рої дронів, керовані ШІ, стають новим стандартом асиметричної війни, особливо в контексті російських і китайських розробок. Звіт NATO Science and Technology Trends 2020–2040 прогнозує, що до 2030 року рої дронів із роєвим інтелектом домінуватимуть у повітряних операціях, оскільки вони здатні координувати масові атаки без постійного зв'язку з оператором [6]. В Україні російські рої, такі як ZALA та “Ланцет”, уже використовуються для перевантаження ППО, атакуючи одночасно десятки цілей. Їхня здатність до автономного розподілу завдань ускладнює протидію, адже традиційні системи, як-от «Бук» чи «Стріла», не можуть ефективно відстежувати численні малорозмірні об'єкти.

Проблема посилюється через швидке вдосконалення російських технологій. Наприклад, волонтерські мережі в РФ адаптують комерційні дрони для військових потреб, що дозволяє швидко масштабувати рої. Для України це означає зростання втрат особового складу та техніки, оскільки рої можуть атакувати позиції на передовій і в тилу, використовуючи ШІ для маневрування і вибору пріоритетних цілей. Контрзаходи, такі як ШІ-базовані системи перехоплення чи дрони-перехоплювачі, розробляються в Україні (наприклад, через платформу Brave1), але їхнє розгортання гальмується браком ресурсів і координації [29]. Вбачається, що міжнародна співпраця, зокрема з Ізраїлем, який має досвід протидії роєм через Iron Dome, є необхідним для подолання цієї загрози.

3. Гіперзвукові ракети.

Гіперзвукові ракети – це сучасні високотехнологічні бойові системи, здатні рухатися зі швидкістю понад 5 махів (більше ніж п'ять разів швидше за звук) [28]. Росія офіційно заявила про наявність трьох типів гіперзвукових озброєнь, які вже прийняті на озброєння або проходять випробування. Це: “Кинжал” (Х-47М2) повітряного базування, запускається з винищувачів Міг-31К або Ту-22М3; гіперзвуковий планерний блок “Авангард”, який встановлюється на міжконтинентальну балістичну ракету; гіперзвукова крилата ракета морського базування, яка запускається з надводних кораблів та підводних човнів “Циркон” (3М22 Циркон) [17].

Гіперзвукові ракети, такі як російський “Циркон” (3М22 Циркон) і китайський DF-21D, завдяки ШІ для маневрування та швидкості до 10 Махів, створюють серйозну загрозу для життєво важливих об’єктів інфраструктури та ППО. Стаття в Nature Reviews Physics (2024) зазначає, що ШІ дозволяє цим ракетами адаптивно змінювати траєкторію, уникаючи перехоплення навіть сучасними системами, як-от американська Aegis [18]. Для України, яка залежить від західних ППО (Patriot, NASAMS), це означає ризик прориву оборони, оскільки гіперзвукові ракети можуть знищувати аеродроми, електростанції чи логістичні хаби за лічені хвилини. Росія вже застосовувала “Циркон” у 2024 році проти українських міст, демонструючи їхню здатність до точкових ударів [7].

Додатковий виклик полягає в інтеграції гіперзвукових ракет у ширші системи націлювання, зокрема космічні. Стаття у виданні Politico за травень 2025 року цитує генерала Б. Ченса Солтзмана, який попереджає, що китайська “мережа вбивства” (kill web) – мережа сотень супутників – забезпечує реальний час націлювання для таких ракет, що може бути адаптовано Росією [30]. Для України це створює потребу в розвитку космічної розвідки та контркосмічних засобів, наприклад, наземних лазерів чи кібератак на супутники. Однак обмежений доступ до таких технологій змушує покладатися на партнерів, як-от США, які розвивають системи протидії через Space Force, але не надають їх у повному обсязі через стратегічні обмеження [30].

4. Автономні ППО з ШІ.

Автономні ППО з ШІ, такі як ізраїльська Iron Dome чи американська Aegis, є ефективними проти БАК і ракет, але їхня висока вартість і складність обмежують доступність для України. Звіт RUSI за 2024 рік підкреслює, що ці системи використовують ШІ для прогнозування траєкторій і автоматичного розподілу ресурсів, що дозволяє відбивати масовані атаки, як-от рої дронів ХАМАС чи іранські ракети [31].

Проте для України, яка отримала лише обмежену кількість Patriot, розгортання таких систем ускладнене через потребу в інфраструктурі, навчанні операторів і постійному постачанні боєприпасів. Це посилює залежність від західної допомоги, яка часто затримується через політичні фактори.

Додатковим викликом є адаптація противником. Росія, як зазначає звіт CNAS за 2024 рік, тестує ШІ-базовані системи ППО, які можуть інтегруватися з її комплексами С-400, підвищуючи ефективність проти українських БАК, таких як Bayraktar TB2 [32]. Це створює загрозу для українських повітряних операцій, оскільки автономні ППО можуть швидше реагувати на дрони чи ракети, ніж людські оператори. Для протидії Україна потребує власних ШІ-систем ППО, які могли б конкурувати за швидкістю та точністю, а також інвестицій у дрони-перехоплювачі, які здатні обходити ворожі системи. Платформа Brave1 уже розробляє такі рішення, але їхнє масштабування залежить від фінансування та технологічного обміну з НАТО [29].

5. Космічні та кіберзагрози від РФ і Китаю.

Космічні технології, зокрема російські та китайські супутникові системи, створюють нові загрози через їхню роль у націлюванні та координації атак. Генерал Б. Ченс Солтзман на Politico Security Summit 2025 року зазначив, що китайська “мережа вбивства” – мережа сотень супутників – забезпечує реальний час оновлення даних для націлювання, що становить “найбільшу загрозу” для США та їхніх союзників [30]. Росія, зі свого боку, продемонструвала кінетичні можливості, знищивши супутник у 2021 році, що створило хмару уламків, а також розробляє ядерну зброю для орбітального розміщення, що може вивести з ладу цілі сузір’я супутників [30]. Для України, яка залежить від Starlink для зв’язку та розвідки, це створює ризик втрати космічної підтримки в час пікового бойового навантаження.

Кіберзагрози, пов’язані з космічними системами, посилюють проблему. Солтзман підкреслив, що росія здійснила кібератаку на Viasat в день вторгнення в Україну 2022 року, порушивши зв’язок, і продовжує використовувати методи перехоплення сигналів [30].

Ці атаки можуть бути спрямовані на українські системи управління БАК чи ППО, що знижує їхню ефективність. Протидія вимагає розвитку власних космічних і кібертехнологій, зокрема мікросупутників для розвідки та захищених каналів зв'язку. Однак Україна поки що не має ресурсів для створення таких систем, а західні партнери обмежують доступ до контрокосмічних технологій через стратегічні ризики. Форсайт-дослідження можуть допомогти передбачити ескалацію цих загроз і розробити асиметричні рішення, як-от кібероперації проти ворожих супутників.

б. Російські дрони-камікадзе з автономним ШІ та дальністю 100 км.

Нова загроза, що стрімко розвивається, – це російські дрони-камікадзе, які з початку 2025 року збільшили дальність до 100 км і використовують ШІ для автономного вибору та ураження цілей. За даними українських джерел, ці БАК, оснащені машинним зором, не залежать від супутникового зв'язку, що робить їх невразливими до РЕБ [33].

Вони здатні ідентифікувати цілі візуально, діючи без участі оператора навіть на етапі прийняття рішення про удар, що значно підвищує їхню летальність. Починаючи з дальності 30 км, Росія пізніше збільшила її до 80 км, а тепер до 100 км, що дозволяє атакувати тиллові об'єкти, як-от склади чи командні пункти, на значній відстані від фронту [33].

Ці дрони створюють серйозний виклик для української оборони через їхню автономність і адаптивність. Відсутність радіосигналів ускладнює їхнє виявлення традиційними РЛС, а машинний зір дозволяє обходити маскування чи обманні цілі. Для України це означає потребу в розробці ШІ-базованих систем перехоплення, які могли б передбачати поведінку таких дронів, а також у вдосконаленні лазерних і кінетичних засобів ППО.

Платформа Grave1 уже тестує дрони-перехоплювачі, але їхня ефективність проти автономних БАК залишається обмеженою через брак даних про російські алгоритми [29]. Міжнародна співпраця, зокрема з США чи Ізраїлем, які мають досвід боротьби з автономними дронами, є визначальною для швидкого реагування на цю загрозу.

Висновки

1. Аналіз технологічних загроз, пов'язаних із оптоволоконними БАК, засобами ППО, ракетним озброєнням, ШІ і космічними системами, засвідчив, що Україна перебуває в умовах асиметричного збройного протистояння, де швидкість інновацій і передбачення змін визначають виживання. Автономні дрони, що атакують на відстані 100 км, супутникові мережі для миттєвого націлювання та гіперзвукові ракети, які обходять традиційні системи захисту, вимагають не лише реактивних заходів, а й стратегічного прогнозування. Мета цього дослідження – розробити рекомендації для застосування форсайт-досліджень як основи оборонної стратегії – вказує на необхідність системного підходу, що інтегрує аналіз трендів, сценарне планування та міжвідомчу координацію. За результатами дослідження, ці інструменти здатні трансформувати обмежені ресурси України в ефективні відповіді у межах асиметричної стратегії.

2. Проведений аналіз окремих сучасних розробок у російській федерації, Китаї, США, Ізраїлі, країнах НАТО та Україні виявив, що технологічна перевага противників, зокрема в автономних системах і космічних мережах, створює розрив, який Україна не може подолати лише за рахунок імпорту озброєнь. Російські дрони-камікадзе, які використовують машинний зір для ударів без оператора, і китайські супутникові системи, що координують високоточні атаки, підкреслюють потребу в передбаченні не лише технологій, а й їхньої тактичної еволюції. Водночас передові системи протиповітряної оборони, як ізраїльська Iron Dome, залишаються недосяжними через високу вартість і складність інтеграції. Ці виклики ускладнюються організаційними бар'єрами: роз'єднаність між військовими, науковими та приватними інституціями гальмує інновації, попри потенціал таких платформ, як Grave1.

3. Форсайт-дослідження, які поєднують сканування горизонту, аналіз трендів і моделювання сценаріїв, є оптимальним інструментом для прогнозування розвитку озброєнь до 2030 року. Вони дозволяють ідентифікувати «слабкі сигнали» – ранні ознаки загроз, як-от рої дронів чи орбітальні ядерні системи, – і розробляти економічно обґрунтовані контрзаходи. Для України це означає створення спеціалізованого міжвідомчого центру форсайт-досліджень, який би об'єднав експертів із безпеки, кібернетики та технологій для розробки стратегій протидії.

Історичний досвід Агентства передових дослідницьких проєктів оборони США (DARPA), створеного в 1958 році після запуску радянського “Супутника”, ілюструє, як цілеспрямоване прогнозування може змінити баланс сил. Шок від “Супутника” змусив США усвідомити технологічне відставання, що спонукало до заснування DARPA як міждисциплінарної платформи. Завдяки форсайт-підходам, зокрема оцінці довгострокових трендів і залученню приватного сектору, DARPA розробило GPS, безпілотники та основи інтернету, які стали фундаментом сучасної війни. Конкретний урок для України – необхідність інституції, яка не лише реагує на кризи, а й проактивно формує технологічне майбутнє через міжвідомчу синергію та експериментальні проєкти, навіть за обмеженого фінансування.

4. Україна може адаптувати цей досвід, створивши центр на базі Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, який координуватиме прогнозування загроз і розробку таких рішень, як ШІ-системи для перехоплення дронів, інноваційні інженерні рішення чи компактні лазерні комплекси. Такий центр мав би працювати в тандемі з міжвідомчою платформою, що об'єднує Міністерство оборони, Службу безпеки, Національну академію наук, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” і приватних розробників. Така платформа могла б забезпечити швидкий обмін даними, тестування прототипів, долаючи бюрократичні бар'єри. Наприклад, розробка алгоритмів для передбачення поведінки роїв дронів чи мікросупутників в інтересах розвідки потребує інтеграції військового досвіду, наукових знань і технологій приватного сектору, що можливо лише за скоординованих зусиль.

Підсумовуючи можна зазначити, що форсайт-дослідження є не лише інструментом передбачення, а й може виступити тригером реформ у оборонній політиці. Створення центру прогнозування, міжвідомчої платформи та поглиблення співпраці з партнерами дозволять Україні компенсувати технологічну асиметрію та інтерпретувати кризові фактори як стимули для оновлення. Урок DARPA полягає в тому, що ефективна організація та проактивне бачення, а не лише ресурси, визначають успіх.

За переконанням авторів дослідження, навіть з обмеженим бюджетом Україна може досягти технологічного прориву, якщо спрямує зусилля на пріоритетні інновації та інвестує в проактивне бачення. Ці заходи підвищать рівень готовності держави до багатовимірних загроз та сприятимуть інтеграції України в глобальну систему безпеки.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Countering Advanced Drones and Hypersonic Missiles // Center for Strategic and International Studies. 2024. URL : <https://www.csis.org/analysis/countering-advanced-drones>

2. SIPRI Yearbook 2024: Armaments, Disarmament and International Security // Stockholm International Peace Research Institute. 2024. URL : <https://www.sipri.org/yearbook/2024>
3. China's Hypersonic Drones and AI Integration // Center for Strategic and International Studies. 2024. URL : <https://www.csis.org/analysis/chinas-hypersonic-drones-ai>
4. U.S. Missile Defense and Autonomous UAVs // U.S. Department of Defense. 2024. URL : <https://www.defense.gov/Spotlights/Missile-Defense-Review/>
5. Israel's AI-Powered Air Defense Systems. The Jerusalem Post. 2024. URL : <https://www.jpost.com/israel-news/defense-news/israel-ai-air-defense>
6. NATO Science and Technology Trends 2020–2040. NATO. 2020. URL : https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184688.htm
7. Міноборони у 2024 році допустило до експлуатації понад 330 зразків безпілотних систем // Міністерство оборони України. 2025. URL : <https://www.mil.gov.ua/news/2025/04/29/minoboroni-u-2024-roci-dopustilo-do-ekspluataczii-ponad-330-zrazkiv-bezpilotnih-sistem/>
8. Про Стратегію воєнної безпеки України: Указ Президента України № 121/2021 від 25.03.2021. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/1212021-37349>
9. Ukraine's Defense Industry: Challenges and Opportunities. Kyiv School of Economics. 2024. URL : <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/09/Defense-Industry-Report.pdf>
10. AI to Dominate Military Operations by 2030 // Defense News. 2024. URL : <https://www.defensenews.com/artificial-intelligence/2024/10/15/ai-military-operations-2030/>
11. The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice / ed. by L. Georghiou, J.C. Harper, M. Keenan, I. Miles, R. Popper. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008. URL : <https://www.elgaronline.com/view/book/9781781008768/9781781008768.xml>
12. Трансформація природи збройних конфліктів: еволюція систем озброєння та військової техніки В.Гурковський, В.Колесник, О.Бажора Глобальні інформаційні, психологічні та гібридні війни: загрози та протидії: кол. моногр. / Аулін О., Ауліна О., Бажора О. та ін.; за заг.ред. В.Бебика та Н.Мякушко. К.: Талком,2023. 260 с.115-134.
13. Foresight for Science, Technology and Innovation / ed. by I. Miles, O. Saritas, J. Sokolov. Springer, 2016. URL : <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-32574-3>
14. Ukraine's Technological Resilience in Wartime // RAND Corporation. 2024. URL : https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1234-1.html
15. Institute for the Study of War. Russia's Use of Fiber-Optic Drones in Ukraine. 2025. URL : <https://www.iswresearch.org/publications/russias-fiber-optic-drones>
16. Jones, S. G. (2024). Countering Advanced Drones and Hypersonic Missiles. Center for Strategic and International Studies. URL : <https://www.csis.org/analysis/countering-advanced-drones>
17. The Diplomat: Russias Avangard Hypersonic Glide vehicle. URL : <https://thediplomat.com/2020/01/russias-avangard-hypersonic-glide-vehicle-enters-into-service>
18. Hypersonic Weapons and AI: Ethical and Technical Challenges / L. Weiss et al. // Nature Reviews Physics. 2024. Vol. 6, No. 3. P. 123–130. URL : <https://www.nature.com/articles/s42254-023-00678-9>
19. Science and Technology Trends 2020–2040. NATO. 2020. URL : https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184688.htm
20. Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері: колективна монографія. за заг. ред. Т. В. Писаренко. Київ: УкрІНТЕІ, 2021. 110 с.
21. Актуальні проблеми забезпечення національної безпеки, оборони та розвідки: зарубіжний і вітчизняний досвід. Основи національної безпеки. Київ: Видавництво Ліра-К, 2022, 408 с.

22. Мосов С. П., Погорецький М. В., Салій С. М. (2024). Безпілотна авіація у військовій справі: кол. Монографія. за ред. С. П. Мосова. Київ: Інтерсервіс, 324 с.
23. Меморандум про співпрацю із Національною асоціацією підприємств оборонної промисловості України. URL : <https://kpi.ua/opk&>
24. Сафронов Т. В Україні представили технологію “рою дронів”. URL : <https://militaryni.com/uk/news/v-ukrayini-predstavly-technologiyu-royu-droniv>
25. Сирський О., Лебеденко А., Семененко О. Війна нового типу: український досвід і переосмислення філософії збройної боротьби Міжнародний науковий журнал “Military Science” Том 3 № 1 (2025). <https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.1.01>
26. Сухаревський В., Кірсанов С., Черномаз О., Добровольський Ю. Еволюція спроможностей безпілотних систем у Збройних Силах України під час війни: історичний огляд і практичний досвід, Міжнародний науковий журнал “Military Science” Том 3 № 1 (2025) <https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.1.8>
27. Bendett, S. (2024). Evolution Not Revolution. Center for a New American Security. URL: <https://www.cnas.org/publications/reports/evolution-not-revolution>
28. Гіперзвукова зброя. URL: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki?890>
29. Kushnerska N. (2025). Missiles, AI, and Drone Swarms: Ukraine’s 2025 Defense Tech Priorities. Atlantic Council. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/blorinenpgs/ukrainealert/missiles-ai-and-drone-swarms-ukraines-2025-defense-tech-priorities>
30. Skove S. (2025). US Space Chief Warns of Emerging Threats from China and Russia. POLITICO. URL : <https://www.politico.com/news/2025/05/15/space-chief-saltzman-china-russia-threats-00351616>
31. Bronk J. (2024). AI-Enabled Air Defence Systems: Challenges and Opportunities. Royal United Services Institute. URL : <https://rusi.org/explore-our-research/publications/ai-air-defence>
32. The Role of AI in Russia’s Confrontation with the West / S. Bendett // Center for a New American Security. 2024. URL : <https://www.cnas.org/publications/reports/the-role-of-ai-in-russias-confrontation-with-the-west>
33. NATO Armies Unprepared for Drone Wars, Ukraine Commander Warns / Reuters. 2025. URL : <https://www.reuters.com/world/europe/nato-armies-unprepared-drone-wars-ukraine-commander-warns-2025-03-05>
34. Дрони на оптоволокну – історія, технології та методи протидії. URL : <https://taifun.army/drony-na-optovoloknid/7>
35. Ракета за 2 мільйони доларів проти безпілотника за 2000 доларів: Пентагон стурбований вартістю атак хуситів. URL : <https://www.politico.com/news/2023/12/19/missile-drone-pentagon-houthi-attacks-iran-00132480>
36. British soldiers take out 100+ drones at once using invisible radio wave weapon. URL : <https://www.autoevolution.com/news/british-soldiers-take-out-100-drones-at-once-using-invisible-radio-wave-weapon-250138.html#>

References

1. *Analiz derzhavnykh polityk u sferi natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrayiny* [Analysis of state policies in the field of national security and defense of Ukraine]. (2024). Retrieved from : <https://rpr.org.ua/wp-content/uploads/2018/02/Analiz-polityky-NB-pravl-final.pdf>
2. Bendett, S. (2024). *Evolution not revolution*. Center for a New American Security. Retrieved from : <https://www.cnas.org/publications/reports/evolution-not-revolution>
3. Bendett, S. (2024). *The role of AI in Russia’s confrontation with the West*. Center for a New American Security. Retrieved from : <https://www.cnas.org/publications/reports/the-role-of-ai-in-russias-confrontation-with-the-west>

4. British soldiers take out 100+ drones at once using invisible radio wave weapon. (2025). *Autoevolution*. Retrieved from : <https://www.autoevolution.com/news/british-soldiers-take-out-100-drones-at-once-using-invisible-radio-wave-weapon-250138.html#>
5. Bronk, J. (2024). *AI-enabled air defence systems: Challenges and opportunities*. Royal United Services Institute. Retrieved from : <https://rusi.org/explore-our-research/publications/ai-air-defence>
6. *China's hypersonic drones and AI integration*. (2024). Center for Strategic and International Studies. Retrieved from : <https://www.csis.org/analysis/chinas-hypersonic-drones-ai>
7. *Countering advanced drones and hypersonic missiles*. (2024). Center for Strategic and International Studies. Retrieved from : <https://www.csis.org/analysis/countering-advanced-drones>
8. *Drony na optovolokni – istoriya, tekhnolohiyi ta metody protydyiyi* [Fiber optic drones - history, technology and countermeasures]. (n.d.). Retrieved from : <https://taifun.army/drony-na-optovoloknid/7>
9. *Hypersonic weapons*. (n.d.). Wikipedia. Retrieved from : <https://uk.m.wikipedia.org/wiki?890>
10. *Israel's AI-powered air defense systems*. (2024). The Jerusalem Post. Retrieved from : <https://www.jpost.com/israel-news/defense-news/israel-ai-air-defense>
11. Jones, S. G. (2024). *Countering advanced drones and hypersonic missiles*. Center for Strategic and International Studies. Retrieved from : <https://www.csis.org/analysis/countering-advanced-drones>
12. Koziej, S., & Brzozowski, A. (2024). 25 lat polskiej strategii bezpieczeństwa [25 years of Polish security strategy]. *Bezpieczeństwo Narodowe*, II, 11–40.
13. Kushnerska, N. (2025). *Missiles, AI, and drone swarms: Ukraine's 2025 defense tech priorities*. Atlantic Council. Retrieved from : <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/missiles-ai-and-drone-swarms-ukraines-2025-defense-tech-priorities>
14. *Memorandum pro spivpratsyu iz Natsional'noyu asotsiatsiyeyu pidpryyemstv oboronnoyi promyslovosti Ukrayiny* [Memorandum of cooperation with the National Association of Defense Industries of Ukraine]. (n.d.). Retrieved from : <https://kpi.ua/opk>
15. Miles, I., Saritas, O., & Sokolov, J. (Eds.). (2016). *Foresight for science, technology and innovation*. Springer. Retrieved from : <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-32574-3>
16. *Minoborony u 2024 rotsi dopustylo do ekspluatatsiyi ponad 330 zrazkiv bezpilotnykh system* [The Ministry of Defense in 2024 allowed more than 330 models of unmanned systems to be put into operation]. (2025). *Ministerstvo oborony Ukrayiny*. Retrieved from : <https://www.mil.gov.ua/news/2025/04/29/minoboroni-u-2024-roci-dopustilo-do-ekspluataczii-ponad-330-zrazkiv-bezpilotnih-sistem/>
17. Mosov S. P., Pohoretskyi M. V., & Salii S. M. (2024). *Bezpilotna aviatsiya u viys'koviy spravi* [Unmanned aviation in military affairs] (S. P. Mosov, Ed.). Interservis.
18. *NATO armies unprepared for drone wars, Ukraine commander warns*. (2025). Reuters. Retrieved from : <https://www.reuters.com/world/europe/nato-armies-unprepared-drone-wars-ukraine-commander-warns-2025-03-05>
19. *NATO science and technology trends 2020–2040*. (2020). NATO. Retrieved from : https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184688.htm
20. Pysarenko T. V. (Ed.). (2021). *Analiz svitovykh tekhnolohichnykh trendiv u viys'koviy sferi* [Analysis of global technological trends in the military sphere]. UkrINTEI.
21. *Raketa za 2 mil'yony dolariv proty bezpilotnyka za 2000 dolariv: Pentagon sturbovanny vartistyuu atak khusytiv* [A \$2 million missile versus a \$2,000 drone: The Pentagon is concerned about the cost of Houthi attacks]. (n.d.). Retrieved from :

- <https://www.politico.com/news/2023/12/19/missile-drone-pentagon-houthi-attacks-iran-00132480>
22. *Russia's use of fiber-optic drones in Ukraine*. (2025). Institute for the Study of War. Retrieved from : <https://www.iswresearch.org/publications/russias-fiber-optic-drones>
23. Safronov, T. (n.d.). *V Ukrayini predstavly tekhnolohiyu "royu droniv"* [The technology of "drone swarm" was presented in Ukraine]. Retrieved from : <https://militaryni.com/uk/news/v-ukrayini-predstavly-technologiyu-royu-droniv>
24. Skove, S. (2025). *US space chief warns of emerging threats from China and Russia*. POLITICO. Retrieved from : <https://www.politico.com/news/2025/05/15/space-chief-saltzman-china-russia-threats-00351616>
25. *SIPRI yearbook 2024: Armaments, disarmament and international security*. (2024). Stockholm International Peace Research Institute. Retrieved from : <https://www.sipri.org/yearbook/2024>
26. Syrskyi, O., Lebedenko, A., & Semenenko, O. (2025). *Viyina novoho typu: ukrayins'kyi dosvid i pereosmyslennya filosofiyi zbroynoyi borot'by* [War of a new type: Ukrainian experience and rethinking the philosophy of armed struggle]. *Mizhnarodnyy naukovyy zhurnal "Military Science"*, 3(1). <https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.1.01>
27. Sukharevskyi, V., Kirsanov, S., Chornomaz, O., & Dobrovolskyi, Yu. (2025). *Evoliutsiia spromozhnosti bezpilotnykh system u Zbroinykh Sylakh Ukrainy pid chas viiny: istorychnyi ohliad i praktychnyi dosvid* [Evolution of unmanned systems capabilities in the Armed Forces of Ukraine during the war: A historical overview and practical experience]. *Mizhnarodnyy naukovyy zhurnal "Military Science"*, 3(1). <https://doi.org/10.62524/msj.2025.3.1.8>
28. *The diplomat: Russia's Avangard hypersonic glide vehicle*. (n.d.). Retrieved from : <https://thediplomat.com/2020/01/russias-avangard-hypersonic-glide-vehicle-enters-into-service>
29. *The handbook of technology foresight: Concepts and practice* (L. Georghiou, J. C. Harper, M. Keenan, I. Miles, & R. Popper, Eds.). (2008). Edward Elgar Publishing. Retrieved from : <https://www.elgaronline.com/view/book/9781781008768/9781781008768.xml>
30. *Transformatsiya pryrody zbroynykh konfliktiv: evolyutsiya system ozbroynnya ta viys'kovoyi tekhniky* [Transformation of the nature of armed conflicts: evolution of weapons and military equipment]. (2023). In Aulin O., Aulina O., Bazhora O. et al., *Hlobal'ni informatsiyi, psykholohichni ta hibrydni viyny: zahrozy ta protydyi* [Global information, psychological and hybrid wars: Threats and counteractions] (pp. 115-134). Talkom.
31. *U.S. missile defense and autonomous UAVs*. (2024). U.S. Department of Defense. Retrieved from : <https://www.defense.gov/Spotlights/Missile-Defense-Review/>
32. *Ukraine's defense industry: Challenges and opportunities*. (2024). Kyiv School of Economics. Retrieved from : <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/09/Defense-Industry-Report.pdf>
33. *Ukraine's technological resilience in wartime*. (2024). RAND Corporation. Retrieved from : https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1234-1.html
34. Weiss, L., et al. (2024). *Hypersonic Weapons and AI: Ethical and Technical Challenges*. *Nature Reviews Physics*, 6(3), 123–130. Retrieved from : <https://www.nature.com/articles/s42254-023-00678-9>
35. *Aktyal'ni problemy zabezpechennya natsional'noyi bezpeky, oborony ta rozvidky: zarubizhnyy i vitchyznyanyy dosvid. Osnovy natsional'noyi bezpeky* [Actual problems of ensuring national security, defense and intelligence: foreign and domestic experience. Fundamentals of National Security]. (2022). Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K.
36. *AI to Dominate Military Operations by 2030*. (2024). Defense News. Retrieved from : <https://www.defensenews.com/artificial-intelligence/2024/10/15/ai-military-operations-2030/>