

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та
інформації»

Писаренко Т.В., Богомазова В.М., Кваша Т.К.

**ПЕРСПЕКТИВНІ СВІТОВІ НАУКОВІ ТА
ТЕХНОЛОГІЧНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ У
СФЕРІ «АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА І
КРИТИЧНІ КОМПЛЕКТУВАЛЬНІ ВИРОБИ ДО НЕЇ»**

Науково-аналітична записка

Київ – 2025

УДК 001.18; 002.513.5; 355/359 - 356.252.5

ISBN 978-966-479-177-6 (online)

Автори:

Писаренко Тетяна Василівна, заст. директора ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» з науково-аналітичної роботи, канд. техн. наук.

Богомазова Віра Михайлівна, пров. н. с. ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», канд. екон. наук.

Кваша Тетяна Костянтинівна, зав. відділу ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації».

Рекомендовано до друку вченою радою Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації МОН України (протокол № 10 від 30.12.2025 р.)

Рецензенти:

Мусіна Людмила Абдрахманівна, канд. екон. наук, пров. н. с. ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»

Шабранська Наталія Ігорівна, канд. екон. наук, с. н. с. ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»

Писаренко Т.В. Перспективні світові наукові та технологічні напрями досліджень у сфері «Авіаційно-космічна техніка і критичні комплектувальні вироби до неї» : науково-аналітична записка [Електронний ресурс] / Т.В. Писаренко, В.М. Богомазова, Т.К. Кваша. – Київ : УкрІНТЕІ, 2025. - 63 с.

Постановою Кабінету Міністрів України № 600 авіаційно-космічна техніка і критичні комплектувальні вироби до неї визначені однією із критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки. У даній роботі викладено результати наукометричного та патентного аналізів із визначення науково-технологічних трендів за означеним напрямом. Для цього проведено наукове дослідження щодо: 1) узагальнення прогнозів та результатів форсайт-досліджень провідних світових організацій – НАТО та Національної оборонно-промислової асоціації, Європейського оборонного агентства (EDA); 2) аналізу публікацій у міжнародній базі Web of Science, які не містять інформацію, що віднесена до державної таємниці; 3) патентного аналізу на основі міжнародної бази патентів Derwent Innovation, які не містять інформацію, що віднесена до державної таємниці.

Визначено, що глобальні тренди сучасного розвитку досліджуваної сфери, визначені на основі публікацій світових організацій, охоплюють такі інноваційні рішення: великі дані, інформаційно-комунікаційні технології, штучний інтелект, робототехніка та автономні системи, гіперзвукові технології, енергія та рух, електроніка та електромагнетика.

Пріоритетними науково-технологічними напрямками, визначеними на основі наукометричного і патентного аналізів, є: військові дрони; поверхні керування; парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки) та доставки вантажу на землю; автономні гіперзвукові апарати; мініатюризація, малі супутники; гібридно-електричні аеромоторні установки; використання роботизованих приманок; людино-машинна співпраця та спілкування; інтелектуальне управління польотом; інтелектуальна автономія; ройовоцентричні системи.

Результати дослідження можуть бути використані представниками органів державної влади, експертами, науковцями, інженерно-технічним персоналом, викладачами закладів вищої освіти.

ISBN 978-966-479-177-6 (online)

© МОН України, 2025

© УкрІНТЕІ, 2025

© Писаренко Т.В., Богомазова В.М., Кваша Т.К., 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВНІ ТРЕНДИ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ СФЕРИ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ»	5
1.1 НАТО та Національна оборонно-промислова асоціація США	5
1.2 Європейське оборонне агентство (EDA).....	20
1.3 Національна науково-технічна рада США	20
2. ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАУКОВИХ НАПРЯМІВ У СФЕРІ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ» НА ОСНОВІ WEB OF SCIENCE	23
2.1 Методологія.....	23
2.2 Аналіз публікаційної активності за тематикою «Військова авіація»..	23
3. ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ НАПРЯМІВ У СФЕРІ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ» НА ОСНОВІ ПАТЕНТНОЇ БАЗИ DERWENT INNOVATION	31
3.1 Методологія.....	31
3.2 Аналіз технологічних напрямів у сфері «Військова авіація»	32
4. СПІВСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОМЕТРИЧНОГО І ПАТЕНТНОГО АНАЛІЗУ У СФЕРІ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ».....	36
4.1 Методологія.....	36
4.2 Визначення пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів	37
ВИСНОВКИ.....	41
ДОДАТОК А.....	45
Таблиця 1 - Перелік напрямів та ключових слів для проведення аналізу сфери «Військова авіація».....	45
Таблиця 2 - Сфера інтересів розвитку автономних авіаційних систем НАТО	49
ДОДАТОК Б	50
Результати патентного аналізу із визначення перспективних технологій у сфері «Військова авіація».....	50

ВСТУП

Для забезпечення науково-технічного та виробничо-технологічного розвитку, технічного переоснащення та модернізації підприємств оборонно-промислового комплексу Кабінет Міністрів України затвердив Перелік критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки, до якого належить напрям «Авіаційно-космічна техніка і критичні комплектувальні вироби до неї»¹ (далі –військова авіація).

Важливим завданням для реалізації критичних технологій за даним напрямом є дослідження та визначення світових перспективних напрямів з метою їх можливого використання для технічного переоснащення та оновлення виробничої бази з урахуванням новітніх досягнень науково-технічного прогресу та підвищення технологічного рівня створення та виробництва літаків і критичних комплектувальних виробів та матеріалів для авіаційної техніки в оборонно-промисловому комплексі.

Для визначення науково-технологічних трендів за означеним напрямом проведено наукове дослідження щодо: 1) узагальнення прогнозів та результатів форсайт-досліджень провідних світових організацій – НАТО та Національної оборонно-промислової асоціації, Європейського оборонного агентства (EDA); 2) аналізу публікацій у міжнародній базі Web of Science, які не містять інформацію, що віднесена до державної таємниці; 3) патентного аналізу на основі міжнародної бази патентів Derwent Innovation, які не містять інформацію, що віднесена до державної таємниці.

Дослідження технологічних трендів здійснено як за типами літальних апаратів, так і за комплектувальними виробами для авіаційної техніки.

¹ Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 р. № 600 (в редакції розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 лютого 2022 р. № 223-р) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/600-2017-%D1%80#Text>

1. ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВНІ ТРЕНДИ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ СФЕРИ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ»

Дослідження глобальних технологічних трендів у сфері військової авіації ґрунтувалося на узагальненні сучасних інноваційних рішень з використанням результатів форсайт-досліджень провідних організацій (NATO, European Defence Agency², Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), Office of Naval Research (USA)), установ (Defence Science and Technology Organisation, Defence Science and Technology Laboratory (UK), Aerospace Industry Association³, National Security Technology Accelerator (NSTXL)⁴), дослідницьких інтернет-платформ (The Air and Space Power Centre⁵, Aitech⁶, The War Zone⁷), а також сучасних зарубіжних наукових статей з тематики військової авіації.

1.1 НАТО

Оборонна промисловість розвинених держав переживає сплеск нових технологій, які обіцяють розширити можливості та підвищити ефективність військової авіації. Від штучного інтелекту та машинного навчання до інноваційних матеріалів і нових методів виявлення літальних апаратів, ці досягнення мають вирішальне значення для підтримки конкурентної переваги⁸.

Звіт «Наука та технологія. Тренди 2023-2043» розроблено організацією з науки й технологій НАТО (STO) за підтримки оборонної науково-технічної спільноти Альянсу, Командування НАТО з питань трансформації (АСТ) та Агентства зв'язку та інформації НАТО (NCIA). Відповідно до нього науково-технологічні тенденції (2023-2043 рр.) надають контекст і основу для технологічної стратегії НАТО, розвитку можливостей Альянсу та науково-технічних програм НАТО. Цей звіт оновлює та розширює раніше опубліковані «Тendenції науки і технологій НАТО: 2020-2040», при цьому висновки з цього звіту витримали перевірку часом. Тим не менш, у широкому технологічному

² <https://eda.europa.eu/publications-and-data/defence-data>

³ https://www.aia-aerospace.org/resource-library/?_sft_publications_category=reports

⁴ <https://nstxl.org/emerging-technologies-in-defense-tech-fueled-by-otas/>

⁵ <https://airpower.airforce.gov.au/>

⁶ <https://aitechsystems.com/>

⁷ <https://www.twz.com/category/air-forces>

⁸ https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_133127.htm

та геостратегічному середовищі відбулися варті уваги події – війна в Україні, зміна клімату, нова Стратегічна концепція та криза в Південно-Східній Азії. Ці зміни, у свою чергу, спричинили відповідні науково-технічні розробки та підкреслили їхні наслідки для підприємств або військових операцій.

У звіті оцінюються науково-технічні тенденції (нові та революційні технології), які, за прогнозами, матимуть вплив на операції НАТО, розвиток потенціалу та основні функції протягом наступних 20 років, і досліджуються наслідки цих змін.

Тематика інновацій у сфері військової авіації охоплює такі інноваційні рішення:

1. *Великі дані, інформаційно-комунікаційні технології* (Big Data, Information and Communication Technologies);
2. *Штучний інтелект* (Artificial Intelligence);
3. *Робототехніка та автономні системи* (Robotics and Autonomous Systems (RAS));
4. *Гіперзвукові технології* (Hypersonics);
5. *Енергія та рух* (Energy and Propulsion);
6. *Електроніка та електромагнетика* (Electronics and Electromagnetics).

Великі дані (BD) у військовій авіації

Характеристика літальних апаратів має життєво важливе значення для військової авіації, оскільки вона може допомогти визначити, чи становить загрозу літак, який спостерігається, чи ні⁹. Різні методології машинного навчання можна використовувати для класифікації та ідентифікації військових літаків у програмах реального часу¹⁰.

Деякі показні приклади того, як BD може підтримувати військову авіацію, включали: 1) класифікацію польоту та визначення того, які маневри виконує військовий літак; 2) проведення прогнозного технічного обслуговування повітряних суден та сприяння фізичній перевірці. Нарешті, за допомогою BD щодо 1400 польотів аналітики даних без технічних знань щодо

⁹ Zhao, Y.; Wu, R.; Polk, A.; Xi, M.; Kendall, T. Big Data and Deep Learning Models for Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B). In Proceedings of the AAAI Fall Symposium on Reasoning and Learning in Real-World Systems for Long-Term Autonomy, Arlington, TX, USA, 18–20 October 2018; pp. 111–114.

¹⁰ Dästner, K.; Brunessaux, S.; Schmid, E.; zu Roseneckh-Köhler, B.v.H.; Opitz, F. Classification of Military Aircraft in Real-Time Radar Systems Based on Supervised Machine Learning with Labelled ADS-B Data. In Proceedings of the 2018 Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF), Bonn, Germany, 9–11 October 2018; pp. 1–6.

несправностей літаків могли передбачити несправності із задовільною точністю 70%.

Основні засади удосконалення систем управління працездатністю авіаційних двигунів як у винищувачах, так і у великих військово-транспортних літаках¹¹ за допомогою BD включають 1) покращене керування даними; 2) вдосконалене злиття різнорідної інформації; 3) точні методології прогнозування; 4) належна системна інтеграція.

P. Frantis представив архітектуру *підвищення безпеки повітряних сил*¹² на основі BD. Автор підкреслив, що може бути багато різних джерел даних, таких як файли бортових реєстраторів даних, військові системи планування польотів, логістичні інформаційні системи, цивільні системи планування польотів, повідомлення ADS-B, дані про погоду, військові канали передачі даних у реальному часі тощо. Запропонована архітектура складалася з трьох рівнів. Перший рівень включав усі джерела даних і взаємозв'язки з іншими системами. Другий рівень охоплював базу даних BD, головним завданням якої було оброблення даних. Третій рівень включав інтерфейс користувача та переводив результати пошуку у форму, зрозумілу користувачеві. Третій рівень включав також програму, яка дозволяла користувачеві ставити запитання та отримувати дані, а також оброблені пакетні файли сценаріїв, які вже були створені.

Що стосується конкретних технологій прогнозування, то аналітика BD, експертні системи, нечітка логіка, а також нейронні мережі, байєсовські мережі та приховані марковські моделі були деякими прикладами моделей, запропонованих для покращення завдань прогнозування (наприклад, діагностики несправностей, прогнозованого обслуговування). Нарешті, було відзначено важливість інтеграції системи управління із системою керування двигуном та іншими бортовими системами.

¹¹ Cai, J.; Liu, H.; Wang, Z.; Zhu, J. *Developments of EHM under the Conditions of Big Data Technology*; Atlantis Press: Amsterdam, The Netherlands, 2018; pp. 447–453.

¹² Frantis, P. Big Data in the Air Force—Process, Use and Understand for Safety. In *Proceedings of the 2014 IEEE/AIAA 33rd Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, Colorado Springs, CO, USA, 5–9 October 2014; pp. 8C2-1–8C2-6.

Важлива роль BD і у *симуляції військової кампанії* та у кращому прийнятті рішень в обороні¹³, а також у підвищенні безпеки пілотів ВПС¹⁴. Так звана модель дослідження операцій на Синтетичному театрі (STORM) включала повітряну та космічну війну серед інших типів війни (тобто наземної, морської, десантної). Симуляція великомасштабного повітряного нападу, дослідження бойових маневрів і випробування зброї, аналіз вимірювань датчиків, які виявляють літаки, стан критичних авіаційних ресурсів, визначення втрат літаків – це лише деякі приклади аспектів, охоплених інструментом моделювання.

Штучний інтелект (ШІ)

Штучний інтелект (ШІ) – це здатність машин виконувати завдання, які традиційно вимагають людського інтелекту, наприклад, розпізнавання закономірностей, прогнозування або моделювання – чи то в цифровому форматі, чи то як інтелектуальне програмне забезпечення. Існує дві технології ШІ, які є найбільш цікавими з точки зору оборони та безпеки, – це машинне навчання (МН) та глибоке навчання на основі нейронних мереж, як алгоритмічних, так і біологічних.

«ШІ зараз трансформує війну. Застосування ШІ змінює існуючі загрози, створює нові класи загроз і ще більше заохочує супротивників використовувати вразливості відкритого суспільства. Системи ШІ розширюють діапазон і охоплення супротивників [...] так само, як ракетна епоха і тероризм наближають загрози до дому. Завдяки ШІ супротивники можуть діяти з мікроточністю, але на макромасштабі та з більшою швидкістю. Вони використовуватимуть ШІ для посилення кібератак і кампаній цифрової дезінформації. ШІ також допомагає створювати точно розроблені біологічні агенти. А супротивники маніпулюють системами ШІ, на які ми покладатимемося»¹⁵.

¹³ Norman, R.; Bolin, J.; Powell, E.T.; Amin, S.; Nacker, J. Using Big Data Analytics to Create a Predictive Model for Joint Strike Fighter. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Seattle, WA, USA, 10–13 December 2018; pp. 3590–3596.

¹⁴ Morgan, B.L.; Schramm, H.C.; Smith, J.R.; Lucas, T.W.; McDonald, M.L.; Sánchez, P.J.; Sanchez, S.M.; Upton, S.C. Improving U.S. Navy Campaign Analyses with Big Data. *Interfaces* **2018**, *48*, 130–146.

¹⁵ Eric Schmidt et al. Final Report: National Security Commission on Artificial Intelligence (AI). National Security Commission on Artificial Intelligence, Mar. 5, 2021. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1124333>.

Однак проривні застосування ШІ та його роль як науково-технічного інструменту або каталізатора інших розробок стали важливим фактором основних подій в оборонній, інформаційній, біологічній науках та пов'язаних з ними технологіях.

НАТО вважає, що найбільший вплив ШІ матиме для просування таких технологій, як новітні матеріали, інновації в зондуванні та застосування автономії. Це дозволить силам НАТО реагувати на більш динамічні ситуації в різних оперативних сферах, досягати результатів будь-коли та будь-де, а також підтримувати ефективність перед обличчям протилежних технологічних систем. Технології ШІ особливо важливі у таких сферах:

- Зброя та ефекти: ШІ розглядається як потенційно корисний для планування траєкторії, уникнення зіткнень, роїння, вибору зброї, оцінки бойових пошкоджень та координації наслідків.
- Безпілотні літальні апарати (БПЛА): Сфери потенційного впливу ШІ - планування траєкторії, уникнення зіткнень/роїння, допомога оператору (наприклад, один оператор керує кількома БПЛА). Динамічне планування місій для автономних систем (наприклад, навігація, збір даних, характеристика навколишнього середовища та адаптивне зондування). Інтелектуальна автономія забезпечить такі можливості, як тривала автономність безпілотних підводних апаратів.
- ШІ може забезпечити повністю автономне знешкодження вибухонебезпечних боєприпасів у міських районах.

Справді проривний вплив матиме конвергенція технологій, зумовлена поєднанням проривних технологій і їх складних взаємозв'язків. Прогнозується, що наведені нижче синергії і взаємозалежності матимуть великий вплив на розвиток майбутніх військових сил і засобів:

- Великі дані – ШІ;
- Великі дані – ШІ – Нові матеріали;
- ШІ – МН удосконалюють наукові відкриття та аналітичне оброблення даних в оборонному секторі¹⁶. ШІ ідеально підходить для військових застосувань, оскільки він може вирішувати складні обчислювальні завдання.

¹⁶ How Artificial Intelligence is Changing the Future of Military Defense Strategies. <https://nstxl.org/how-artificial-intelligence-is-changing-the-future-of-military-defense-strategies/>

Він може легко запускати алгоритм під час надзвичайного тиску та стресу. Крім того, він може приймати рішення з набагато вищою швидкістю;

- III і зберігання енергії сприяють створенню все більш складних і надійних автономних систем;

- у найближчі 20 років очікується синергія гіперзвуку та III. Проте цей напрям все ще залишається в теоретичній сфері. Незважаючи на те, що деякі екземпляри Нурер-AI можуть призвести до слабких сигналів про майбутній поворот, синергія все ще далека від реальних тенденцій.

Робототехнічні та автономні системи - Robotic and Autonomous Systems (RAS)

Розвиток RAS в першу чергу обумовлюється експлуатаційними потребами, такими як висотна витривалість (HALE), підвищення рівня інтегрованого штучного інтелекту, швидкість прийняття рішень і система «людина-машина».

Автономія стала важливою сферою військового потенціалу та можливостей безпеки НАТО (табл. 1). Протягом наступних 20 років чотири основні сфери науково-дослідної діяльності вважаються проривними: 1) досконали RAS; 2) додатки RAS; 3) RAS «Людина-машина»; 4) контр-RAS¹⁷.

Таблиця 1 - Сфера інтересів НАТО у розвитку автономних авіаційних систем

ЗОНА РОЗВИТКУ	ВИКОРИСТАННЯ ТА ЕФЕКТИ
I Автономні системи <i>Autonomous Systems</i>	1. Автономні гіперзвукові апарати; <i>Autonomous hypersonic vehicles;</i> 2. Мікро- та міні-літаки, створені в біологічному стилі; <i>Bio-inspired micro and mini aerial vehicles;</i> 3. Мініатюризація, малі супутники; <i>Miniaturisation, small satellites (smallsats);</i> 4. Гібридно-електричні аеромоторні установки; <i>Hybrid-electric aero-propulsion systems;</i> 5. Легка технологія гіперспектрального зображення високої роздільної здатності для місій напівпостійного спостереження; <i>Light-weight high-resolution hyper-spectral imaging technology for semi-persistent surveillance missions;</i>

¹⁷ Ключові слова з цієї тематики: Autonomous Vehicles, Automated, U(A/U/CA/x)AV, Man-Machine Interface, Autonomy, Human-(in/out/on)-the-loop, Robotics and Autonomous Systems (RAS), Human-Machine Teaming, Autonomous Anti-Submarine Warfare (A-ASW), Autonomous Military System (AMS).

	6. Мініатюризація радіочастотного датчика; плазмоніка для зменшення розміру ІЧ-детектора; <i>RF sensor miniaturisation; plasmonics for decreasing IR detector size;</i> 7. Швидке 3D моделювання середовища; <i>Rapid 3D environment modelling;</i> 8. Використання роботизованих приманок; <i>Use of robotic decoys</i>
II Об'єднання людина-машина <i>Human-machine teaming</i>	1. Підвищення продуктивності людини; <i>Human performance enhancements;</i> 2. Людино-машинна співпраця та спілкування; <i>Human-machine collaboration and communication;</i>
III Контрзаходи <i>Counter-measures</i>	1. Планування місії зброї високої потужності радіочастот; <i>High power radio frequency (HPRF) weapons Mission Planning</i>
IV Автономна поведінка <i>Autonomous Behaviour</i>	1. Контроль; <i>Control;</i> 2. Ройовоцентричні системи; <i>Swarm centric systems;</i> 3. Інтелектуальна автономія (тобто все більш просунутий вбудований ІІІ); <i>Intelligent autonomy (i.e. increasingly advanced embedded AI)</i>

Джерело: ¹⁸

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) та безпілотні транспортні засоби (UxV)

БПЛА та UxV використовують штучний інтелект, області потенційного впливу якого на планування траєкторії, уникнення зіткнень/роювання, допомога оператора (наприклад, один оператор керує кількома UxV) мають суттєвий і позитивний вплив на успішність місій БПЛА та UxV. Динамічне планування місій для автономних систем включає навігацію, збір даних, характеристику середовища та адаптивне зондування.

БПЛА різних розмірів і ступенів автономності вже використовуються для спостереження, розвідки (ISR) і ударних місій, використовуючи тривалий час спостереження та гнучке позиціонування поблизу потенційних цілей. Довговічний тип БПЛА особливо важливий для спостереження, коли операції проводяться протягом днів.

БПЛА на сонячних батареях: Skydweller Aero винайшов літальний апарат на сонячних батареях, здатний забезпечувати постійну розвідку,

¹⁸ https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/3/pdf/stt23-vol2.pdf

спостереження (ISR) без потреби в акумуляторах, поєднуючи ефективність із значною дальністю дії.

Ройовоцентричні БПЛА: дослідження в цій галузі зосереджені на великих багатодомених, неоднорідних колаборативних автономних командах і людських інтерфейсах для контролю та взаємодії¹⁹. Наприклад, системи об'єднання повітряно-земляних транспортних засобів підтримують посилену співпрацю між наземними та повітряними підрозділами, забезпечуючи передову розвідку та постійне спостереження. Цьому сприятимуть адаптовані RAS, складна 4-D навігація, нові методи запуску та відновлення, а також багатодоменні операції. З іншого боку, бортові системи, що запускаються з повітря, здатні супроводжувати та вражати багато цілей²⁰.

Збільшення використання невеликих роїв безпілотних транспортних засобів (UxV) дає значні переваги для наступальних і оборонних операцій.

Очікується, що автономні системи призведуть до змін у:

1) *логістиці*: UxV транспортуватимуть пасажирів і вантажі на поле бою, особливо у відносно невеликих кількостях, які застосовуються в тактичних ситуаціях. Сучасного рівня технології може бути достатньо для створення дистанційно пілотованих або автономних UxV, здатних доставляти боєприпаси військам у польових умовах за чітко визначених обставин;

2) *структурі сил*: UxV та автономні роботи замінять людей на оперативних/тактичних роботах, які вважаються нудними, брудними, небезпечними або дорогими (наприклад, хімічна, біологічна, радіологічна та ядерна діяльність (CBRN), знешкодження вибухонебезпечних предметів (EOD), розвідка тощо). Збільшення використання автономних систем вимагатиме розвитку відповідних військових навичок, організаційних/силових структур і навчання;

3) *ефективності*: використання ШІ дозволить створити мережі наступного покоління, які бездоганно інтегрують різні техно-людські системи

¹⁹ DARPA. 2023 Department of Defense Fiscal Year (FY) 2023 Budget Estimates Justification Book. Defense-Wide Justification Book. Washington D.C.: Department of Defense, Apr. 2022, p. 270. URL: https://www.darpa.mil/attachments/U_RDTE_MJB_DARPA_PB_2023_APR_2022_FINAL.pdf.

²⁰ DARPA. 2023 Department of Defense Fiscal Year (FY) 2023 Budget Estimates Justification Book. Defense-Wide Justification Book. Washington D.C.: Department of Defense, Apr. 2022, p. 270. URL: https://www.darpa.mil/attachments/U_RDTE_MJB_DARPA_PB_2023_APR_2022_FINAL.pdf.

в об'єднані та цілеспрямовані можливості²¹, дозволяючи кожному солдату діяти як загін, кожному кораблю – як цільова група, і кожному літаку - як ескадрильї. Гнучке виробництво (наприклад, 3D/4D-друк із використанням змішаних матеріалів) дозволить створювати системи, адаптовані під конкретні бойові завдання;

4) *смертоносності*: велика кількість недорогих систем і покращене об'єднання людей і машин дасть змогу збирати постійну та достовірну інформацію про величезні географічні території з набагато більшою деталізацією, ніж будь-коли. Озброєний БПЛА забезпечить можливість ведення повітряного бою, не піддаючи пілота ризику. БПЛА може нести боєприпаси, або сам БПЛА може бути вбудований у літак, як крилата ракета повітряного базування. БПЛА можуть атакувати важливі морські або наземні цілі у військових операціях.

Останні досягнення в технології безпілотників включають підвищену автономність і штучний інтелект. Інтеграція ШІ та МН дозволяє дронам приймати рішення в режимі реального часу, орієнтуватися в складних середовищах і виконувати складні розвідувальні місії²².

Гіперзвукові технології (Hypersonic)

Advanced Hypersonic Weapons Systems (HWS) (ракети, транспортні засоби тощо) працюють на швидкості понад 5 Махів (6125 км/год). У такому режимі дисоціація повітря стає значною, а підвищення теплових навантажень становить надзвичайну загрозу для літака. Гіперзвукові фази польоту відбуваються під час повернення з космосу в атмосферу або під час рухового/тривалого атмосферного польоту за допомогою ракети або комбінованого циклу. Цей клас систем озброєння включає в себе ударні ракети повітряного базування (HCM), маневрові плануючі апарати, що повертаються в атмосферу (HGV), наземно-морські винищувачі кораблів і ударні літаки, що працюють у невидимому режимі. Системи такого характеру можуть покладатися насамперед на кінетичні ефекти або включати додаткові боєголовки (ядерні чи неядерні). Заходи протидії індивідуальним, залповим

²¹ Kris Osborn. Army Soldiers Will Control AI-enabled Robot Tanks. Warrior Maven. Mar. 13, 2020. URL: <https://defensemaven.io/warriormaven/land/army-soldiers-will-control-ai-enabled-robot-tanksrUoQ33J80EeRUd5n2SmQbw>

²² <https://www.linkedin.com/pulse/defense-sector-innovations-new-developments-military-aviation-iajpc/>

або зграям гіперзвукових систем є особливо складними через швидкість і маневреність гіперзвукових апаратів²³.

Розроблення гіперзвукових крейсерських літальних апаратів із стартом з повітря рухається вперед, і дослідження зосереджені на доступності, виробництві, аеродинаміці, аеротепловій системі та керованості. У той же час проводяться дослідження з дворежимними прямоточними двигунами (DMRJ), з турбінними двигунами з комбінованим циклом, які потенційно дають змогу перетворювати літаки у безпілотні літальні апарати.

Іноватори галузі, такі як Orion Space Solutions, досліджують методи виявлення гіперзвукових транспортних засобів за допомогою іоносфери як датчика і використання рухомих іоносферних збурень (TID) для відстеження цих швидко рухомих цілей.

Енергія та рух

Електрифікація літаків є одним з перспективних напрямів досліджень, де кілька комерційних постачальників продемонстрували значні прототипи та оголосили про майже готові до виробництва літаки²⁴. Такі проблеми з електрифікацією навіть більш значні, ніж ті, що стосуються сухопутних або

²³ US Air Force. Air Force Doctrine Publication (AFDP) 3-14 Counterspace Operations. Jan. 25, 2021. URL: https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP_3-14/3-14-D04-SPACE-SSA.pdf#:~:text=Space%20situational%20awareness%20%28SSA%29%20is%20foundational%20and%20fundamental,missions%2C%20leading%20to%20the%20desired%20control%20of%20space.

²⁴ Airbus. Electric flight | Airbus. Section: Innovation. July 1, 2021. URL: <https://www.airbus.com/en/innovation/zeroemission/electric-flight>

Caroline Delbert. The World's First All-Electric Jet Just Aced Its Maiden Flight. Oct. 3, 2022. URL: <https://www.popularmechanics.com/flight/a41453056/eviation-electric-aircraft/>

Lynne Myers I. designboom Lynne Myers. Rolls-Royce 'Spirit of Innovation' Is Officially the World's Fastest All-Electric Aircraft. designboom | architecture & design magazine. Mar. 10, 2022. URL: <https://www.designboom.com/technology/rolls-royce-spirit-of-innovation-worlds-fastest-all-electric-aircraft-03-10-2022/>

J. George Gorant. These Hybrid VTOLs Fly Faster and Farther Than Pure Electric Aircraft. Robb Report. Aug. 29, 2022. URL: <https://robbreport.com/motors/aviation/joby-s4-hybrid-vtols-1234743727/>

ICOA. E-HAPI Main Dashboard. Google Data Studio. 2022. URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/electric-aircraft.aspx>

Kurt Loft. "NASA Wants Its All-Electric Plane to Transform How We Fly". In: The Daily Beast (June 6, 2022). URL: <https://www.thedailybeast.com/nasas-x-57-all-electric-plane-set-to-take-off-and-launch-new-era-of-aviation>

John Lopez. Wisk's 6 Gen Autonomous Electric Aircraft Can Take off and Land Vertically, To Take the Skies Soon |Tech Times. Oct. 16, 2022. URL: <https://www.techtimes.com/articles/282073/20221016/wisks-6-gen-automouselectric-aircraft-take-land-vertically-skies.htm>

Manuel A. Rendon et al. "Aircraft Hybrid-Electric Propulsion: Development Trends, Challenges and Opportunities". In: Journal of Control, Automation and Electrical Systems 32.5 (Oct. 1, 2021), pp. 1244–1268. ISSN: 2195-3899. DOI:10.1007/s40313-021-00740-x. URL: <https://doi.org/10.1007/s40313-021-00740-x>

Ye Xie et al. "Review of hybrid electric powered aircraft, its conceptual design and energy management methodologies". In: Chinese Journal of Aeronautics 34.4 (Apr. 1, 2021), pp. 432–450. ISSN: 1000-9361. DOI: 10.1016/j.cja.2020.07.017. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1000936120303368>

морських суден. У короткостроковій перспективі найбільш перспективними є гібридно-електричні або турбоелектричні системи²⁵, а також повністю електричні турбогвинтові та водневі літаки²⁶ для коротких польотів²⁷.

Силова установка літака повинна поєднуватися з ефективними керуючими поверхнями та системами. Тривають дослідження щодо можливого революційного покращення продуктивності в польоті за допомогою Active Flow Control (AFC). Технології AFC "змінюють аеродинамічне поле потоку шляхом викиду або всмоктування рідини через отвір на підйомному тілі"²⁸

Приділяється увага розробці малих електричних двигунів для БПЛА та надлегких літаків²⁹, що передбачає впровадження повністю електричної концепції:

- все обертове технологічне обладнання повинно приводитися в дію електродвигунами;
- усунення пневматичних та гідравлічних систем живлення.

До тематики, що включають НДДКР цього напрямку, належить: 1) електростартери та генератори; 2) паливні та масляні насоси; 3) потужність і передача даних.

Ще один напрям досліджень – бездротова передача енергії. Завдяки останнім досягненням у бездротовій передачі енергії США мають можливості для нових конкурентних переваг в операціях об'єднаних сил. PowerLight

²⁵ Manuel A. Rendon et al. "Aircraft Hybrid-Electric Propulsion: Development Trends, Challenges and Opportunities". In: Journal of Control, Automation and Electrical Systems 32.5 (Oct. 1, 2021), pp. 1244–1268. ISSN: 2195-3899. DOI: [10.1007/s40313-021-00740-x](https://doi.org/10.1007/s40313-021-00740-x). URL: <https://doi.org/10.1007/s40313-021-00740-x>

Jennifer Chu. Concept for a hybrid-electric plane may reduce aviation's air pollution problem. MIT News | Massachusetts Institute of Technology. Jan. 14, 2021. URL: <https://news.mit.edu/2021/hybrid-electric-plane-pollution-0114>

Vivienne Machi. Vehicle makers court Europe's militaries with hybrid, electric rides. Defense News. Section: Europe. June 29, 2022. URL: <https://www.defensenews.com/global/europe/2022/06/25/vehicle-makers-court-europes-militaries-with-hybrid-electric-rides/>

Jon Ostrower. De Havilland and the Canadian pursuit of a hybrid-electric turboprop. The Air Current. Nov. 1, 2021. URL: <https://theaircurrent.com/technology/de-havilland-and-the-canadian-pursuit-of-a-hybrid-electric-turboprop/>

Marcus Weisgerber. Hybrid-Electric Troop Transports Are Moving Toward the Battlefield. Defense One. Oct. 14, 2022. URL: <https://www.defenseone.com/technology/2022/10/hybrid-electric-troop-transports-are-moving-towardbattlefield/378460/>

²⁶ Anmar Frangoul. Hydrogen planes, electric propulsion: Aviation is changing. June 15, 2021. URL: <https://www.cnn.com/2021/06/15/hydrogen-planes-electric-propulsion-aviation-is-changing.html>

²⁷ Tech Life. This New Hydrogen Powered-Plane SHOCKS American Scientists | Greentech News. Aug. 28, 2022. URL: <https://www.greentech-news.org/this-new-hydrogen-powered-plane-shocks-american-scientists/>

²⁸ DARPA. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2023 Budget Estimates. DARPA, May 2022, p. 254.

²⁹ <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/STO-MP-AVT-374/MP-AVT-374-08P.pdf>

Technologies продемонструвала технологію Space Power Beaming, яка використовує світло високої інтенсивності, що генерується лазерним «передавачем», для бездротової передачі енергії на велику відстань.

Електроніка та електромагнетика

Технологічний прогрес залежить від розробки нової електроніки та контролю електромагнітного (ЕМ) спектру.

Електронна війна (РЕБ) використовує електронні технології для виявлення, перехоплення, глушіння або введення в оману електронних комунікацій від сил противника. Метою РЕБ є порушення або погіршення здатності противника використовувати електронні системи, одночасно захищаючи свої системи від аналогічних загроз. Майбутні сценарії розгортання обов'язково вимагатимуть таких основних функцій, як операції розвідки, спостереження та рекогносцювання, відстеження, засоби електронної підтримки та електронні контрзаходи для РЕБ, а також мережецентричні операції, включаючи високошвидкісні канали передачі даних за межами лінії видимості.

Протягом наступних 20 років такі основні напрями науково-дослідної діяльності в цій галузі вважаються проривними: (1) Передова електроніка; (2) Антени; (3) Спектр; (4) Матеріали.

1) Передова електроніка та електромагнетика: значна частина цих досліджень стосується інформаційно-комунікаційних технологій, які використовуються в радіолокаційних системах та системах зв'язку. Протягом наступних 20 років ці дослідження будуть згруповані в три широкі категорії: *Матеріали, Архітектура та Дизайн*.

Матеріали: розробляються нові матеріали, що не містять кремнію і підтримують наступне покоління логічних мікросхем та мікросхем пам'яті – 2D-матеріали, GaA (арсенід галію), SiC (карбід кремнію) та GaN (нітрид галію) обіцяють зниження енергоспоживання, шуму, нагрівання та розміру. Досліджуються нові методи обчислень, засновані на нетрадиційних властивостях матеріалів, змішаних матеріалах (складних напівпровідниках) та кріогенних обчисленнях (що призводить до потенційного покращення споживання електроенергії або продуктивності на порядок).

Архітектура: переосмислення архітектур схем на рівні мікросхем та плат пропонує покращену продуктивність та зниження витрат за допомогою

кремнієвих транзисторів. Спеціалізовані схеми та ШІ/МН для автоматизації проектування надають додаткові можливості для покращення продуктивності та зменшення споживання тепла або енергії. Біоміметичні, нейроморфні та гіпервимірні обчислення є перспективними напрямками розвитку.

Дизайн: удосконалення дизайну мікросхем – це ще один спосіб покращення їх продуктивності. Значна частина роботи в цій галузі використовує ШІ/МН).

2) Антени: 4D-матриці та механічно маніпульовані конструкції антен є перспективними технологіями для покращення продуктивності та забезпечення бездротового зв'язку на великі відстані, включаючи підземний та підводний. Для оборонних застосувань представляють інтерес дослідження щодо нових конструкцій антен. Прикладами досліджень, що можуть представляти потенційний інтерес, є, зокрема:

*Повністю цифрові радіочастотні структури (FDRFS)*³⁰, що охоплюють широкий спектр досліджень – від антен оборонних радіолокаційних станцій, систем наведення та координації в надзвичайних ситуаціях, навігаційних супутників, засобів зв'язку, *систем живучості літаків*. Сучасні бездротові радіочастотні системи розвиваються завдяки цифровим технологіям, щоб покращити свої можливості під час роботи в умовах жорстких електромагнітних перешкод. Такі системи мають вирішальне значення для успіху місій, що залежать від зв'язку, всебічної інформації, що дозволяє створювати інноваційні та унікальні нові операційні можливості.

Бортові та наземні системи зв'язку (Airborne and ground-based systems for communication): покращена продуктивність, універсальність і гнучкість повністю цифрових радіочастотних систем забезпечують перевагу радіочастотного спектру та забезпечують безперервний зв'язок у реальному часі, ситуаційну обізнаність, ідентифікацію сигналу, електронний захист та напад.

Радіочастотний зв'язок також може координувати роботу окремих БПЛА, які складають рій.

³⁰ Bryan Paul, Alex R. Chiriyath, and Daniel W. Bliss. "Survey of RF Communications and Sensing Convergence Research". In: IEEE Access 5 (2017), pp. 252–270. ISSN: 2169-3536. DOI: 10.1109/ ACCESS.2016.2639038. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7782415>

Майже всі бездротові операції наземних, морських або повітряних сил можуть працювати як програмно-визначені рішення в поєднанні зі спільним використанням функцій антени (наприклад, електронного сканування), включаючи:

- високопродуктивні, надійні та безпечні зв'язки та канали передачі даних для задоволення тактичних польових комунікаційних потреб військових з охопленням усіх відповідних діапазонів частот;

- виявлення та спостереження в режимах «повітря-повітря» та «повітря-земля» або наземний пошук, включаючи відповідне супроводження цілей, розвідку та класифікацію цілей за допомогою роботи радара з синтезованою апертурою (SAR);

- заходи електронної підтримки (Electronic Support Measures – ESM) для швидкого виявлення, перехоплення, ідентифікації та відстеження джерел електромагнітної енергії і розпізнавання загроз, збору цільових і розвідувальних даних;

- електронний захист (Electronic Protection – EP) для захисту людських ресурсів, об'єктів і обладнання від наслідків електронного нападу ворожих сил, які можуть нейтралізувати або знищити бойові можливості;

- використання електромагнітної або спрямованої енергії для електронної атаки (EA) для нападу на електронну інфраструктуру сил противника з наміром погіршити або знищити його бойові можливості;

- інтегровану електронну підтримку місії (Integrated Electronic Mission Support – EMS), а також операції комунікаційної розвідки (communications intelligence – COMINT), включаючи різні типи взаємодії.

3) Спектр

Електромагнітний спектр та пов'язані з ним способи зв'язку знаходяться в центрі великих даних, забезпечуючи роботу сенсорів та комунікацій.

Військовий успіх на театрі військових дій часто залежить від здатності сил контролювати та використовувати електромагнітний спектр, одночасно забороняючи ворожим сторонам доступ до нього.

Для військових цілей використовуються електромагнітні приманки, які зможуть маскувати візуальні, теплові та радіолокаційні діапазони хвиль і будуть невід'ємною частиною комплексів оборонних засобів.

Кілька нових технологічних аспектів викликають особливий інтерес:

Адаптивний камуфляж: дослідження в цій галузі спрямовані на адаптацію оптичних та майже оптичних сигнатур, пов'язаних з транспортним засобом таким чином, щоб сигнатура була схожою на існуючий фон або оточення. Дослідження в цій галузі спрямовані на розробку технологій, які підтримуватимуть цю адаптивну поведінку незалежно або під контролем людини, будучи стійкими до змін інших фізичних або технічних параметрів. Ці дослідження включають розробку біонічних адаптивних камуфляжних матеріалів та фотоннокристалічних інфрачервоних матеріалів наступного покоління.

Адаптивне управління спектром: Когнітивні радіостанції або датчики використовують алгоритми ШІ/МН для адаптації до змінного електромагнітного середовища, включаючи глушіння. Застосування поширюються на радары, радіоелектронну боротьбу та зв'язок. Такі методи не є новими, але технологічні вдосконалення в усьому спектрі апаратного та програмного забезпечення, особливо із використанням ШІ/МН, дозволили використовувати все більш ефективні та досі недосяжні методи.

- *Матеріали:* Широкий спектр нових електричних та електромагнітних матеріалів дозволяє створювати технологічні рішення, такі як сонячні елементи, сенсори, фотопровідники, вуглецеві нанотрубки, термоелектричні матеріали та метаматеріали, водночас обіцяючи досягнення успіху щодо фотопровідності матеріалів, температуронечутливості, матеріалів для терагерцової інженерії, метаматеріалів, термоелектричних матеріалів, прозорих провідних оксидів та неорганічних перовскітних оксидів. Крім того, прориви в розробці напівпровідників з надширокозонною забороненою зоною (WBG), таких як SiC та GaN, справили величезний вплив на військовий сектор.

Напівпровідники з надширокозонною забороненою зоною (UWBG) для радіочастотної та силової електроніки наступного покоління мають потенціал для покращення щільності радіочастотної потужності у 3-10 разів порівняно з нітридом галію (GaN).

Електромагнітні метаповерхні (Electromagnetic metasurfaces – це тонкі двовимірні шари метаматеріалів, які дозволяють або перешкоджають поширенню електромагнітних хвиль у бажаних напрямках, тим самим уникаючи небажаного витоку енергії та підвищуючи загальну ефективність електромагнітних приладів та пристроїв. Основними перевагами

метаповерхонь порівняно з існуючими традиційними технологіями є їхня низька вартість, низький рівень поглинання порівняно з громіздкими метаматеріалами та легка інтеграція завдяки їх тонкому профілю. Завдяки цим перевагам вони є перспективними кандидатами на реальні рішення для наступного покоління передавачів та приймачів майбутніх високошвидкісних систем зв'язку, які потребують високоточних та ефективних антен, датчиків, активних компонентів, фільтрів та інтегрованих технологій³¹.

Ця технологія корисна також для носових радарів літаків-винищувачів, радарів із синтезованою апертурою високої роздільної здатності (SAR) і рухомих систем для невеликих транспортних засобів підвищеної прохідності.

Очікується, що електромагнітні метаповерхні забезпечать у короткостроковій перспективі (до 7 років) розробку 4-5 багат шарових ширококутових антен, конформних антенних решіток та електронно-сканованих решіток. У довгостроковій перспективі рішення електронно-сканованих решіток (AESA) на основі метаповерхонь з кількома керованими променями в різних напрямках з'являться через 8-20 років.

1.2 Національна науково-технічна рада США

Національною науково-технічною радою США запропоновано перелік революційних технологій США³² (табл. 3). Він включає критичні та перспективні технологічні сфери, які мають особливе значення для національної безпеки Сполучених Штатів. Наведений перелік покликаний інформувати про зусилля, які сприятимуть технологічному лідерству США, у т. ч. у співпраці з союзниками та партнерами для просування та підтримки спільних технологічних переваг.

Таблиця 3 – Перелік критичних перспективних областей за версією Національної науково-технічної Ради США у сфері військової авіації³³

Область (англ)	Область (укр)
----------------	---------------

³¹ Oscar Quevedo-Teruel et al. "Roadmap on metasurfaces". In: Journal of Optics 21.7 (July 1, 2019), p. 073002. ISSN: 2040-8978, 2040-8986. DOI: 10.1088/2040-8986/ab161d.

³² Eric Lander and Kei Koizumi. Critical and Emerging Technologies List Update. Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies of the National Science and Technology Council. Washington D.C.: National Science and Technology Council (NSTC), Feb. 2022, p. 11. URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>

³³ Eric Lander and Kei Koizumi. Critical and Emerging Technologies List Update. Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies of the National Science and Technology Council. Washington D.C.: National Science and Technology Council (NSTC), Feb. 2022, p. 11. URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>

Advanced Computing³⁴	Передові обчислення
Advanced Engineering Materials	Передові інженерні матеріали
Advanced Gas Turbine Engine Technologies • Aerospace development and production technologies • Full-authority digital engine control, hot-section manufacturing, and associated technologies	Передові технології газотурбінних двигунів • авіаційні розробки та технології виробництва • повноцінне цифрове керування двигуном, виробництво гарячої секції та відповідні технології
Advanced Manufacturing • Additive manufacturing • Clean, sustainable manufacturing • Smart manufacturing • Nanomanufacturing	Передове виробництво • Адитивне виробництво • Чисте, стійке виробництво
Advanced and Networked Sensing and Signature Management Sensor processing and data fusion Adaptive optics Remote sensing of the Earth	Розширене та мережеве керування датчиками та підписами Обробка датчиків і злиття даних Адаптивна оптика Дистанційне зондування Землі
Artificial Intelligence: Machine learning; Deep learning; Reinforcement learning; Sensory perception and recognition; Next-generation AI; Planning, reasoning, and decision making; Safe and secure AI	Штучний інтелект: Машинне навчання; Глибоке навчання; Навчання з підкріпленням; Сенсорне сприйняття та визнання; III наступного покоління; Планування, міркування та прийняття рішень; Безпечний і надійний III
Autonomous Systems and Robotics	Автономні системи та робототехніка
Communication and Networking Technologies: Radio-frequency (RF) and mixed-signal circuits, antennas, filters, and components; Hardware, firmware, and software	Комунікаційні та мережеві технології: Радіочастотні (РЧ) і схеми змішаних сигналів, антени, фільтри та компоненти; Апаратне забезпечення, вбудоване програмне забезпечення та програмне забезпечення
Directed Energy: Lasers ³⁵ , High-power microwaves, Particle beams laser weapon system	Спрямована енергія: Лазери; Системи лазерної зброї; Потужні мікрохвилі; Пучки частинок
Human-Machine Interfaces: Augmented reality; Virtual reality; Brain-computer interfaces; Humanmachine teaming ³⁶	Людино-машинні інтерфейси: Доповнена реальність; Віртуальна реальність; Інтерфейси «Мозок-комп'ютер»; Команда «Людина-машина»
Hypersonics: Propulsion; Aerodynamics and control; Materials; Detection, tracking, and characterisation defence	Гіперзвук: Рух; Аеродинаміка та керування; Матеріали; Виявлення, відстеження та визначення характеристик захисту
Quantum Information Technologies³⁷: Quantum computing; Materials, isotopes, and fabrication techniques	Квантові інформаційні технології: Квантові обчислення; Матеріали, ізотопи та технології виготовлення квантових

³⁴ <https://aitechsystems.com/mil-aero/>

³⁵ <https://www.twz.com/news-features/u-s-military-laser-weapon-programs-are-facing-a-reality-check>

³⁶ <https://airpower.airforce.gov.au/blog/future-combat-pilot-asleep-wheel>

³⁷ Krelina, M., 'Quantum Technology for Military Applications', EPJ Quantum Technology 8 December 2021. <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-021-00113-y>

for quantum devices; Post-quantum cryptography; Quantum sensing; Quantum networking	пристроїв; Постквантова криптографія; Квантовий сенсор; Квантова мережа
Renewable Energy Generation and Storage: Renewable generation; Renewable and sustainable fuels; Energy storage; Electric and hybrid engines ³⁸ ; Batteries; Grid integration technologies; Energy-efficiency technologies	Генерація та зберігання відновлюваної енергії: Відновлювана генерація; Відновлювані та стійкі види палива; Зберігання енергії; Електричні та гібридні двигуни; Батареї; Технології інтеграції в мережу; Енергоефективні технології
Semiconductors and Microelectronics ³⁹	Напівпровідники та мікроелектроніка

1.3 Європейське оборонне агентство (EDA)

EDA має структурований підхід до розвитку областей досліджень за допомогою технологічних областей можливостей (CapTechs) і Програми стратегічних досліджень (ORSA) (TBB)⁴⁰. Їх перелік наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Дослідницькі області в сфері військової авіації, розроблені EDA

Область (англ)	Область (укр)
Autonomous Air Vehicle Operation	Автономна робота повітряного транспортного засобу
Cooperative Air Vehicle Operation	Спільна експлуатація повітряного транспортного засобу
Detect, Sense and Avoid Systems	Системи виявлення, визначення й уникнення
System Diagnostics, Fault Prognostics, and Self Repair	Системна діагностика, прогнозування несправностей і самоусунення
Human-Machine-Interface and Cognitive Ergonomics	Інтерфейс «людина-машина» та когнітивна ергономіка
Propulsion, Power Generation and Distribution	Силова установка, генерація та розподіл енергії
Secure Command and Control Systems	Системи безпечного керування та контролю
Rotorcraft Next Generation High-Performance Vertical Lift	Високоєфективний вертикальний підйомник гвинтокрила наступного покоління
Fixed Wing	Фіксоване крило

Джерело: складено за ⁴¹

³⁸ <https://aerospaceamerica.aiaa.org/u-s-air-force-researchers-see-hybrid-electric-flight-as-most-promising/>

³⁹ <https://citylabs.net/military-semiconductor-applications/>

⁴⁰ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/14ddd93c-011c-11ef-a251-01aa75ed71a1/language-en>

⁴¹ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/14ddd93c-011c-11ef-a251-01aa75ed71a1/language-en>

2. ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАУКОВИХ НАПРЯМІВ У СФЕРІ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ» НА ОСНОВІ WEB OF SCIENCE

2.1 Методологія

Аналіз публікаційної активності в базі Web of Science за тематикою «Військова авіація» здійснювався шляхом проведення наступних етапів:

1. Для проведення аналізу використовувалася класифікація Єдиного класифікатора предметів постачання з розбивкою на відповідні напрями, а також тематика пріоритетних напрямів НАТО у сфері розвитку автономних авіаційних систем (Додаток А, табл. 1, табл. 2).

2. Аналіз кількості та динаміки публікацій за відповідним тематичним напрямом у базі Web of Science з метою встановлення темпів зростання публікацій та темпів зростання цитування.

3. Узагальнення результатів аналізу та формулювання висновків щодо пріоритетності та перспективності досліджуваних напрямів.

2.2 Аналіз публікаційної активності за тематикою «Військова авіація»

Для визначення пріоритетних наукових напрямів у сфері «Військова авіація» проведено аналіз публікаційної активності та темпів цитування кожного досліджуваного напрямку. Повні результати аналізу відображено в табл. 4.

Темпи публікаційної активності більші за 100 % у 2024 р. порівняно з 2020 р. наявні за 33 аналізованими напрямами: трьома – за видами літальних апаратів (літаки з незмінною геометрією крила, апарати літальні безпілотні, гвинтокрилі літальні апарати), тридцятьма – за комплектувальними виробами авіаційної техніки та за всіма чотирнадцятьма напрямами із пріоритетів НАТО. Найвищі індекси публікаційної активності (більші за 200%) мають напрями:

- 12.3 компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву;
- 5.4 пілони; тримери;
- 11.1 гідравлічні та пневматичні акумулятори, насоси, двигуни, силові циліндри та фільтри;

- інтелектуальна автономія (тобто все більш досконалий вбудований ШІ) (із пріоритетів НАТО).

Темпи цитованості публікацій у 2024 р. порівняно з 2020 р., більші за 1000%, мають практично всі досліджувані напрями, за виключенням:

- 14.1 механізми та пристрої реверсивного керування;
- 14.2 бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу; квадранти (сектори), що встановлюються у кабіні;
- 17.5 аеродромні причеми для перевезення бомб;
- використання роботизованих приманок (із пріоритетів НАТО).

Найвищі темпи цитованості (більші за 3000%) притаманні для напрямів:

- 5.4 пілони; тримери;
- 12.1 обладнання системи наддуву кабін; балони та бачки; блоки циліндрів; дихальні маски; бортова киснева система; спеціальні авіаційні клапани;
- 14.4 вентилятори;
- 14.8 складові частини системи дозаправки в повітрі, в тому числі складові частини паливної системи;
- 5.1 поверхні керування;
- 12.2 регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів;
- 12.3 компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву;
- 13 парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату;
- 14.3 механічні та електромеханічні силові приводи; перепускні патрубки;
- 14.5 пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;
- 14.6 ремені безпеки; кріплення для фіксації нош;
- 14.9 механічні трансмісії, коробки перемикачів швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів;

- 16.2 Засоби наземного обслуговування літальних апаратів;
- 7.1 спеціальні аеродромні автомобілі та причеми, призначені переважно для транспортування агрегатів та вузлів літальних апаратів;
- 17.4 полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів;
- Гібридно-електричні аеромоторні установки (із пріоритетів НАТО);
- Інтелектуальне управління польотом (із пріоритетів НАТО);
- Ройовоцентричні системи (із пріоритетів НАТО);
- Інтелектуальна автономія (тобто все більш досконалий вбудований ШІ) (із пріоритетів НАТО).

Співпадання високих індексів публікаційної активності і цитування наявне для п'ятих напрямів, що відносить їх до *пріоритетних напрямів* наукових досліджень:

- 5.4 пілони; тримери;
- 12.3 компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву;
- 13. Парашути; авіаційні бортові системи завантаження та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату;
- 14.9 механічні трансмісії, коробки перемикачів швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів;
- 17.4 полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів.

У сфері *пріоритетів НАТО* до пріоритетних напрямів можна віднести:

- Інтелектуальна автономія (досконалий вбудований ШІ).

Спадну динаміку публікацій продемонстрували наступні напрями:

- Планери (темпи зростання публікацій становили 92,2%);
- Гвинти вертольотів, механізми їх приводу та складові частини (96,1%);
- Датчики автомата гальмування колеса опори шасі; клапани гідравлічної або пневматичної системи гальмування коліс;

складові частини системи гальмування несучого гвинта вертольоту (61,9%);

- Обладнання для забезпечення посадки літальних апаратів (84,5%);
- Катапульти (96,3%);
- Засоби наземного обслуговування літальних апаратів (93,2%);
- Причепи для форсажних камер, двигунів, гвинтів, фюзеляжів та крил (83,1%).

Невисокі індекси цитованості спостерігалися за напрямками:

- механізми та пристрої реверсивного керування);
- бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу; квадранти (сектори), що встановлюються у кабіні;
- аеродромні причепи для перевезення бомб;
- використання роботизованих приманок (із пріоритетів НАТО).

Таким чином ці наукові напрями не можна вважати пріоритетними і перспективними.

Усі інші досліджувані напрями (табл. 4) відносяться до перспективних напрямів наукових досліджень, серед яких:

1. Літаки з незмінною геометрією крила
2. Гвинтокрилі літальні апарати
4. Апарати літальні безпілотні, а саме - військові дрони
9. Колеса літальних апаратів та їх гальмові системи, а саме - лижі; поплавки; гусениці.

11. Частини складових гідравлічних і вакуумних систем, а також систем протиобледеніння, а саме - кожухи для захисту від обледеніння; рідинні насоси систем протиобледеніння.

14. Обладнання літальних апаратів та складові частини, а саме:

14.3 Механічні та електромеханічні силові приводи; перепускні патрубки;

14.5 Пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;

14.6 Ремні безпеки; кріплення для фіксації нош;

17. Аеродромні автомобілі та причепи.

Таблиця 4 - Аналіз публікаційної активності та цитувань публікацій за тематикою «Військова авіація»*

Напрями	Всього публікацій, од.	Кількість публікацій, од.		Індекс публікаційної активності, 2024 до 2020, %	Кількість цитувань, од.					Індекс цитувань, 2024 до 2020, %
		2020	2024		2020	2021	2022	2023	2024	
1. Літаки з незмінною геометрією крила	11860	1986	2422	122	284	1447	3038	4403	6466	2276,8
2. Гвинтокрилі літальні апарати	15662	3108	3203	103,1	3992	17704	31323	35140	42143	1055,7
3. Планери	5243	1075	991	92,2	683	2431	5314	9507	13707	2006,9
4. Апарати літальні безпілотні	23175	3569	3874	108,5	2596	8790	16516	22331	29686	1143,5
5 Частини складові корпусів літальних апаратів										
5.1 поверхні керування	484	82	101	123,2	24	216	426	695	878	3658,3
5.2 внутрішні та зовнішні додаткові паливні баки	963	162	217	134	92	536	1118	1644	2185	2375
5.3 вихлопні пристрої	1000	187	195	104,3	82	606	1307	1909	2446	2982,9
5.4 пілони; тримери	610	50	130	260	10	90	310	410	730	7300
6. Гвинти літаків та їх складові частини	5175	864	1142	132,2	692	3104	6399	8860	13136	1898,3
7. Гвинти вертольотів, механізми їх приводу та складові частини	20085	3179	3054	96,1	3253	10866	20598	27786	39652	1218,9
8 Частини складові шасі літальних апаратів										
8.1 амортизаційні опори шасі та їх складові частини	6420	900	1360	151,1	650	2151	3988	6036	9263	1425,1
8.2 такі елементи кріплення, як торсійні штанги, тяги, діагональні підкоси, цапфи шасі, вісі, демпфери шиммі;	2327	409	436	106,6	135	664	1059	1341	1942	1438,5
8.3 спеціальні складові частини системи кермового керування з гідропідсиленням.	4386	619	772	124,7	139	463	984	1365	1830	1316,5
9. Колеса літальних апаратів та їх гальмові системи										
9.1 лижі; поплавки; гусениці	15244	2205	2646	120	945	5792	10441	13649	17714	1874
9.2 датчики автомата гальмування колеса опори шасі; клапани гідравлічної або пневматичної системи гальмування коліс; складові частини системи гальмування несучого гвинта вертольоту	9912	1974	1221	61,9	2292	7536	14014	19145	23439	1022,6

10. Вироби тросових систем керування літальних апаратів	1544	253	274	108,3	76	334	510	708	1073	1411,8
11. Частини складові гідравлічних і вакуумних систем, а також систем протиобледеніння										
11.1 гідравлічні та пневматичні акумулятори, насоси, двигуни, силові циліндри та фільтри;	1069	86	202	234,9	26	81	258	425	646	2484,6
11.2 кожухи для захисту від обледеніння; рідинні насоси систем протиобледеніння,	13404	1924	2388	124,1	613	2026	3724	5172	7006	1142,9
11.3 маслоочисники вакуумної системи; пневматичне обладнання системи наддуву, крім обладнання систем наддуву кабін та відсіків	560	95	105	110,5	23	76	219	335	467	2030,4
12. Обладнання систем кондиціонування, обігріву та повітряного наддуву літальних апаратів										
12.1 обладнання системи наддуву кабін; балони та бачки; блоки циліндрів; дихальні маски; бортова киснева система; спеціальні авіаційні клапани;	2179	280	511	182,5	17	515	776	865	1061	6241,2
12.2 регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбоохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів;	2814	436	734	168,3	36	363	646	953	1311	3641,7
12.3 компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву.	81	5	23	460	36	363	646	953	1311	3641,7
13. Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату	8165	1574	1762	111,9	686	8417	14091	19658	25663	3741
14. Обладнання літальних апаратів та складові частини										
14.1 механізми та пристрої реверсивного керування);	6148	736	1192	162	190	502	881	1272	1810	952,6
14.2 бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу; квадранти (сектори), що встановлюються у кабіні;	277	43	51	118,6	11	26	46	69	73	663,6
14.3 механічні та електромеханічні силові приводи; перепускні патрубки;	35190	5168	6254	121	1772	10609	21974	34266	61206	3454,1
14.4 вентилятори;	59	6	8	133,3	1	5	16	27	54	5400
14.5 пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;	24506	3169	4448	140,4	1112	13769	22087	28227	36112	3247,5
14.6 ремені безпеки; кріплення для фіксації нош;	25662	3127	4947	158,2	526	6008	9859	13892	19157	3642
14.7 електричні склоочисники; бортові генератори інертних газів; бортова фурнітура; бортові лебідки і блоки; тримачі для карт;	1598	205	266	129,8	9	50	101	95	112	1244,4

шторки; регулятори натягу тросів; сонцезахисні козирки; дзеркала заднього огляду;										
14.8 складові частини системи дозаправки в повітрі, в тому числі складові частини паливної системи;	4224	524	830	158,4	137	1743	326	4714	7263	5301,5
14.9 механічні трансмісії, коробки перемикачів швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів	7654	1253	1587	126,7	563	3175	7576	12214	18991	3373,2
15. Обладнання для забезпечення посадки літальних апаратів.	3524	743	628	84,5	646	2102	4454	648	8852	1370,3
16. Обладнання для забезпечення зльоту літальних апаратів										
16.1 Катапульти.	142	27	26	96,3	1	11	14	23	17	1700
16.2 Засоби наземного обслуговування літальних апаратів	294	59	55	93,2	16	115	296	397	508	3175
17. Аеродромні автомобілі та причеи, спеціальні										
17.1 спеціальні аеродромні автомобілі та причеи, призначені переважно для транспортування агрегатів та вузлів літальних апаратів;	773	114	184	161,4	13	88	231	345	475	3653,8
17.2 причеи для форсажних камер, двигунів, гвинтів, фюзеляжів та крил;	3363	715	594	83,1	321	1692	3422	4807	6831	2128
17.3 вантажні автомобілі для перевезення фюзеляжів та крил літака; вантажні автомобілі для евакуації літаків, що зазнали аварії.	16980	3156	3481	110,3	234	1296	2664	3784	5307	2267,9
17.4 полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів;	37186	5373	7700	143,3	918	5188	12211	18829	28617	3117,3
17.5 аеродромні причеи для перевезення бомб;	4954	991	1017	102,6	132	436	707	943	1050	795,5
Сфера пріоритетів НАТО										
1. Автономні гіперзвукові апарати;	14218	2460	3041	123,6	1445	7414	15648	22909	31991	2213,9
2. Мікро- та міні-літаки, створені в біологічному стилі;	4334	657	858	130,6	302	1420	2811	3860	5578	1847
3. Мініатюризація, малі супутники (smallsats);	23599	3743	4781	127,7	1211	6470	13053	18236	25425	2099,5
4. Гібридно-електричні аеромоторні установки	2795	414	611	147,6	83	485	1225	1847	2530	3048,2
5. Легка технологія гіперспектрального зображення високої роздільної здатності для місій напівпостійного спостереження	3338	550	637	115,8	256	1397	2517	3356	4522	1766,4
6. Мініатюризація радіочастотного датчика; плазмоніка для зменшення розміру ІЧ-детектора	1186	202	279	138,1	81	374	877	1328	1970	2432,1
7. Швидке 3D моделювання середовища	597	98	166	169,4	64	250	598	917	1452	2268,8
8. Використання роботизованих приманок	141	28	28	100	9	9	23	26	66	733,3

9. підвищення продуктивності людини	112	24	27	112,5	17	90	133	184	267	1570,6
10. Людино-машинна співпраця та спілкування	460	67	108	161,2	10	56	133	197	283	2830
11.Планування місії зброї високої потужності радіочастот (HPRF).	333	50	73	146	21	74	254	387	563	2681
12.Інтелектуальне управління польотом	1242	173	317	183,2	43	186	509	917	1548	3600
13. Ройовоцентричні системи;	2454	321	622	193,8	97	569	1526	2294	3151	3248,5
14. Інтелектуальна автономія (тобто все більш досконалий вбудований ІІІ)	4909	568	1197	210,7	197	1177	2988	4654	7454	3783,8

*зелена заливка – пріоритетний напрям;

без заливки – перспективний напрям;

блакитна заливка – неперспективний напрям.

Джерело: Web of Science

3. ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ НАПРЯМІВ У СФЕРІ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ» НА ОСНОВІ ПАТЕНТНОЇ БАЗИ DERWENT INNOVATION

3.1 Методологія

Для визначення перспективних напрямів здійснюється патентний аналіз високозростаючих технологічних трендів у сфері «Військова авіація» за допомогою світової бази даних патентів Derwent Innovation. Дослідження технологічних трендів кожної із складових цих напрямів передбачає наступну процедуру:

1. Розбивка відповідного напрямку у сфері «Військова авіація» на піднапрями, яка наведена у Єдиному класифікаторі предметів постачання та переліку пріоритетних сфер НАТО (Додаток А).

2. Дослідження патентної активності технології – динаміки кількості опублікованих патентів. У випадку спадаючої динаміки патентування робиться висновок про те, що напрям не можна вважати перспективним і пріоритетним.

3. Аналіз регіонального розрізу опублікованих патентів, визначення місця України за відповідною тематикою.

4. Аналіз провідних світових патентоволодільців (п'ять-сім найбільших).

5. Визначення найбільш зростаючих технологій за МПК шляхом оцінки за роками (2020–2024 рр.) 50-ти десятизначних кодів МПК (напр. B64F000560).

6. Співставлення знайдених найбільш зростаючих кодів патентів з визначеними зростаючими кодами МПК у провідних патентоволодільців.

7. Знаходження визначених (що мають високі темпи росту і співпадають з кодами провідних патентоволодільців) перспективних технологій (за десятизначними кодами МПК) на карті патентного ландшафту.

8. Формування висновку про пріоритетність та перспективність даного напрямку:

- якщо коди знаходяться на зелених і голубих ділянках карти – висновок про пріоритетність даного напрямку;

- якщо коди знаходяться на коричневих ділянках карти – висновок про перспективність даного напрямку.

3.2 Аналіз технологічних напрямів у сфері «Військова авіація»

Результати патентного аналізу із визначення перспективних технологій у сфері «Військова авіація» наведено у Додатку Б.

Країнами - найбільшими патентоволодільцями у сфері «Військова авіація» є Китай та США.

Провідними компаніями-патентоволодільцями у сфері «Військова авіація» є:

- Boeing Co (США);
- Safran Aircraft Engines (Франція);
- Gen Electric (США);
- SZ DJI Technology Co Ltd (Китай);
- United Technologies Corp (США);
- Gree Electric Appliances Inc Zhuhai (Китай);
- Honda Motor CO LTD (Японія);
- BAE System PLC (Велика Британія).

Дослідження світової патентної активності у розрізі кожного технологічного напрямку на основі бази Derwent Innovation за відповідними кодами МПК, з урахуванням динаміки патентування провідних компаній світу та їх розміщенням на патентній карті дало можливість виявити перспективні та пріоритетні напрями у сфері «Військова авіація».

Так, **пріоритетними** напрямами за темпами активності є наступні:

Літальні апарати:

4.1 Військові дрони

Комплектувальні вироби:

5.1 Поверхні керування;

9.1 Лижі; поплавки; гусениці;

11.3 Маслоочисники вакуумної системи; пневматичне обладнання системи наддуву, крім обладнання систем наддуву кабін та відсіків;

12.2 Регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів;

13. Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату;

14.5 Пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;

14.7 Електричні склоочисники; бортові генератори інертних газів; бортова фурнітура; бортові лебідки і блоки; тримачі для карт; шторки; регулятори натягу тросів; сонцезахисні козирки; дзеркала заднього огляду.

Крім цього, серед *пріоритетних напрямів за сферою інтересів НАТО* за тематикою «Військова авіація» можна виділити наступні:

1. Автономні гіперзвукові апарати;
8. Використання роботизованих приманок;
10. Людино-машинна співпраця та спілкування;
12. Інтелектуальне управління польотом;
13. Ройовоцентричні системи.

Уі інші розглянуті напрями сфери «Військова авіація» можуть бути віднесені до *перспективних* напрямів. Вони включають перспективні технології за кодами МПК, які мають високі темпи зростання, але ринки патентування є вже насиченими (патенти знаходяться на коричневих і сірих ділянках карти):

Літальні апарати;

планери;

апарати літальні безпілотні.

Комплектувальні вироби:

вихлопні пристрої;

пілони; тримери;

гвинти літаків;

гвинти вертольотів, механізми їх приводу та складові частини;

амортизаційні опори шасі та їх складові частини;

елементи кріплення: торсійні штанги, тяги, діагональні підкоси, цапфи шасі, вісі, демпфери шиммі;

спеціальні складові частини системи кермового керування з гідропідсиленням;

датчики автомата гальмування колеса опори шасі; клапани гідравлічної або пневматичної системи гальмування коліс; складові частини системи гальмування несучого гвинта вертольоту;

кожухи для захисту від обледеніння; рідинні насоси систем протиобледеніння;

бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу;
квадранти (сектори), що встановлюються у кабіні;

вентилятори;

ремені безпеки; кріплення для фіксації нош;

складові частини системи дозаправки в повітрі, в тому числі складові частини паливної системи;

засоби наземного обслуговування літальних апаратів:

- спеціальні аеродромні автомобілі та причеи, призначені переважно для транспортування агрегатів та вузлів літальних апаратів
- причеи для форсажних камер, двигунів, гвинтів, фюзеляжів та крил
- вантажні автомобілі для перевезення фюзеляжів та крил літака; вантажні автомобілі для евакуації літаків, що зазнали аварії
- полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів
- аеродромні причеи для перевезення бомб.

У результаті аналізу встановлено також, що за деякими напрямками, які є пріоритетними для міжнародних військових організацій та за результатами публікаційної активності, була відмічена *спадна динаміка патентування*, а саме:

Літальні апарати:

1. Літаки з незмінною геометрією крила
2. Гвинтокрилі літальні апарати

Комплектувальні вироби:

- 5.2 Внутрішні та зовнішні додаткові паливні баки
- 6.2 Обтічники, втулки, гайки, коки; мулінетки; синхронізатори
- 6.3 Вузли приводу гвинтів
- 6.4 Системи змашування
- 6.5 Регулятори обертів повітряного гвинта
10. Вироби тросових систем керування літальних апаратів
- 11.1 Гідравлічні та пневматичні акумулятори, насоси, двигуни, силові циліндри та фільтр;

12.1 Обладнання системи наддуву кабін; балони та бачки; блоки циліндрів; дихальні маски; бортова киснева система; спеціальні авіаційні клапани

12.3 Компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву

14.1 Механізми та пристрої реверсивного керування

14.3 Силкові приводи механічні та електромеханічні; перепускні патрубки

15. Обладнання для забезпечення посадки літальних апаратів.

16.1 Катапульти.

Це може свідчити про те, що ці напрями (піднапрями) засекретили або про те, що наука шукає нові напрями та нові технології для подальшого їхнього розвитку.

4. СПІВСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОМЕТРИЧНОГО І ПАТЕНТНОГО АНАЛІЗУ У СФЕРІ «ВІЙСЬКОВА АВІАЦІЯ»

4.1 Методологія

1. Відбір пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів за тематикою «Авіаційно-космічна техніка і критичні комплектувальні вироби до неї» відбувається за трьома критеріями: результатами аналізу глобальних трендів, наукометричного і патентного аналізу відповідно до таблиці 5.

Таблиця 5- Ідентифікація науково-технологічних напрямів

№	Ідентифікація напрямку	Глобальні тренди	Наукові публікації	Патенти
1	Пріоритетний (+)	+	+/-	+
2		+/-	+	+
3		+	+	+/-
4		+	+	-
5		+	-	+
6		-	+	+
7		+	+	+
8	Перспективний (+/-)	+/-	+/-	+/-
9		+	+/-	+/-
10		+/-	+/-	+
11		+/-	+	+/-
12		+/-	-	+
13		+	-	+/-
14		-	+/-	+
15		-	+	+/-
16		+/-	+	-
17		+	+/-	-
18		+	-	-
19		-	-	+
20	Неперспективний (-)	Всі інші комбінації		

2. Визначення основних технологій щодо створення і відновлення комплектувальних виробів та матеріалів для авіаційної техніки

Визначення відповідних технологій здійснюється шляхом аналізу патентів на основі бази Derwent Innovation за кожним пріоритетним і перспективним науково-технологічним напрямом окремо, об'єднання цих технологій у групи у разі можливості (співпадання кодів МПК).

4.2 Визначення пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів

За результатами співставлення результатів аналізу глобальних трендів, наукометричного (публікаційної активності за даними бази Web of Science) та патентного аналізів (патентної активності за результатами дослідження Derwent Innovation), можна визначити пріоритетні та перспективні інноваційні напрями за тематикою «Військова авіація» (табл.6).

Таблиця 6 - Співставлення результатів аналізу глобальних трендів, наукових публікацій та патентної активності

№	Напрямок/піднапрямок, ідентифікація	Глобальні тренди	Наукові публікації	Патентна активність
1	Літаки з незмінною геометрією крила (+/-)	+	+/-	-
2	Гвинтокрилі літальні апарати (+/-)	+	+/-	-
3	Планери (+/-)	+	-	+/-
4	Апарати літальні безпілотні			
4.1	Апарати літальні безпілотні (+/-)	+	+/-	+/-
4.2	Військові дрони (+)	+	+	+
5	Частини складові корпусів літальних апаратів			
5.1	поверхні керування (+)	+	+/-	+
5.2	внутрішні та зовнішні додаткові паливні баки (+/-)	+	+/-	-
5.3	вихлопні пристрої (+/-)	-	+/-	+/-
5.4	пілони; тримери (+/-)	-	+	+/-
6	Гвинти літаків та їх складові частини			
6.1	Гвинти літаків (+/-)	-	+/-	+/-
6.2	Обтічники, втулки, гайки, коки; мулінетки; синхронізатори (-)	-	+/-	-
6.3	Вузли приводу гвинтів (+/-)	+	+/-	-
6.4	Системи змашування (+/-)	+	+/-	-
6.5	Регулятори обертів повітряного гвинта (+/-)	+	+/-	-
7	Гвинти вертольотів, механізми їх приводу та складові частини (-)	-	-	+/-
8	Частини складові шасі літальних апаратів			
8.1	амортизаційні опори шасі та їх складові частини (+/-)	+/-	+/-	+/-
8.2	елементи кріплення: торсійні штанги, тяги, діагональні підкоси, цапфи шасі, вісі, демпфери шиммі (+/-)	+/-	+/-	+/-
8.3	спеціальні складові частини системи кермового керування з гідропідсиленням (+/-)	-	+/-	+/-
9	Колеса літальних апаратів та їх гальмові системи			
9.1	лижі; поплавки; гусениці (+/-)	-	+/-	+
9.2	датчики автомата гальмування колеса опори шасі; клапани гідравлічної або пневматичної	+	-	+/-

	системи гальмування коліс; складові частини системи гальмування несучого гвинта вертольоту (+/-)			
10	Обтічники, втулки, гайки, коки; мулінетки; синхронізатори (-)	-	+/-	-
11	Частини складові гідравлічних і вакуумних систем, а також систем протиобledenіння			
11.1	гідравлічні та пневматичні акумулятори, насоси, двигуни, силові циліндри та фільтри (+/-)	+/-	+/-	-
11.2	кожухи для захисту від обledenіння; рідинні насоси систем протиобledenіння (+/-)	+	+/-	+/-
11.3	маслоочисники вакуумної системи; пневматичне обладнання системи наддуву, крім обладнання систем наддуву кабін та відсіків (+/-)	-	+/-	+
12	Обладнання систем кондиціонування, обігріву та повітронадуву літальних апаратів			
12.1	обладнання системи наддуву кабін; балони та бачки; блоки циліндрів; дихальні маски; бортова киснева система; спеціальні авіаційні клапани (+/-)	+/-	+/-	-
12.2	регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбоохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів (+/-)	+/-	+/-	+
12.3	компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву (+/-)	+/-	+	-
13	Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату(+)	+	+	+
14	Обладнання літальних апаратів та складові частини			
14.1	механізми та пристрої реверсивного керування (+/-)	+	+/-	-
14.2	бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу; квадранти (сектори), що встановлюються у кабіні (+/-)	+	+/-	+/-
14.3	силові приводи механічні та електромеханічні; перепускні патрубки (+)	+	+	-
14.4	Вентилятори (+/-)	-	+/-	+/-
14.5	пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків (+)	-	+	+
14.6	ремені безпеки; кріплення для фіксації нош (+/-)	-	+	+/-
14.7	електричні склоочисники; бортові генератори інертних газів; бортова фурнітура; бортові лебідки і блоки; тримачі для карт; шторки; регулятори натягу тросів; сонцезахисні козирки; дзеркала заднього огляду (+/-)	-	+/-	+

14.8	складові частини системи дозаправки в повітрі, в тому числі складові частини паливної системи (+/-)	+/-	+/-	+/-
14.9	механічні трансмісії, коробки перемикачів швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів (+)	+	+	-
15	Обладнання для забезпечення посадки літальних апаратів (+/-)	+	-	-
16	Обладнання для забезпечення зльоту літальних апаратів			
16.1	Катапульти (-)	-	-	-
16.2	Засоби наземного обслуговування літальних апаратів (+/-)	+	-	+/-
17	Аеродромні автомобілі та причеи, спеціальні			
17.1	спеціальні аеродромні автомобілі та причеи, призначені переважно для транспортування агрегатів та вузлів літальних апаратів (+/-)	+	+/-	+/-
17.2	причеи для форсажних камер, двигунів, гвинтів, фюзеляжів та крил (-)	-	-	+/-
17.3	вантажні автомобілі для перевезення фюзеляжів та крил літака; вантажні автомобілі для евакуації літаків, що зазнали аварії (+/-)	-	+/-	+/-
17.4	полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів (+/-)	-	+	+/-
17.5	аеродромні причеи для перевезення бомб (+/-)	-	+/-	+/-
Сфера інтересів НАТО за тематикою «Військова авіація»				
1	Автономні гіперзвукові апарати (+)	+	+/-	+
2	Мікро- та міні-літаки, створені в біологічному стилі (+/-)	+	+/-	+/-
3	Мініатюризація, малі супутники (smallsats) (+)	+	+/-	+
4	Гібридно-електричні аеромоторні установки (+/-)	+	+/-	+/-
5	Легка технологія гіперспектрального зображення високої роздільної здатності для місій напівпостійного спостереження (+/-)	+	+/-	+/-
6	Мініатюризація радіочастотного датчика; плазмоніка для зменшення розміру ІЧ-детектора (+/-)	+	+/-	+/-
7	Швидке 3D моделювання середовища (+/-)	+	+/-	+/-
8	Використання роботизованих приманок (+)	+	+/-	+
9	Підвищення продуктивності людини (+/-)	+	+/-	+/-
10	Людино-машинна співпраця та спілкування (+)	+	+/-	+
11	Планування місії зброї високої потужності радіочастот (HPRF). (+/-)	+	+/-	+/-

12	Інтелектуальне управління польотом (+)	+	+/-	+
13	Ройовоцентричні системи (+)	+	+/-	+
14	Інтелектуальна автономія (більш досконалий вбудований ІІІ) (+)	+	+	+/-

Примітки: «-» – неперспективні напрями; «+/-» – перспективні напрями; «+» – пріоритетні напрями.

Отже, до **пріоритетних** науково-технологічних напрямів можна віднести:

- Військові дрони;
- Поверхні керування літальних апаратів;
- Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату;
- Силкові приводи механічні та електромеханічні; перепускні патрубки літальних апаратів;
- Пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;
- Механічні трансмісії, коробки перемикачів швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів.

У сфері інтересів НАНО до пріоритетних напрямів відносяться:

- Автономні гіперзвукові апарати;
- Мініатюризація, малі супутники (smallsats);
- Використання роботизованих приманок;
- Людино-машинна співпраця та спілкування;
- Інтелектуальне управління польотом;
- Ройовоцентричні системи;
- Інтелектуальна автономія (більш досконалий вбудований ІІІ).

Практично всі інші напрями таблиці 6 та всі інші напрями сфери інтересів НАТО відносяться до **перспективних** науково-технологічних напрямів.

До **основних технологій** створення як літальних апаратів (особливо БПЛА), так і їх комплектувальних виробів пріоритетних і перспективних напрямів відносяться:

- *інформаційно-комунікаційні технології*, а саме:
автоматизоване проектування;
керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі;
системи керування рухом

аналізування зображень: визначання положення або розташування об'єктів або камер;

контроль положення або курсу у декількох вимірах;

машинне навчання, нейронні мережі, опорні векторні машини;

біологічне моделювання, чисельне моделювання, 3D моделювання;

пряме або розподілене числове керування;

програмовані пристрої та пристрої, що електрично стирають інформацію тощо;

- *комбіновані прилади, що вказують більше одного навігаційного значення;*

- *технології зв'язку:*

системи радіозв'язку, тобто системи, що використовують поле випромінювання, станції, розташовані в космосі, або бортові станції;

- *технології управління:*

аналіз сил або оптимізація сил;

системи управління силовою установкою;

паливними елементами тощо;

- *кремнієві технології або технології карбїду кремнію тощо.*

Більш детально технології представлені у Додатку Б.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу *глобальних трендів* сучасного розвитку сфери «Військова авіація» встановлено, що тематика інновацій у сфері військової авіації охоплює такі інноваційні рішення: великі дані, інформаційно-комунікаційні технології, штучний інтелект, робототехніка та автономні системи, гіперзвукові технології, енергія та рух, електроніка та електромагнетика.

Провідними сферами *інтересів НАТО* у військовій авіації є: 1) автономні системи, що призведуть до змін у логістиці (доставка боєприпасів), структурі сил (заміна людей), ефективності ведення бойових дій, смертоносності; 2) цифрові радіочастотні структури (бортові та наземні системи зв'язку, електромагнітні метаповерхні, електронні засоби протидії); 3) гіперзвукові технології; 4) електрифікація літаків.

Серед дослідницьких сфер *Європейського оборонного агентства* можна виділити: автономність роботи повітряного транспортного засобу; його спільну експлуатацію; системи виявлення, визначення й уникнення; системну діагностику, прогнозування несправностей і самоусунення; інтерфейс «людина-машина» та когнітивну ергономіку; силову установку, генерацію та розподіл енергії; системи безпечного керування та контролю; високоефективний вертикальний підйомник гвинтокрила наступного покоління та фіксоване крило.

Критичними та перспективними технологічними сферами *Національної науково-технічної ради США* є: передові обчислення, передові інженерні матеріали, удосконалене виробництво, розширене та мережеве керування датчиками та підписами, штучний інтелект, автономні системи та робототехніка, комунікаційні та мережеві технології, спрямована енергія, людино-машинні інтерфейси, гіперзвук, квантові інформаційні технології, генерація та зберігання відновлюваної енергії, напівпровідники та мікроелектроніка.

2. Аналіз публікаційної активності в базі Web of Science за тематикою «Військова авіація» дозволив виділити ***пріоритетні наукові*** напрями у цій сфері:

- пілони; тримери;
- компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву;
- парашути; авіаційні бортові системи завантаження та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату;
- механічні трансмісії, коробки перемикачів швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів;
- полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів.

До пріоритетних напрямів у сфері інтересів НАТО належить напрям: «Інтелектуальна автономія (досконалий вбудований ІШ)».

3. В результаті аналізу патентної бази Derwent Innovation встановлено, що **пріоритетними технологічними напрямками** за темпами патентування є:

Літальні апарати: Військові дрони

Комплектувальні вироби:

Поверхні керування

Лижі; поплавки; гусениці

Маслоочисники вакуумної системи; пневматичне обладнання системи наддуву, крім обладнання систем наддуву кабін та відсіків

Регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів

Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату;

Пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;

Електричні склоочисники; бортові генератори інертних газів; бортова фурнітура; бортові лебідки і блоки; тримачі для карт; шторки; регулятори натягу тросів; сонцезахисні козирки; дзеркала заднього огляду.

Крім цього, серед пріоритетних напрямів за сферою інтересів НАТО за тематикою «Військова авіація» можна виділити наступні:

Автономні гіперзвукові апарати

Використання роботизованих приманок

Людино-машинна співпраця та спілкування.

Інтелектуальне управління польотом

Ройовоцентричні системи.

4. Співставлення визначених глобальних трендів, наукових та технологічних напрямів за тематикою «Військова авіація» дозволило визначити пріоритетні та перспективні науково-технологічні напрями, зокрема **пріоритетними науково-технологічними напрямками** є:

1) Військові дрони;

2) Поверхні керування;

3) Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки) та доставки вантажу на землю;

4) Автономні гіперзвукові апарати;

- 5) Мініатюризація, малі супутники;
- 6) Гібридно-електричні аеромоторні установки;
- 7) Використання роботизованих приманок;
- 8) Людино-машинна співпраця та спілкування;
- 9) Інтелектуальне управління польотом; Інтелектуальна автономія;
- 10) Ройовоцентричні системи.

5. До *основних технологій* пріоритетних і перспективних напрямів створення як літальних апаратів (особливо БПЛА), так і їх комплектувальних виробів відносяться:

- *інформаційно-комунікаційні технології*, а саме:
автоматизоване проєктування;
керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі;
системи керування рухом
аналізування зображень: визначання положення або розташування об'єктів або камер;
контроль положення або курсу у декількох вимірах;
машинне навчання, нейронні мережі, опорні векторні машини;
біологічне моделювання, чисельне моделювання, 3D моделювання;
пряме або розподілене числове керування;
програмовані пристрої та пристрої, що електрично стирають інформацію тощо;
- *комбіновані прилади, що вказують більше одного навігаційного значення;*
- *технології зв'язку*, зокрема системи радіозв'язку, тобто системи, що використовують поле випромінювання, станції, розташовані в космосі, або бортові станції;
- *технології управління*: аналіз сил або оптимізація сил; системи управління силовою установкою; паливними елементами тощо.
- *кремнієві технології або технології карбіду кремнію* тощо.

ДОДАТОК А

**Таблиця 1 - Перелік напрямів та ключових слів для проведення аналізу сфери
«Військова авіація»**

Напрями українською мовою	Напрями англійською мовою
1. Літаки з незмінною геометрією крила	1. Aircraft, Fixed Wing
2. Гвинтокрилі літальні апарати	2. Aircraft, Rotary Wing Helicopters
3. Планери	3. Gliders Motorized Gliders
4. Апарати літальні безпілотні Безпілотні авіаційні комплекси (БПАК) та радіокеровані літальні апарати, спеціально призначені для використання як мішені, а також для навчання, спостереження, оцінювальних випробуваннях ракет, фоторозвідки, доставки зброї, забезпечення радіорелейного зв'язку/мережевого шлюзу, ведення електронної боротьби, проведення пошуково-рятувальних операцій, поповнення матеріальних запасів або виконання інших військових операцій.	4. Unmanned Aircraft Unmanned Aircraft Systems (UASs) and Drones specifically designed for such uses as targets, training, surveillance, missile evaluation, photographic reconnaissance, weapons delivery, communications relay/network gateway, electronic warfare, search and rescue, re-supply or other military operations.
5 Частини складові корпусів літальних апаратів.	5 Airframe Structural Components
5.1 поверхні керування; 5.2 внутрішні та зовнішні додаткові паливні баки; 5.3 вихлопні пристрої; 5.4 пілони; тримери.	5.1 Flight Control Surfaces; 5.2 Internal and External Auxiliary Fuel Tanks; 5.3 Exhaust Systems; 5.4 Pylons, Trim Tabs; Aircraft.
6. Гвинти літаків та їх складові частини	6. Aircraft Propellers and Components
гвинти літаків; лопаті, кулачки, обтічники, втулки, гайки, коки; мулінетки; синхронізатори; вузли приводу гвинтів; системи змащування; регулятори обертів повітряного гвинта.	Propeller Blades, Cams, Cones, Hubs, Nuts, and Spinners; Test Clubs; Synchronizers; Power Control Units; Integral Oil Control Measures and Propeller Governors.
7. Гвинти вертольотів, механізми їх приводу та складові частини.	7. Helicopter Rotor Blades, Drive Mechanisms and Components
динамічні складові частини вертольоту, призначені для передачі обертового моменту від двигуна до несучого та рульового гвинтів. До цього класу також входять ротори, лопаті, лопать несучого гвинта, тримери лопаті, комплекти лопатей гвинтів, хомути, муфти і трансмісії.	Helicopter dynamic components and specially designed parts that transmit power from the aircraft power plant to the rotary wing and rotary rudder. Also included in this class are Rotors; Blades; Rotor Blade, Trim, Tabs; Blade Sets; Yokes; Clutches and Transmissions.
8 Частини складові шасі літальних апаратів	8 Aircraft Landing Gear Components
8.1 амортизаційні опори шасі та їх складові частини; 8.2 такі елементи кріплення, як торсійні штанги, тяги, діагональні підкоси, цапфи шасі, вісі, демпфери шиммі;	8.1 Shock Struts and Components; 8.2 Installation Elements, such as Torsion Bars, Vibration Links, Drag Struts; Landing Gear Trunions, Axles and Shimmy Dampeners;

8.3 спеціальні складові частини системи кермового керування з гідروпідсиленням	8.3 Specially designed hydraulic power steering system components.
9. Колеса літальних апаратів та їх гальмові системи	9. Aircraft Wheel and Brake Systems
9.1 лижі; поплавки; гусениці; 9.2 датчики автомата гальмування колеса опори шасі; клапани гідравлічної або пневматичної системи гальмування коліс; складові частини системи гальмування несучого гвинта вертольоту.	9.1 Skis; Floats; Tracks; 9.2 Landing Wheel Skid Detectors; Valves specifically designed for use with hydraulic or pneumatic wheel and brake systems; Helicopter Rotor Brake System Components.
10. Вироби тросових систем керування літальних апаратів	10. Aircraft Control Cable Products
троси; троси з елементами кріплення та монтажу; тросові пасма, шківни, сектори, ролики; тандери та натяжні муфти, інші деталі кріплення тросів і наконечники.	Wire Rope; Single Leg Wire Assemblies; Wire Strands; Control Pulleys; Turnbuckle Lock Clips and other wire rope attachments and terminations
11. Частини складові гідравлічних і вакуумних систем, а також систем протиобледеніння.	11. Aircraft Hydraulic, Vacuum, and De-icing System Components
11.1 гідравлічні та пневматичні акумулятори, насоси, двигуни, силові циліндри та фільтри; 11.2 кожухи для захисту від обледеніння; рідинні насоси систем протиобледеніння, 11.3 маслоочисники вакуумної системи; пневматичне обладнання системи наддуву, крім обладнання систем наддуву кабін та відсіків.	11.1 Hydraulic and Pneumatic Accumulators, Pumps, Motors, Actuating Cylinders, and Filters; 11.2 De-icing Boots; Fluid Type De-icing Pumps, Valves and Filters; 11.3 Vacuum System Oil Separators; Pneumatic Pressurization Equipment other than that for pressurizing cabins and compartments
12. Обладнання систем кондиціонування, обігріву та повітряного наддуву літальних апаратів	12. Aircraft Air Conditioning, Heating, and Pressurizing Equipment
12.1 обладнання системи наддуву кабін; балони та бачки; блоки циліндрів; дихальні маски; бортова киснева система; спеціальні авіаційні клапани; 12.2 регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбоохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів; 12.3 компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву; термічне обладнання системи протиобледеніння; обладнання систем підтримання тиску в кабінах і відсіках літальних апаратів; пристрої подачі повітря (дифузори та аератори); пристрої	12.1 Cabin Supercharging Equipment; Canisters; Cylinder Assemblies; Masks; Fixed Oxygen System; Specially Designed Aircraft Valves; 12.2 Cabin Pressure Regulators; Heat Exchangers; Air Expansion Turbines; Aircraft Heaters; 12.3 Ventilating System Components; Air Conditioning and Heating Duct Assemblies; Thermal De-icing Equipment; Cabin and Compartment Pressurizing Equipment; Air Diffusers; Cabin Pressure Selectors; Liquid Oxygen Converters

розподілу повітря, перемикачі тиску в кабіні; конвертори рідкого кисню	
13. Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату	13. Parachutes; Aerial Pick Up, Delivery, Recovery Systems; and Cargo Tie Down Equipment
спеціальні вироби, комплекти та системи, які призначені для здійснення операцій завантаження, доставки та розвантаження в режимах "повітря-повітря", "повітря-поверхня" і "поверхня-повітря".	specifically designed items, sets, and systems for air-to-air, air-to-surface, and surface-to-air delivery, pick up, and recovery operations, unless parts, attachments, assemblies, for use in or on such systems (i.e., space vehicle aerial recovery systems) are specifically indexed to other classes of the FSC (i.e., Transmitting Radio Buoys and Direction Finding Subsystem Components).
14. Обладнання літальних апаратів та складові частини	14. Miscellaneous Aircraft Accessories and Components
14.1 механізми та пристрої реверсивного керування); 14.2 бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу; квадранти (сектори), що встановлюються у кабіні; 14.3 механічні та електромеханічні силові приводи; перепускні патрубки; 14.4 вентилятори; 14.5 пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків; 14.6 ремені безпеки; кріплення для фіксації нош; 14.7 електричні склоочисники; бортові генератори інертних газів; бортова фурнітура; бортові лебідки і блоки; тримачі для карт; шторки; регулятори натягу тросів; сонцезахисні козирки; дзеркала заднього огляду; 14.8 складові частини системи дозаправки в повітрі, в тому числі складові частини паливної системи; 14.9 механічні трансмісії, коробки перемикання швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів	14.1 Control Assemblies, Push-Pull; 14.2 Brace, Positioning Cargo Ramp stowed on board; Cockpit Mounted Control Quadrants; 14.3 Actuators, Electro-Mechanical and Mechanical; Relief Tubes; 14.4 Ventilators; 14.5 Aerial Glider Towing Accessories attached to Aircraft; 14.6 Belts, Safety and Lap; Harness, Shoulder and Safety; Litter Attaching Supports; 14.7 Electric Windshield Wipers; Aircraft Onboard Inert Gas Generators; Aircraft Furniture; Aircraft Mounted Winches and Hoists; Map Holders; Aircraft Curtains; Cable Tension Regulators; Sun Visors; Rear-View Mirrors; 14.8 In-Flight Refueling System Components, including Fuel Components; 14.9 Mechanical Transmissions, Gearboxes and Constant Speed drives Specially designed for aircraft
15. Обладнання для забезпечення посадки літальних апаратів.	15. Aircraft Landing Equipment
авіаційні гальмові пристрої (аерофінішери).	Aircraft Arresting Barriers.
16. Обладнання для забезпечення зльоту літальних апаратів	16. Aircraft Launching Equipment
16.1 Катапульти.	16.1 Catapults

16.2 Засоби наземного обслуговування літальних апаратів	16.2 Aircraft Ground Servicing Equipment
генератори; підігрівачі двигунів; засоби швартування; упорні колодки; настили; замки елеронів, рулів висоти та напрямку; рампи для посадки пасажирів; платформи для технічного обслуговування; драбини для технічного обслуговування літальних апаратів і трапи; такелажні троси та ланцюги, лебідки, підйомники, талі для технічного обслуговування літальних апаратів; домкрати для нахилу хвостової частини літального апарату; аеродромні спеціальні автотранспортувачі, підйомні причепа та візки; чохла та кожухи для складових частин корпусів літальних апаратів і авіаційних двигунів.	Energizers; Engine Preheaters; Mooring Assemblies; Wheel Chocks; Beaching Equipment; Aileron, Elevator, and Rudder Locks; Passenger Loading Ramps; Maintenance Platforms; Aircraft Maintenance and Boarding Ladders; Aircraft Maintenance Slings and Hoists; Aircraft Fin Tilting Jacks; Airfield Specialized Lift Trucks and Trailers; Fitted Covers for Airframe Components; Aircraft Engine Covers.
17. Аеродромні автомобілі та причепа, спеціальні	17. Airfield Specialized Trucks and Trailers
17.1 спеціальні аеродромні автомобілі та причепа, призначені переважно для транспортування агрегатів та вузлів літальних апаратів; 17.2 причепа для форсажних камер, двигунів, гвинтів, фюзеляжів та крил; 17.3 вантажні автомобілі для перевезення фюзеляжів та крил літака; вантажні автомобілі для евакуації літаків, що зазнали аварії. 17.4 полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів; 17.5 аеродромні причепа для перевезення бомб;	17.1 Airfield Specialized Trucks and Trailers designed primarily for transporting aircraft assemblies; 17.2 Trailers: Afterburner, Engine, Propeller, Fuselage, and Wing; 17.3 Trucks, Aircraft Fuselage and Aircraft Wing; Crashed Aircraft Removing. 17.4 Skids, Engine Transport; Stands, Engine Transport; 17.5 Bomb Trailers, Airfield; Trucks,

Таблиця 2 - Сфера інтересів розвитку автономних авіаційних систем НАТО

ЗОНА РОЗВИТКУ	ВИКОРИСТАННЯ ТА ЕФЕКТИ
I. Автономні системи Autonomous Systems	1. Автономні гіперзвукові апарати; Autonomous hypersonic vehicles; 2. Мікро- та міні-літаки, створені в біологічному стилі; Bio-inspired micro and mini aerial vehicles; 3. Мініатюризація, малі супутники (smallsats); Miniaturisation, small satellites (smallsats); 4. Гібридно-електричні аеромоторні установки Hybrid-electric aero-propulsion systems; 5. Легка технологія гіперспектрального зображення високої роздільної здатності для місій напівпостійного спостереження Light-weight high-resolution hyper-spectral imaging technology for semi-persistent surveillance missions; 6. Мініатюризація радіочастотного датчика; плазмоніка для зменшення розміру ІЧ-детектора RF sensor miniaturisation; plasmonics for decreasing IRdetector size; 7. Швидке 3D моделювання середовища Rapid 3D environment modelling; 8. Використання роботизованих приманок Use of robotic decoys
II. Об'єднання людина-машина Human-machine teaming	1. Підвищення продуктивності людини Human performance enhancements; 2. Людино-машинна співпраця та спілкування Human-machine collaboration and communication;
III. Контрзаходи Counter-measures	Планування місії зброї високої потужності радіочастот (HPRF). High power radio frequency (HPRF) weapons Mission Planning
IV. Автономна поведінка Autonomous Behaviour	1. Контроль Control 2. Ройовоцентричні системи; Swarm centric systems; 3. Інтелектуальна автономія (тобто все більш досконалий вбудований ШІ) Intelligent autonomy (i.e. increasingly advanced embedded AI)

Джерело: ⁴²⁴² https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/3/pdf/stt23-vol2.pdf

ДОДАТОК Б

Результати патентного аналізу із визначення перспективних технологій у сфері «Військова авіація»

№	Напрямок/піднапрямок	Темп росту патентування, %	Країна – найбільший патенто-володілець	Провідна компанія-патентоволоділець	Місце України у світі (кількість патентів)	Перспективні/пріоритетні технології за кодами МПК
1	Літаки з незмінною геометрією крила	Спадна динаміка				
2	Гвинтокрилі літальні апарати	Спадна динаміка				
3	Планери	118,4	Китай	SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	29 (5)	Перспективні: G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден) F02C000736 (Особливості, конструктивні елементи, вузли або додаткове приладдя, не охоплені або які становлять інтерес незалежно від груп F02C 1/00-F02C 6/00; повітрязабірники до реактивних установок (керування F02C 9/00)) Пріоритетні: G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден); B64D003302 (Орнітоптери: крила; привідні механізми для них)
4	Апарати літальні безпілотні					
4.1	Апарати літальні безпілотні	139,9	Китай	SZ DJI TECHNOLOGY CO LTD	23 (321)	Перспективні: G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах; Пріоритетні: B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення)
4.2	Військові дрони	136,6	Китай	CANON KK	29 (100)	Пріоритетні: G06N002000 (Машинне навчання); G06T000770 (Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: архітектура, наприклад топологія з'єднання) G06T000771 (аналізування зображень: визначання положення або розташування об'єктів або камер (калібрування камер G06T 7/80))
5	Частини складові корпусів літальних апаратів					
5.1	Поверхні керування	108,3	Китай	SZ DJI TECHNOLOGY CO LTD	21 (132)	Пріоритетні: G06F003020 (Автоматизоване проєктування: оптимізація проєктування, верифікація або моделювання (оптимізація, верифікація або моделювання проєктування схем G06F 30/30)) B64D002724 (Гвинтокрилі літальні апарати; несучі гвинти, характерні для них: із лопатями несучого гвинта, що зафіксовані в польоті і діють як несучі поверхні)

						G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах (G05D 1/12 має перевагу)); G08G000300 (Системи керування рухом повітряного транспорту)
5.2	Внутрішні та зовнішні додаткові паливні баки	Спадна динаміка				
5.3	Вихлопні пристрої	104,1	Китай	SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	29 (139)	Перспективні: G01M001502 Випробовування двигунів: елементи конструкції або приладдя випробувальної апаратури F01D000514 (Лопаті; елементи, що несуть лопаті (соплові коробки F01D 9/02); пристрої для нагрівання, теплоізолювання, охолодження або противібраційні засоби на лопатях або елементах: форма або конструкція (вибір спеціальних матеріалів, заходи проти ерозії або корозії F01D 5/28)); Пріоритетні: F01N000328 (Вихлопні пристрої або глушники, обладнані засобами очищення, знешкодження або іншими засобами оброблення вихлопних газів (керування ними за допомогою електричних засобів F01N 9/00; контрольні або діагностичні пристрої, що застосовуються в обладнанні для оброблення вихлопних газів F01N 11/00); конструкція каталітичних реакторів)
5.4	Пілони; тримери	111,5	США	LG Energy Solution LTD	0 (0)	Перспективні: F04D002508 (Насосні установки або системи, спеціально пристосовані для пружних текучих середовищ (керування та регулювання F04D 27/00): повітряно-нагнітальні пристрої, наприклад для вентиляції); Пріоритетні: B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); B64D004500 (Пристрої для індикації або захисту, що встановлюються на літальних апаратах, не охоплені іншими рубриками)
6	Гвинти літаків та їх складові частини					
6.1	Гвинти літаків	114,8	Китай	Gen Electric	35 (79)	Перспективні: B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); Пріоритетні: B64D002724 (Гвинтокрилі літальні апарати; несучі гвинти, характерні для них: із лопатями несучого гвинта, що зафіксовані в польоті і діють як несучі поверхні) F03D001700 Контролювання або випробовування вітрових двигунів, наприклад діагностування (випробовування під час пусконаладжування вітрових двигунів F03D 13/30)
6.2	Обтічники, втулки, гайки, коки; мулінетки; синхронізатори	Спадна динаміка				
6.3	Вузли приводу гвинтів	Спадна динаміка				

6.4	Системи змащування	Спадна динаміка				
6.5	Регулятори обертів повітряного гвинта	Спадна динаміка				
7	Гвинти вертольотів, механізми їх приводу та складові частини	108,2	Китай	Gen Electric	28 (161)	Перспективні: F03D008000 (Елементи, компоненти або приладдя, не охоплені групами F03D 1/00-F03D 17/00); F03D000702 (Керування вітровими двигунами та їхнє регулювання (постачання або розподіляння електричної енергії H02J, наприклад пристрої для регулювання, усунення або компенсування реактивної потужності в мережах H02J 3/18; керування електричними генераторами H02P, наприклад пристрої для керування електричними генераторами з метою отримання бажаної продуктивності H02P 9/00): вітрові двигуни з віссю обертання ротора, що паралельна напрямку вітру, який входить до ротора) Пріоритетні: B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення) F03D000106 (Вітрові двигуни з віссю обертання ротора, що паралельна напрямку вітру, який потрапляє до ротора (керування ними F03D 7/02): ротори)
8	Частини складові шасі літальних апаратів					
8.1	Амортизаційні опори шасі та їх складові частини	100,6	Китай	UNITED TECHNOLOGIES CORP	32 (18)	Перспективні: G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден) F16F000932 (Пружини, демпфери вібрацій, амортизатори або інші подібні демпферні пристрої, в яких як поглинальне середовище використовується текуче середовище або інше середовище з еквівалентними характеристиками (з'єднування клапанів з надувними пружними елементами B60C 29/00; дверні пристрої з гальмівними системами для текучого середовища E05F): конструктивні елементи); G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах G08G000500 (Системи керування рухом повітряного транспорту) Пріоритетні: B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення) B64F000560 (Конструювання, вироблення, збирання, очищення, технічне обслуговування або ремонтування літальних апаратів, не охоплені іншими групами; маніпулювання, транспортування, випробування або перевіряння елементів літальних апаратів, не охоплені іншими рубриками: випробування або перевіряння елементів або систем літальних апаратів)
8.2	Елементи кріплення: торсійні штанги, тяги, діагональні підкоси, цапфи шасі, вісі, демпфери шиммі	112,1	Китай	BOEING CO	23 (544)	Перспективні: G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден) F16F001508 (Гасіння вібрацій у системах (підвіски сидінь транспортних засобів B60N 2/50); засоби або пристрої для усунення або зменшування незрівноважених сил, наприклад під час руху (випробування для визначання статичної або динамічної

						незбалансованості елементів машин або конструкцій G01M 1/00): з гумовими амортизаторами); F16F001502 (Гасіння вібрацій у системах (підвіски сидінь транспортних засобів B60N 2/50); засоби або пристрої для усунення або зменшення незрівноважених сил, наприклад під час руху (випробовування для визначання статичної або динамічної незбалансованості елементів машин або конструкцій G01M 1/00): гасіння вібрацій необерткових систем, наприклад систем із зворотно-поступальним рухом; гасіння вібрацій елементів оберткових систем за допомогою елементів, які не рухаються з обертвою системою (шаруваті вироби B32B; гасіння вібрацій на судах B63)) Пріоритетні: G06F003020 Автоматизоване проєктування: оптимізація проєктування, верифікація або моделювання (оптимізація, верифікація або моделювання проєктування схем G06F 30/30) B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення)
8.3	Спеціальні складові частини системи керування гідропідсиленням з кермового	113,5	Китай	HONDA MOTOR CO LTD	45 (29)	Перспективні: B60W006000 системи управління силовою установкою, спеціально пристосовані для автономних дорожніх транспортних засобів B62D001502 (Рульові приводи, не охоплені іншими групами: покажчики положення керма); B62D000600 (Засоби для автоматичного керування рульовими приводами залежно від умов руху, які сприймаються відповідними датчиками і на які реагують згадані засоби, наприклад схеми керування (засоби для зміни напрямку руху B62D 1/00; клапани для керування B62D 5/06; поєднані з засобами для нахилання кузова або коліс транспортного засобу на криволінійних ділянках траєкторії руху B62D 9/00)) Пріоритетні: F16H005704 (Деталі загального призначення для передач (передача гвинт-гайка F16H 25/00; гідравлічної передачі F16H 39/00-F16H 43/00): характерні особливості змащування або охолодження (контролювання змащування або охолодження в гідростатичних передачах F16H 61/4165))
9	Колеса літальних апаратів та їх гальмові системи					
9.1	Лижі; поплавки; гусениці	114,1	Китай	SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	27 (179)	Пріоритетні: B60W006000 системи управління силовою установкою, спеціально пристосовані для автономних дорожніх транспортних засобів B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); G05D000102 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S); керування положенням або курсом у двох вимірах) G05D000100 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S))
9.2	Датчики автомата гальмування колеса опори шасі; клапани	130,9	Китай	Hyundai Motor Co Ltd	31 (51)	Перспективні: G06N000304 (Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: архітектура, наприклад топологія з'єднання);

	гідравлічної або пневматичної системи гальмування коліс; складові частини системи гальмування несучого гвинта вертольоту					B60T001722 (Складові частини, елементи або допоміжні пристрої гальмівних систем, не охоплені групами B60T 8/00, B60T 13/00 або B60T 15/00, які мають інші характерні особливості: пристрої для спостереження за гальмівними системами або для їх перевіряння; сигнальні пристрої); B60T001374 (Передавання сигналів гальмування від засобів для включання гальмування до виконавчих пристроїв гальмівної системи через сервопідсилювачі або приводи; гальмівні системи, що містять пристрої для такого передавання, наприклад пневматичні гальмівні системи: з електричною підтримкою або приводом) Пріоритетні: B60W006000 (Системи управління силовою установкою, спеціально пристосовані для автономних дорожніх транспортних засобів) B60T0008172 (Засоби для регулювання гальмівного зусилля на колеса залежно від стану дорожнього покриття або умов руху транспортного засобу, наприклад пристрої для обмежування або розподілення гальмівного зусилля (за допомогою зміни кількості робочих гальмівних циліндрів у механічних гальмівних системах B60T 17/10): визначення параметрів керування для регулювання, наприклад за допомогою обчислень із залученням вимірюваних або визначених параметрів)
10	Вироби тросових систем керування літальних апаратів	Спадна динаміка				
11	Частини складові гідравлічних і вакуумних систем, а також систем протиобledenня					
11.1	Гідравлічні та пневматичні акумулятори, насоси, двигуни, силові циліндри та фільтри	Спадна динаміка				
11.2	Кожухи для захисту від обledenня; рідинні насоси систем протиобledenня	128,1	Китай	BOEING CO	46 (28)	Перспективні: C09D000508 (Композиції для покриття, наприклад фарби, оліфи або лаки, що характеризуються фізичною природою або характером дії; заповнювальні пасти: протикорозійні фарби) C09D016300 (Композиції для покриття на основі епоксидних смол; композиції для покриття на основі похідних епоксидних смол)
11.3	Маслоочисники вакуумної системи; пневматичне обладнання системи наддуву, крім обладнання систем наддуву кабін та відсіків	102,9	Китай	GREE ELECTRIC APPLIANCES INC ZHUHAI	42 (12)	Пріоритетні: F25B003006 (Теплові насоси: що характеризуються джерелом низькопотенціального тепла) F25B004120 (Пристосовання для забезпечування циркуляції текучого середовища: розмішування клапанів, наприклад двопозиційних клапанів або клапанів для регулювання потоку (розширювальні клапани F25B 41/31)) F24D001910 (Конструктивні елементи (водо- або повітрянагрівачів F24H 9/00; теплообмінників або пристроїв для передавання тепла загального призначення F28F); улаштування або монтаж пристроїв керування або безпеки (які контролюють тільки нагрівач F24H 9/20));

						F25B003002 (Теплові насоси (F25B 1/00-F25B 25/00, F25B 29/00 мають перевагу): компресійного типу)
12	Обладнання систем кондиціонування, обігріву та повітрянадуву літальних апаратів					
12.1	обладнання системи наддуву кабін; балони та бачки; блоки циліндрів; дихальні маски; бортова киснева система; спеціальні авіаційні клапани	Спадна динаміка				
12.2	регулятори системи підтримання тиску в кабінах; теплообмінники; повітряні турбоохолодильники; аеродромні обігрівачі літальних апаратів	104,4	Китай	GREE ELECTRIC APPLIANCES INC ZHUNHAI	40 (52)	Пріоритетні: H01M0010613 (Вторинні елементи; їх виготовлення: охолодження або утримування в холодному стані)
12.3	компоненти вентиляційної системи; повітропроводи систем кондиціонування та обігріву	Спадна динаміка				
13	Парашути; авіаційні бортові системи завантаження (приймання вантажу без здійснення посадки), та доставки вантажу на землю; обладнання для кріплення вантажу на борту літального апарату	135,8	Китай	BOEING CO	40 (42)	Пріоритетні: B64D004708 (Обладнання, не охоплене іншими групами: компонування фотокамер); G06F003020 Автоматизоване проєктування: оптимізація проєктування , верифікація або моделювання (оптимізація, верифікація або моделювання проєктування схем G06F 30/30); G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден); G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S))
14	Обладнання літальних апаратів та складові частини					
14.1	механізми та пристрої реверсивного керування);	Спадна динаміка				
14.2	бортові пристрої регулювання положення та фіксації вантажу; квадранти (сектори), що	154,0	Китай	BOEING CO	34 (7)	Пріоритетні: H04B0007185 (Системи радіозв'язку, тобто системи, що використовують поле випромінювання (H04B 10/00, H04B 15/00 мають перевагу): станції, розташовані в космосі, або бортові станції (H04B 7/204 має перевагу)); Перспективні: B64D004708 (Обладнання, не охоплене іншими групами: компонування фотокамер)

	встановлюються у кабіні;					G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах (G05D 1/12 має перевагу)) B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення)
14.3	силові приводи механічні та електромеханічні; перепускні патрубки;	Спадна динаміка				
14.4	вентилятори;	113,9	Китай	SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	43 (19)	Перспективні: F04D002966 Конструктивні елементи, вузли або допоміжне приладдя (деталі машин взагалі F16): запобігання кавітації, завихрюванню, шуму, вібрації тощо (глушники або вихлопні пристрої, призначені для машин або двигунів взагалі F01N); балансування (згладжування пульсацій F04D 27/02) F04D002938 (Конструктивні елементи, вузли або допоміжне приладдя (деталі машин взагалі F16): лопаті) F24F00010011 (Кімнатні блоки для кондиціонування повітря, наприклад роздільні або автономні блоки, або блоки, які одержують первинне повітря з центральної станції, які характеризуються виходами для повітря)
14.5	пристрої для буксирування планерів, які кріпляться до літаків;	116,6	Китай	BOEING CO	39 (10)	Пріоритетні: G05D000102 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): керування положенням або курсом у двох вимірах); G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S)) B64D004708 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): керування)
14.6	ремені безпеки; кріплення для фіксації нош;	110,9	Китай	Daiichi Shokai KK	0 (0)	Перспективні: B60N000228 (Сидіння, спеціально пристосовані для транспортних засобів; розташовування або монтування сидінь у транспортних засобах: швидкозаставляючі на існуючих сидіннях транспортного засобу або швидкознімні з них) B60R002248 (Ремені безпеки або інші засоби для фіксації тіла пасажирів всередині транспортного засобу: системи керування, сигнальні пристрої або блокувальні системи для правильного використання ремня або пояса); B60R002226 (Ремені безпеки або інші засоби для фіксації тіла пасажирів всередині транспортного засобу: що закріплюються на сидіннях)

14.7	електричні склоочисники; бортові генератори інертних газів; бортова фурнітура; бортові лебідки і блоки; тримачі для карт; шторки; регулятори натягу тросів; сонцезахисні козирки; дзеркала заднього огляду;	120,8	Китай	STATE GRID CORP CHINA	36 (73)	Пріоритетні: B66C001500 (Запобіжні механізми (для механізмів намотування канатів, тросів або ланцюгів B66D 1/54)); B66C002362 (Крани, що містять консольну балку, стрілу або трикутну конструкцію, встановлену з можливістю поступального або обертального руху в вертикальній або горизонтальній площині або з можливістю поєднання таких рухів, наприклад стрілові крани, консольні крани, щоглові крани, дерик-крани, баштові крани (опорні конструкції з колонами B66C 5/00; пристосування балкових або інших опорних конструкцій підкранової колії B66C 6/00): конструктивні елементи (екскаваторів E02F)) B66C001316 (Інші конструктивні елементи кранів: викор)истання пристроїв для вимірювання, урахування або зважування (у кранових гаках B66C 1/40; у запобіжних пристроях B66C 15/00; пристрої для зважування G01G; дистанційна передача показань взагалі G08); B66D000128 (Механізми для намотування або розмотування канатів, тросів або ланцюгів; кабестани (переносні або пересувні пристрої для підймання або переміщення вантажів B66D 3/00): інші конструктивні елементи) B66D000112 (Механізми для намотування або розмотування канатів, тросів або ланцюгів; кабестани (переносні або пересувні пристрої для підймання або переміщення вантажів B66D 3/00): що містять електричні двигуни)
14.8	складові частини системи дозаправки в повітрі, в тому числі складові частини паливної системи;	120,6	Китай	BOEING CO	19 (293)	Перспективні: G08G000500 (Системи керування рухом повітряного транспорту); B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); Пріоритетні: B64D002724 (Гвинтокрилі літальні апарати; несучі гвинти, характерні для них: із лопатями несучого гвинта, що зафіксовані в польоті і діють як несучі поверхні); G05D000110 (Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах (G05D 1/12 має перевагу))
14.9	механічні трансмісії, коробки перемикання швидкостей та редуктори, а також авіаційні приводи постійних обертів	Спадна динаміка				
15	Обладнання для забезпечення посадки літальних апаратів	Спадна динаміка				
16	Обладнання для забезпечення зльоту літальних апаратів					
16.1	Катапульти	Спадна динаміка				

16.2	Засоби наземного обслуговування літальних апаратів	142,9	Китай	HUDONG ZHONGHUA SHIPBUILDING GROUP CO LTD	36 (65)	Перспективні: G06N000308 Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: способи навчання F04D001308 (Насосні установки або системи (керування та регулювання F04D 15/00; з одночасним перекачуванням рідини і пружного текучого середовища F04D 31/00): для роботи в зануреному стані); E06C000708 (Конструктивні елементи, опорні чи допоміжні пристрої: особлива конструкція поздовжніх елементів, перекладин або східців); B63B003500 (Кузови транспортних засобів, які характеризуються обтічними формами); B63B001700 (Пристрої на транспортних засобах, призначені для регулювання розходження, кута поздовжнього нахилу шворня або сходження передніх коліс); G06N000304 (Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: архітектура, наприклад топологія з'єднання)
17	Аеродромні автомобілі та причепи, спеціальні					
17.1	спеціальні аеродромні автомобілі та причепи, призначені переважно для транспортування агрегатів та вузлів літальних апаратів	131,3	Китай	Honda Motor Co Ltd	40 (95)	Перспективні: B60L005366 Способи заряджання акумуляторів, спеціально призначених для електричних транспортних засобів; зарядні станції або бортові зарядні установки для цього; заміна елементів зберігання енергії в електричних транспортних засобах: передача даних між зарядними станціями та транспортними засобами B60L005812 (Способи або схеми для контролювання або керування акумуляторами або паливними елементами, спеціально призначені для електричних транспортних засобів: з врахуванням стану зарядженості); H01M0010613 (Вторинні елементи; їх виготовлення: охолодження або утримання в холодному стані); B60K000104 (Компонування або монтування електричних силових установок: акумуляторів електроенергії, що використовується для руху транспортних засобів); H02J000700 (Схеми для заряджання або деполіризації батарей або для живлення навантажень від батарей).
17.2	причепи для форсажних камер, двигунів, гвинтів, фюзеляжів та крил	110,0	Китай	SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	27 (76)	Перспективні: G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден) G06F003020 (Автоматизоване проєктування: оптимізація проєктування, верифікація або моделювання (оптимізація, верифікація або моделювання проєктування схем G06F 30/30)); B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); B64C002900 (Літальні апарати, здатні здійснювати вертикальну посадку або зліт, наприклад літальний апарат вертикального зльоту та посадки (гвинтокрил B64C 27/00)); B64D002724 (Гвинтокриллі літальні апарати; несучі гвинти, характерні для них: із лопатями несучого гвинта, що зафіксовані в польоті і діють як несучі поверхні).
17.3	вантажні автомобілі для перевезення фюзеляжів та крил літака; вантажні автомобілі для	114,8	Китай	BOEING CO	25 (109)	Перспективні: G06F003020 Автоматизоване проєктування: оптимізація проєктування, верифікація або моделювання (оптимізація, верифікація або моделювання проєктування схем G06F 30/30) B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); Пріоритетні:

	евакуації літаків, що зазнали аварії					G06F003015 (Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден); B64C002900 (Літальні апарати, здатні здійснювати вертикальну посадку або зліт, наприклад літальний апарат вертикального зльоту та посадки (гвинтокрил B64C 27/00)); B64C000106 (Фюзеляжі; особливості конструкції, спільні для фюзеляжів, крил, стабілізуювальних поверхонь або інших подібних елементів: каркаси; стрингери; лонжерони).
17.4	полозки для транспортування двигунів; станини для транспортування двигунів	115,6	Китай	GEN ELECTRIC	31 (236)	Перспективні: B64F000560 (Конструювання, вироблення, збирання, очищення, технічне обслуговування або ремонтування літальних апаратів, не охоплені іншими групами; маніпулювання, транспортування, випробування або перевіряння елементів літальних апаратів, не охоплені іншими рубриками: випробування або перевіряння елементів або систем літальних апаратів) B64C003902 (Літальні апарати, не охоплені іншими групами: спеціального призначення); B64D002724 (Гвинтокрилі літальні апарати; несучі гвинти, характерні для них: із лопатями несучого гвинта, що зафіксовані в польоті і діють як несучі поверхні).
17.5	аеродромні причепи для перевезення бомб	111,9	Китай	Zahnradfabrik Friedrichshafen	38 (18)	Перспективні: B32B000712 (Шаруваті вироби, які характеризуються зв'язком між шарами; шаруваті вироби, які характеризуються взаємною орієнтацією конструктивних ознак між шарами або взаємними величинами вимірюваних параметрів між шарами, тобто вироби, що складаються з шарів, які мають різні фізичні, хімічні або фізико-хімічні властивості; шаруваті вироби, які характеризуються взаємозв'язком між шарами: з використанням введених клеїв або матеріалів із зв'язувальними властивостями)
Сфера інтересів НАТО за тематикою «Військова авіація»						
1	Автономні гіперзвукові апарати;	188,6	Китай	BOEING CO	23 (17)	Пріоритетні: G06F011110 Чисельне моделювання G06F011308 Рідини G06F011914 Елементи, що стосуються типу або мети аналізу або оптимізації: аналіз сил або оптимізація сил, наприклад статичних або динамічних сил B60W006000 системи управління силовою установкою, спеціально пристосовані для автономних дорожніх транспортних засобів
2	Мікро- та міні-літаки, створені в біологічному стилі;	159,2	Китай	Wing Aviation LLC	35 (4)	Пріоритетні: B64U010130 БПЛА, спеціально пристосовані для певного використання або застосування: для обробки зображень, фотографії та відеозйомки Перспективні: G06F003027 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: використання машинного навчання, наприклад штучного інтелекту, нейронних мереж, опорних векторних машин [SVM] або навчання моделі G06N0003048 Обчислювальні пристрої на основі біологічних моделей: Функції активації
3	Мініатюризація, малі супутники (smallsats);	220,0	Китай	Semiconductor Energy LAB	0 (0)	Пріоритетні: H01L0029786 Тонкоплівкові транзистори H10B001200 Пристрої динамічної оперативної пам'яті [DRAM]

						H10B004170 Електрично стираємі та програмовані пристрої ПЗУ [EEPROM], що містять плаваючі затвори: плаваючий затвор є електродом, спільним для двох або більше компонентів H01L00218234 Виробництво або обробка з використанням технології групи IV, наприклад кремнієвої технології або технології карбіду кремнію [SiC]
4	Гібридно-електричні аеромоторні установки	118,7	США	Hyundai Motor Co Ltd	0 (0)	Пріоритетні: F02C000736 Особливості, конструктивні елементи, вузли або додаткове приладдя, не охоплені або які становлять інтерес незалежно від груп F02C 1/00-F02C 6/00; повітрязабірники до реактивних установок (керування F02C 9/00): передавання потужності між різними валами газотурбінної установки або між газотурбінною установкою та споживачем (F02C 7/32 має перевагу; з'єднувальні муфти для передавання обертального руху F16D; передавання взагалі F16H); Перспективні: B64D004100 енергетичні установки допоміжного призначення H01M001042 Методи або пристрої для обслуговування або технічного обслуговування вторинних комірок або вторинних напівелементів
5	Легка технологія гіперспектрального зображення високої роздільної здатності для місій напівпостійного спостереження	110,9	Китай	BOEING CO	26 (3)	Пріоритетні: G06F003023 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: використання методів кінцевих елементів [FEM] або методів кінцевих різниць [FDM] Перспективні: G06N00030464 Обчислювальні пристрої на основі біологічних моделей: Згорткові мережі
6	Мініатюризація радіочастотного датчика; плазмоніка для зменшення розміру ПЧ-детектора	122,7	Китай	BOEING CO	31 (27)	Пріоритетні: G01D002102 Вимірювання двох або більше змінних за допомогою засобів, які не охоплені жодним іншим підкласом Перспективні: G01M001514 Випробовування двигунів: випробовування газотурбінних або реактивних двигунів G06N000304 Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: архітектура, наприклад топологія з'єднання G06F003015 Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден
7	Швидке моделювання середовища 3D	166,3	Китай	BOEING CO	30 (14)	Пріоритетні: G06F003027 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: використання машинного навчання, наприклад штучного інтелекту, нейронних мереж, опорних векторних машин [SVM] або навчання моделі G06F011308 Рідини Перспективні: G05D000146 Контроль положення або курсу в трьох вимірах
8	Використання роботизованих приманок	153,6	США	BOEING CO	0 (0)	Пріоритетні: G06T000700 Аналіз зображення G06N002000 Машинне навчання

						G06N000304 Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: архітектура, наприклад топологія з'єднання
9	підвищення продуктивності людини	121,4	Китай	Thales SA	0 (0)	Пріоритетні: G01C002300 Комбіновані прилади, що вказують більше одного навігаційного значення, наприклад, для літаків; комбіновані вимірювальні пристрої для вимірювання двох або більше змінних рухів, наприклад відстані, швидкості або прискорення Перспективні: B64D004300 аранжування або адаптація інструментів G05B0019418 Загальний заводський контроль, тобто централізований контроль кількох машин, наприклад пряме або розподілене числове керування [DNC], гнучкі виробничі системи [FMS], інтегровані виробничі системи [IMS] або комп'ютерно інтегроване виробництво [CIM] B64D004700 Обладнання, не включене в інші категорії (камери, сигнальні або освітлювальні пристрої тощо)
10	Людино-машинна співпраця та спілкування	121,8	Китай	BAE System PLC	14 (11)	Пріоритетні: G05D000110 Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах (G05D 1/12 має перевагу) G06N000308 Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: способи навчання G06F003027 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: використання машинного навчання, наприклад штучного інтелекту, нейронних мереж, опорних векторних машин [SVM] або навчання моделі
11	Планування місії зброї високої потужності радіочастот (HPRF).	128,1	Китай	BAE System PLC	28 (21)	Пріоритетні: F41H0001 Індивідуальне захисне спорядження; Перспективні: G05D000110 Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування (радіонавігаційні або аналогічні системи з використанням інших хвиль G01S): одночасне керування положенням або курсом у трьох вимірах G06N000308 Обчислювальні пристрої, що ґрунтуються на біологічних моделях: способи навчання G06F003027 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: використання машинного навчання, наприклад штучного інтелекту, нейронних мереж, опорних векторних машин [SVM] або навчання моделі
12	Інтелектуальне управління польотом	143,8	Китай	BOEING CO	28 (7)	Перспективні: G06F003027 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: використання машинного навчання, наприклад штучного інтелекту, нейронних мереж, опорних векторних машин [SVM] або навчання моделі G06F003015 Автоматизоване проєктування: проєктування автомобілів, літаків або суден

						G06F003020 Автоматизоване проєктування: оптимізація проєктування , верифікація або моделювання (оптимізація, верифікація або моделювання проєктування схем G06F 30/30)
13	Ройовоцентричні системи;	178,2	Китай	Univ Nanjing Aeronautics & Astronautics		Перспективні: G05B001304 Адаптивні системи керування, а саме системи, які автоматично пристосовуються, щоб мати оптимальну робочу характеристику відповідно до певного заданого критерію (G05B 19/00 має перевагу; машинне навчання G06N 20/00): з використанням моделей або моделювальних пристроїв G06N002000 Машинне навчання G06F011914 Елементи, що стосуються типу або мети аналізу або оптимізації: аналіз сил або оптимізація сил, наприклад статичних або динамічних сил
14	Інтелектуальна автономія (тобто все більш досконалий вбудований ІШ)	215,2	Китай	Huawei Tech CO LTD	0 (0)	Пріоритетні: G06N00030464 Обчислювальні пристрої на основі біологічних моделей: Згорткові мережі G10L001702 Методи ідентифікації або верифікації мовця: Операції попередньої обробки, наприклад вибір сегмента; Представлення шаблону або моделювання, наприклад, на основі лінійного дискримінантного аналізу (LDA) або головних компонентів; Вибір або виділення функції Перспективні: G06F003028 Оптимізація, верифікація або моделювання конструкції: з використанням динаміки рідини, наприклад, з використанням рівнянь Нав'є-Стокса або обчислювальної динаміки рідини [CFD] G05D010920 Типи контрольованих транспортних засобів: літальні апарати, наприклад дрони

**ПИСАРЕНКО Т.В.
БОГОМАЗОВА В.М.
КВАША Т.К.**

**ПЕРСПЕКТИВНІ СВІТОВІ НАУКОВІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ НАПРЯМИ
ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ «АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА І КРИТИЧНІ
КОМПЛЕКТУВАЛЬНІ ВИРОБИ ДО НЕЇ**

Науково-аналітична записка

Матеріали друкуються в авторській редакції
Формат: PDF. Об'єм даних 192 КБ.

Інтернет-адреса видання: www.uintei.kiev.ua/sites/default/files/Avia-kos-technik_2025.pdf

Редакція: ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»
(УкрІНТЕІ)

03150, м. Київ, вул. Антоновича, 180 Тел. (044) 521-00-10, e-mail: uintei@uintei.kiev.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5332 від 12.04.2017 р