УДК 623.746-519

Б. В. Білокопитов, Ю. В. Шабатура

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. *Розглянуто пріоритетні напрями розвитку безпілотних авіаційних систем військового призначення на основі аналізу відкритих документів НАТО, Європейського оборонного агентства та дослідження людського чинника. Запропоновано поєднувати вимоги до сумісності, надійності, керованої автоматизації та підготовки персоналу з оцінюванням підтримки протягом усього життєвого циклу. Визначено якісні критерії зіставлення перспективних рішень без підміни перевірених результатів декларованими характеристиками.*

Ключові слова: *безпілотні авіаційні системи; військова техніка; сумісність; автоматизація; людський чинник.*

Annotation. *Priority areas for the development of military unmanned aircraft systems are examined through an analysis of publicly available NATO and European Defence Agency documents and a human factors study. An approach is proposed that combines interoperability, reliability, human oversight of automation, and personnel training with life-cycle support assessment. Qualitative criteria are outlined for comparing prospective solutions while distinguishing verified results from declared capabilities.*

Keywords: *unmanned aircraft systems; military equipment; interoperability; automation; human factors.*

Розвиток безпілотних авіаційних систем (БпАС) військового призначення потребує узгодження технічних можливостей із готовністю підрозділів до їх використання. У межах цієї роботи БпАС розглядається як сукупність літального апарата, наземного пункту керування, засобів обміну даними, засобів програмного та технічного забезпечення. Підготовка персоналу є необхідною умовою реалізації можливостей такої системи. Тому порівняння лише характеристик апарата не дає достатньої підстави для визначення пріоритетів розвитку.

План впровадження автономності НАТО орієнтує розвиток на сумісні системи та узгоджені підходи до інтеграції автономних функцій [1]. Європейське оборонне агентство пов’язує цей процес зі стандартизацією, випробуваннями й підтримкою життєвого циклу [2]. Це зумовлює необхідність розглядати перспективний зразок військової техніки разом з умовами його впровадження. Пріоритетність напряму має визначатися внеском у цілісну спроможність, а також можливістю підтвердити заявлені властивості.

Мета роботи полягає в систематизації пріоритетних напрямів розвитку БпАС військового призначення та формуванні якісних критеріїв їх оцінювання. Застосовано аналіз та узагальнення відкритих стратегічних документів і тематичного дослідження підготовки персоналу [1–4]. Результатом є аналітична схема, що поєднує технічні, організаційні та кадрові вимоги. Вона не встановлює універсального рейтингу систем: значущість окремих критеріїв залежить від призначення БпАС, умов їх використання й доступних ресурсів.

Перший напрям охоплює сумісність БпАС із наявною інформаційною та навчальною інфраструктурою. У плані Європейського оборонного агентства модульні відкриті архітектури розглядаються як засіб підтримки інтеграції, а різноманіття несумісних рішень виробників визначено як проблему стандартизації [2]. Звідси випливає доцільність розглядати доступність документації на інтерфейси та підтвердження сумісності як окремі критерії оцінювання перспективного виробу.

У запропонованій схемі сумісність слід оцінювати за наявністю документованих вимог, результатів перевірки взаємодії та визначеного порядку супроводу змін. Модульність доцільно характеризувати можливістю оновлення окремої складової без невиправданої заміни всієї системи. Водночас сама наявність змінних компонентів ще не підтверджує такої властивості: необхідно враховувати залежності програмних версій, документації та підготовки користувачів. Ці критерії дають змогу відокремити задекларовану відкритість рішення від підтвердженої здатності до інтеграції.

Другий напрям полягає у формуванні достатніх і перевірених вимог до надійності та безпечності БпАС. Оновлена стратегія НАТО щодо штучного інтелекту визначає випробування, оцінювання, верифікацію та валідацію як складові відповідального впровадження відповідних технологій [3]. Для систем, що містять функції штучного інтелекту, окреме значення мають якість даних і межі застосовності отриманих результатів. Висновок для певної версії програмного забезпечення або набору умов не слід автоматично поширювати на всі наступні модифікації.

Пропонується оцінювати зрілість рішення за простежуваністю зв'язку між вимогою, перевіркою та зафіксованим результатом. За відсутності такого зв'язку перевага залишається лише припущенням. У матеріалах оцінювання доцільно окремо зазначати підтверджені властивості, обмеження та питання, що потребують додаткової перевірки. Такий поділ дає замовнику можливість бачити обсяг невизначеності, а розробнику — визначати черговість подальших досліджень. Узагальнена позитивна оцінка не повинна приховувати неперевірені критичні властивості.

Для БпАС доцільно окремо розмежовувати оцінювання повітряного сегмента, наземного пункту керування та їх взаємодії. Запропоновані критерії не замінюють підтвердження льотної придатності. Вони доповнюють оцінювання вимогою узгодженості документації на літальний апарат і наземне обладнання. Зміни в одному сегменті мають бути відображені у відомостях про конфігурацію всієї системи, щоб результати попередніх перевірок не застосовувалися до фактично іншого виробу.

Третій напрям поєднує розвиток автоматизованих функцій із відповідальністю людини та зрозумілістю роботи системи. Принципи НАТО для автономних систем зі штучним інтелектом охоплюють відповідальність, пояснюваність, надійність і керованість [1]. У цій роботі керована автоматизація означає визначені межі повноважень технічної системи, зрозуміле відображення її стану та збереження належного людського контролю. Рівень автоматизації пропонується розглядати як проєктне рішення, яке потребує обґрунтування для конкретної функції.

Дослідження NASA щодо малих БпАС акцентує увагу на зміні ролей персоналу, керуванні навантаженням і координації роботи екіпажу в умовах зростання автоматизації [4]. Рекомендації, сформовані переважно для інтеграції малих БпАС у повітряний простір США, у цій роботі узагальнено щодо людського чинника; їх застосовність до військових БпАС потребує окремої перевірки.

Як критерії розвитку пропонуються зрозумілість розподілу ролей, узгодженість навчальних матеріалів із версією системи та можливість оцінити засвоєння персоналом її обмежень. Окремої уваги потребує відповідність навчання змінам інтерфейсу й автоматизованих функцій. Оновлення техніки має супроводжуватися переглядом навчальної документації. Такий підхід дає змогу оцінювати готовність до впровадження ширше, ніж за фактом постачання обладнання або завершення формального курсу.

Четвертий напрям стосується передбачуваності підтримки БпАС від впровадження до завершення використання. Європейський план розвитку автономних систем поєднує технологічне вдосконалення з інфраструктурою оцінювання та питаннями життєвого циклу [2]. Відповідно, на етапі вибору напряму розвитку доцільно враховувати не лише початкову вартість, а й доступність документації, навчання, програмного супроводу та можливість підтримувати сумісність після оновлень.

У запропонованій схемі економічна доцільність розглядається разом із ресурсами, необхідними для збереження придатності системи. Однакова ціна закупівлі не означає однакових витрат протягом використання. Водночас без даних про тривалість підтримки, склад послуг і умови оновлення некоректно стверджувати, що певна архітектура гарантовано дешевша у використанні. Пріоритет слід надавати рішенням, для яких витрати та зобов'язання можна описати й перевірити. Така постановка питання пов'язує розвиток зразка з його довготривалою підтримкою, не підмінюючи аналіз розрахунками на непідтверджених припущеннях.

Запропоновані напрями доцільно зіставляти в єдиному описі перспективного рішення. Для кожного з них потрібно визначати очікувану властивість, наявні докази, невирішені обмеження та потребу в ресурсах. Вимога сумісності перевіряється разом із підтримкою змін; автоматизація - разом із зрозумілістю для користувача; оновлення - разом із повторним

оцінюванням і навчанням. Це дає підставу аналізувати взаємозалежності, які залишаються поза увагою під час ізольованого порівняння характеристик.

Практичним результатом такого підходу може бути обґрунтована черговість дослідницьких робіт: спочатку виявляють непідтверджені критичні вимоги, далі визначають необхідні дослідження і лише після отримання результатів переглядають оцінку зрілості. Пропонована схема не передбачає довільного підсумовування переваг. Висока оцінка одного напряму не усуває неприйнятного обмеження в іншому. Числові ваги та порогові значення доцільно встановлювати в окремому дослідженні на основі вимог замовника й фактичних даних.

Наприклад, сумісність наземного пункту керування не можна вважати доведеною лише за наявності заяви виробника. В аналітичному описі слід розрізняти задекларовану властивість, документально підтверджений результат перевірки та результат, отриманий лише для обмеженої конфігурації. Це умовний приклад застосування запропонованого підходу, а не оцінка конкретного виробу.

Пріоритетні напрями розвитку БпАС військового призначення систематизовано в чотири взаємопов'язані групи: сумісність і модульність; надійність і доказовість оцінювання; керована автоматизація та підготовка персоналу; підтримка життєвого циклу. Запропонована схема переводить обговорення перспективного зразка від переліку заявлених характеристик до зіставлення вимог, доказів і ресурсів. Її практична цінність полягає у впорядкуванні вимог до досліджень та обґрунтуванні подальшого розвитку військової техніки. Наступним етапом має стати перевірка придатності критеріїв на відкритих даних про конкретні класи БпАС.

Список використаних джерел:

1. NATO. Summary of NATO's Autonomy Implementation Plan. 13 October 2022. URL: https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2022/10/13/summary-of-natos-autonomy-implementation-plan (дата звернення: 13.10.2026).

2. European Defence Agency. The EDA Action Plan on Autonomous Systems: Preparing the Autonomous Systems of the Future. 2024. 32 p. DOI: https://doi.org/10.2836/6119972.

3. NATO. Summary of NATO's Revised Artificial Intelligence (AI) Strategy. 10 July 2024. URL: https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2024/07/10/summary-of-natos-revised-artificial-intelligence-ai-strategy (дата звернення: 13.10.2026).

4. Scheff S., Sadler G., Saephan M. et al. Personnel Selection, Roles, and Training for sUAS. NASA/TM-20250002531. 2025. URL: https://ntrs.nasa.gov/citations/20250002531 (дата звернення: 13.10.2026).

Білокопитов Богдан Володимирович *- начальник кафедри безпілотних систем Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, вул. Героїв Майдану, 32, інд. 79012, e-mail: Bogdan9455@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0006-5199-2574.*

Шабатура Юрій Васильович *– доктор технічних наук, професор кафедри фундаментальних наук, Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, вул. Героїв Майдану, 32, інд. 79012, e-mail: shabaturayuriy@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9961-1244.*

Bohdan Volodymyrovych Bilokopytov *- Head of the Department of Unmanned Systems, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, 32 Heroiv Maidanu St., Lviv, Ind. 79012, e-mail: Bogdan9455@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0006-5199-2574.*

Yuriy Vasyliovych Shabatura *– Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fundamental Sciences, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, 32 Heroiv Maidanu St., Lviv, Ind. 79012, e-mail: shabaturayuriy@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9961-1244*