

УДК 623.746

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2024.1\(41\).89-99](https://doi.org/1034169/2414-0651.2024.1(41).89-99)

Б. О. ДЕМІДОВ, доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>
(Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків)

О. Ф. ВЕЛИЧКО, магістр управління суспільним
розвитком
<https://orcid.org/0000-0002-7631-6584>
(Апарат Ради національної безпеки
і оборони України, м. Київ)

М. В. БОРИСЕНКО, кандидат технічних наук,
старший дослідник
<https://orcid.org/0000-0002-6997-6429>
(Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків)

С. Б. ПАНТЕЛЕЄВ
(Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, м. Київ)
<https://orcid.org/0009-0004-2895-388X>

СИСТЕМНО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПАРКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ЗАГАЛЬНИХ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ НИМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ ГІБРИДНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У статті запропоновано системно-концептуальний підхід до принципів формування у збройних силах держави парку безпілотних літальних апаратів/комплексів (БпЛА/БпАК) та його інтеграції до складу системи озброєння збройних сил.

Визначаються вимоги до типуажу БпАК, які мають бути включені до складу парку БпЛА. Наводиться методика обґрунтування раціонального складу парку БпЛА з відображенням основних дослідницьких етапів, що входять до складу цієї методики.

Визначена перспективність побудови системи управління БпАК, заснованої на раціональному поєднанні елементів розумової системи людини-оператора управління та елементів штучного інтелекту в рамках інтегрованого гібридного інтелекту.

Наведено методологічну схему досліджень з обґрунтування та вибору доцільної структурно-функціональної побудови системи управління БпАК.

Ключові слова: парк безпілотних літальних апаратів, система управління, природний, штучний та гібридний інтелект, управлінські рішення, стратегія управління.

ВСТУП

У технологічно розвинених країнах спостерігається стрімке зростання масштабів створення та використання безпілотних літальних апаратів з різноманітним цільовим призначенням та оснащення ними своїх збройних сил. У центрі уваги знаходяться ударні, розвідувальні БпЛА та БпЛА забезпечення одноразового та багаторазового використання стратегічного, оперативного-тактичного та тактичного рівнів застосування.

Вважається, що найбільшу ефективність застосування слід очікувати від багатоцільових БпЛА, що поєднують ударні та розвідувальні функції і здатні виконувати широкий спектр бойових завдань при одиночному та груповому їх застосуванні з повітряної та наземних платформ. Сучасні БпЛА відрізняються підвищеним рівнем їх маневрених можливостей в зонах і районах ведення операцій і бойових дій. Використання БпЛА доводиться здійснювати, як правило, в умовах інтенсивного антагоністичного протистояння конфліктуючих сторін при взаємному рефлексивному управлінні та взаємовпливу кожної із сторін для забезпечення своїх інтересів [1–3].

При взаємному рефлексивному процесі відчутний позитивний управлінський ефект із меншим рівнем ризику може бути досягнутий тією стороною, яка випереджає рефлексивну дію протилежної сторони, використовуючи запобіжні дії і адекватні операційно-тактичні ситуації, що складаються, засоби розвідки, радіоелектронної боротьби і, загалом, всієї своєї системи підтримки прийняття управлінських рішень [4].

Застосування ударних БпЛА може здійснюватися в режимах ураження наземних, надводних та повітряних об'єктів, а розвідувальних БпЛА – у режимі повітряного патрулювання заданого району з отриманням інформації на користь видів збройних сил та родів військ. Особливими класами ударних безпілотних літальних апаратів є БпЛА вертолітного типу і безпілотні конвертоплани. Використання таких типів БпЛА істотно відрізняється від літакового типу і вимагає іншої інфраструктури обслуговування та застосування.

У цей час розробники БпЛА, ґрунтуючись на досвіді застосування БпЛА в конфліктах, прагнуть зробити нові БпЛА максимально універсальними, модульними та взаємозамінними, як у стратегічних, так і в тактичних операціях, як при виконанні ударних, так і при виконанні розвідувальних функцій. Це проявляється у прагненні авіаційних фірм звести до купи у безпілотному розвідувальному ударному багатоцільовому комплексі різне обладнання, призначене для виконання завдань розвідки (включаючи спостереження і виявлення цілей), створення перешкод радіотехнічним засобам противника, подолання ППО, нанесення ударів по наземних та інших цілях тощо [5].

Реалізація такого великого кола завдань на одному апараті вимагає нових концепцій побудови бортових інформаційно-керуючих систем, встановлення більш різноманітного бортового обладнання. Інформаційні та ударні бортові системи у цьому випадку можуть досягти масогабаритних характеристик, які будуть значно перевищувати конструктивні можливості БпЛА. Тому одним з найбільш раціональних шляхів вирішення цієї

проблеми вбачається створення багатоцільових БпЛА зі змінними модулями відповідного призначення [6].

На сьогодні сформувався підвищений інтерес до малогабаритних (у тому числі мініатюрних) БпЛА, що відносяться до розвідувальних тактичних БпЛА ближньої дальності дії. Це пояснюється новими досягненнями в галузі мініатюризації бортових компонентів БпЛА та новими концепціями застосування таких апаратів, зокрема потребами підвищення інформаційної забезпеченості наземних військ тактичного рівня. Прогнозується застосування «зграй» БпЛА – мікророботів, домінуючих над полем бою та над об'єктами противника.

Зазначене вище та інші обставини зумовлюють необхідність регулярного прогнозування перспектив створення та використання БпЛА нового покоління, і, відповідно до них, проводити дослідження з обґрунтування необхідного раціонального парку (типажу) комплексів з БпЛА, а також більш ефективних способів та методів застосування БпЛА та автоматизованого управління ними при веденні бойових дій з використанням, у тому числі, і БпАК з елементами гібридного інтелекту, що раціонально поєднає елементи природного та штучного інтелекту.

Мета статті – розкрити зміст запропонованого системно-концептуального підходу до формування парку БпАК та обґрунтувати необхідність використання елементів гібридного інтелекту в системі управління маневреними БпЛА при веденні бойових дій з їх застосуванням в ударних та розвідувальних цілях.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Безліч можливих варіантів типу та рівнів цільового призначення БпЛА військового призначення, варіантів їх оснащення бортовими засобами з різноманітними тактичними і технічними характеристиками, різноманітність тактики та умов їх застосування за своїм призначенням обумовлюють складність проблеми обґрунтування та формування парку БпАК, які плануються для включення до складу вдосконаленої системи озброєння збройних сил.

Ускладнення вирішення цієї проблеми обумовлюється також прагненням:

- значного підвищення бойової ефективності застосування ударних БпЛА;
- забезпечення економії сил і засобів для гарантованого ураження об'єктів супротивника ударними БпЛА;
- створення умов для оперативного маневрування тактичними та технічними ресурсами БпЛА;
- забезпечення можливості швидкого зосередження необхідних сил та засобів на можливих (очікуваних) критичних напрямках ведення бойових дій з використанням ударних БпЛА;
- здійснення необхідної тривалості спостереження за територією противника з використанням розвідувальних БпЛА з метою своєчасного розкриття його задуму та визначення наявних у нього сил і засобів;
- забезпечення стійкої інформаційної підтримки військ (сил) у різних умовах (станах) оперативно-тактичної обстановки в районі запровадження операцій (бойових дій) з використанням розвідувальних БпЛА тощо.

При цьому, необхідно виконати вимоги до утворення єдиної системи безпілотних засобів різних класів і призначення, що характеризується високою мірою уніфікації на рівні загальних принципів її побудови. Ця система має бути відкритою і передбачати поетапну розробку та впровадження БпАК та їх варіантів у війська (сили), а також тривалий життєвий цикл при можливості її вдосконалення під час модернізації з нарощуванням ТТХ і розширенням функціональних можливостей БпАК, що входять до складу системи.

У цих умовах особливу актуальність набувають дослідження з обґрунтування раціонального парку (типажу) комплексів з безпілотними літальними апаратами, що плануються для включення до складу системи озброєння збройних сил держави, що піддається подальшому вдосконаленню. Для цього необхідна розробка відповідних методичних засобів, що забезпечують проведення досліджень, пов'язаних з тактико-технічно-економічним обґрунтуванням БпАК, які необхідні для підвищення рівня технічного оснащення збройних сил.

Вирішення завдання формування єдиної системи БпАК у повному обсязі необхідно розглядати з міжвидових позицій на основі системного підходу [5]. У межах таких досліджень необхідна взаємна ув'язка результатів оперативно-тактичних, військово-технічних та техніко-економічних досліджень. Обґрунтування раціонального парку (типажу) БпАК доцільно реалізовувати у вигляді ітераційного багатоетапного процесу, в якому за результатами досліджень на окремих етапах повинні уточнюватися (деталізуватися) як результати вирішення окремих дослідницьких завдань, так і прийняті початкові цільові установки вибору необхідного парку (типажу) БпАК.

Процес обґрунтування раціонального парку (типажу) відрізняється великою складністю та значним ступенем невизначеності, викликаной, насамперед, тим, що умови та фактори, які приймаються та враховуються при порівняльному аналізі альтернативних варіантів парку (типажу), насправді в реальній діяльності в рамках проблематики, пов'язаної з БпАК, можуть виявитися суттєво іншими.

Тому при обґрунтуванні варіанта парку (типажу) БпАК необхідно звертати увагу не тільки на те, щоб показники його якості мали прийнятне значення, але, головним чином, на стійкість їх значень при зміні умов функціонування парку БпАК. У загальному випадку раціональний варіант типу повинен визначатися з урахуванням:

- концепції побудови, розвитку та бойового застосування парку БпАК;
- оперативно-тактичних факторів, що зумовлюють необхідність створення тих чи інших безпілотних комплексів;
- умов виконання ударних та розвідувальних завдань, що визначаються характером та способами введення збройної боротьби, динамікою бойових дій, протидією противника, фізико-географічними, природно-кліматичними та метеорологічними умовами;
- тактико-технічних характеристик існуючих, модернізованих і перспективних БпАК;
- рівня розвитку промислової бази держави та наявного науково-виробничого потенціалу;

- реального фінансово-економічного становища у державі та її збройних силах.

Конкретний вибір раціонального парку (типажу) БпАК багато в чому залежатиме від повноти та якості вирішення наступних взаємопов'язаних окремих дослідницьких завдань:

- визначення переліку, потрібного обсягу та послідовності розв'язання завдань, покладених на БпАК у воєнних конфліктах різного масштабу;
- формування значної кількості варіантів типу БпАК і оцінювання ефективності їх застосування в розрахункових умовах;
- формування варіантів типу БпАК та їх зіставлення на основі результатів оцінювання кількісно-якісного складу парку БпАК;
- військово-економічного аналізу отриманих результатів досліджень та вибору кращого парку (типажу) БпАК.

З позиції забезпечення мінімізації витрат парк БпАК достатньо оснастити такими БпАК, які вимагають мінімальних витрат на свою розробку, закупівлю та утримання, забезпечують виконання цільових завдань з необхідним рівнем ефективності в заданих умовах застосування та дозволяють зробити необхідне переозброєння ними збройних сил у найкоротші терміни. Методика обґрунтування раціонального парку (типажу) БпАК, які плануються для включення до складу вдосконалюваної системи озброєння збройних сил, може бути представлена у вигляді загальної схеми, що містить такі дослідницькі етапи, як (рис 1):

- етап формування вихідних даних, що характеризують можливі сценарії бойових дій протиборчих сторін у прогнозованих військових конфліктах, очікувані угруповання військ (сил) противника на кожному стратегічному напрямку, кількісно-якісний склад існуючого парку БпАК та оцінки його результативності, вихідний перелік існуючих БпАК та БпАК, що модернізуються і розробляються, з їх льотно-тактичними і технічними характеристиками, передбачувані вартості розробки, виробництва та експлуатації БпАК, що модернізуються та перспективних комплексів, фактичний стан оборонних галузей промисловості;
- етап формування переліку та обсягів завдань БпАК з проведенням оперативно-тактичних досліджень, метою яких є деталізація сценаріїв ведення операцій у напрямі визначення переліку обсягів та послідовності розв'язання задач БпАК у можливих воєнних конфліктах й у складі сил прикриття на інших напрямках, виходячи з воєнно-політичних і воєнно-стратегічних цілей дій сторін;
- етап оцінювання результативності використання варіантів типу БпАК з формуванням варіантів типу та проведенням досліджень з оцінювання рівня їх результативності шляхом визначення кількісно-якісного складу парку БпАК у повному обсязі, що забезпечують вирішення всього переліку завдань;
- етап військово-економічного аналізу результатів та вибору раціонального парку БпАК для оснащення цими комплексами збройних сил за мінімальних

витрат на розробку, закупівлю, при забезпеченні виконання завдань із заданим рівнем ефективності та із забезпеченням можливості проведення переозброєння у частині БпАК у прийнятні терміни.

Вибір раціонального варіанта типу БпАК необхідно здійснювати з урахуванням потреб, можливості та доцільності включення комплексів з БЛА до складу системи озброєння, використовуючи критерій, що відображає тріаду ефектів – «цільовий результат – витрати – час». Визначення необхідного кількісно-якісного складу парку БпАК має здійснюватися на основі імітаційного моделювання з урахуванням таких елементів та параметрів [5]:

- типові завдання БпАК;
- стратегічні напрями;
- сценарії розрахункових військових конфліктів;
- обсяг завдань БпАК у воєнних конфліктах, що прогнозуються або відбуваються;
- вогневе, інформаційне та інші види протидії противника;
- фізико-географічні та метеорологічні умови;
- типи БпАК;
- тактико-технічні характеристики БпАК;
- ефективність застосування БпАК при вирішенні типових завдань;
- економічні параметри БпАК.

При цьому має проводитися оцінювання стійкості кількісно-якісного складу парку БпАК до зміни обсягу, характеру та послідовності надходження завдань, а також до зміни рівня вогневої протидії супротивника у воєнних конфліктах, що прогнозуються або відбуваються.

Для оцінювання ефективності застосування варіантів БпАК може бути використаний узагальнений показник ефективності вирішення завдань, що покладаються на комплекси та показники ефективності вирішення окремих завдань. Узагальнений показник ефективності розв'язання задачі може бути розрахований як сума добутків коефіцієнтів важливості кожного підзавдання на показник ефективності її розв'язання. Вагові коефіцієнти мають визначатися експертним шляхом.

Отриманий раціональний варіант типу БпАК надається для ухвалення остаточного рішення з урахуванням результатів аналізу його переваг та недоліків. У збройних силах БпАК використовуються для вирішення різноманітних завдань, насамперед в умовах, коли застосування пілотованої авіації неможливо чи недоцільно. Наприклад, в умовах потужної протидії засобів ППО супротивника, тривалого повітряного спостереження за супротивником та контролю за обстановкою в зоні бойового зіткнення з ним тощо.

У сукупності дослідницьких завдань, які розв'язуються при створенні нових або модернізації існуючих БпЛА, поряд із завданням забезпечення високого рівня їх технічної досконалості та розширення маневрених можливостей, доводиться вирішувати не менш важливе і дуже непросте завдання – обґрунтування та вибір способів застосування та ефективного управління ними у процесі ведення операцій (бойових дій) з використанням БпЛА.

Концепція застосування БпЛА має передбачати їх політ у заданий район, пошук об'єктів противника, що підлягають ураженню, передачу на пункти управління

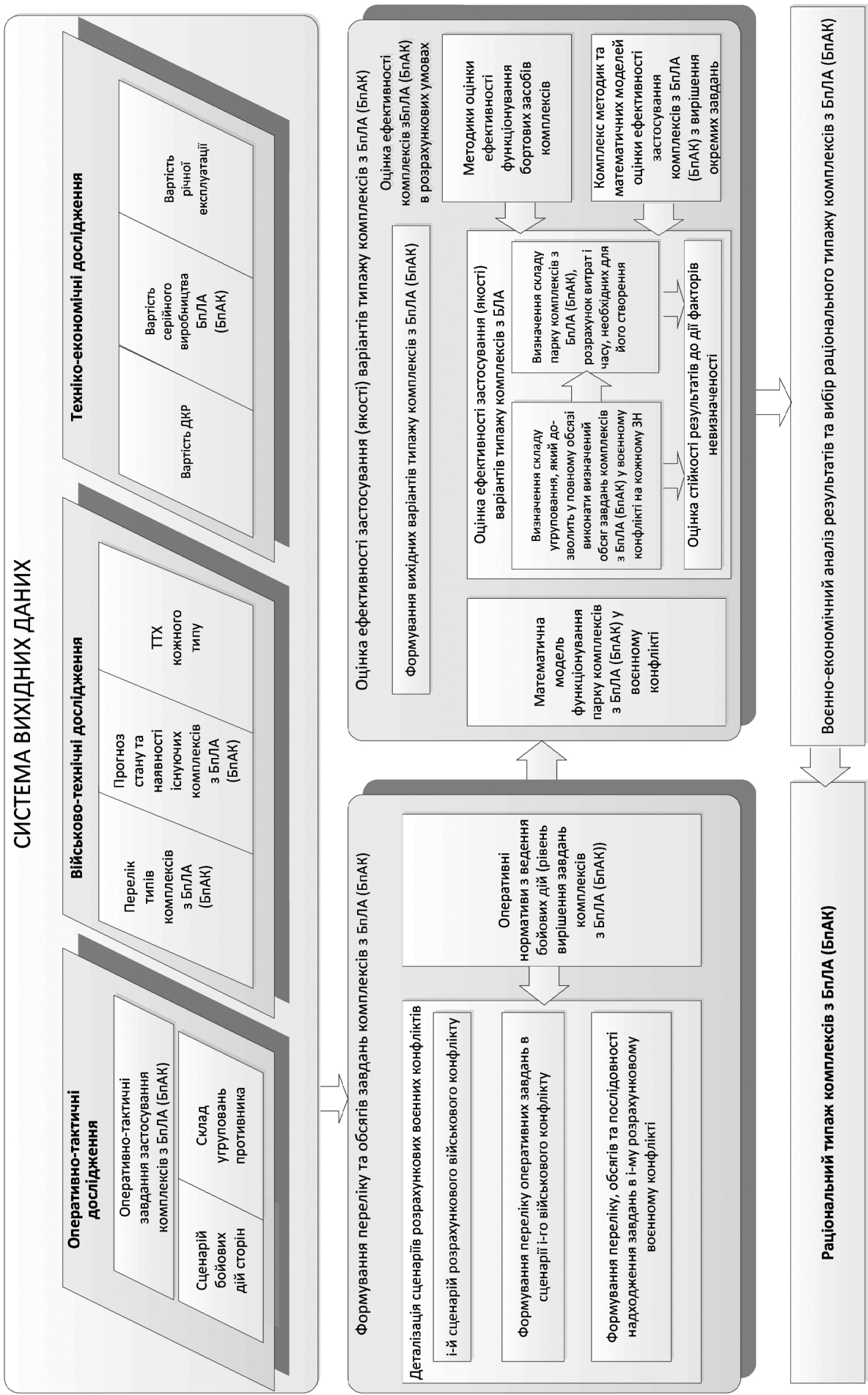


Рис. 1. Структура узагальненого методичного підходу до обґрунтування раціонального типуажу комплексів з БпЛА (БпАК)

зображень для їх ідентифікації, ураження та подальше повернення до місця базування (для БпЛА багаторазового застосування). Після завдання ударів по цілі БпЛА можуть, при необхідності, продовжувати свій політ вже в іншій конфігурації авіаційної групи або переходити в режим тривалого автономного баражування.

На ударні БпЛА багаторазового застосування може покладатися завдання із забезпечення виявлення, ідентифікації цілей та ураження пріоритетних наземних стаціонарних та мобільних цілей, вогневе придушення активних засобів ППО противника, а також ведення боротьби з повітряними цілями, зокрема з крилатими та балістичними ракетами на активній ділянці траєкторії їх польоту. БпЛА повинні мати низьку помітність в оптичному та радіолокаційному діапазонах, підвищену маневреність та міцність конструкції, значний радіус застосування та низьку інших характеристик [5].

Політ ударного БпЛА одноразового застосування виконується за заданою програмою до захоплення пасивною головкою самонаведення БпЛА відбитого випромінювання при зовнішньому підсвічуванні або власного випромінювання цілей, після чого БпЛА переходить у пікірування та вражає ціль за схемою «камікадзе». Іншим алгоритмом роботи одноразового БпЛА може бути його наведення за зовнішніми цілевказівками.

Важливе значення надається груповому застосуванню БпЛА, яке має низьку істотних переваг порівняно з одиночним застосуванням, хоча і є більш складним. До переваг групового застосування БпЛА можуть бути віднесені:

- складність виявлення та оцінювання кількісного складу БпЛА, особливо при прояві ефекту «рою»;
- можливість організації спільної обробки інформації в групі, що забезпечує підвищення інформативності та живучості;
- розширення обсягу (площі) інформаційно-керуючого покриття.

До факторів, що характеризують складність групового застосування БпЛА, належать:

- виникнення додаткового вищого ієрархічного рівня управління, що забезпечує реалізацію цільового призначення групи;
- складність управління інформаційними потоками всередині групи;
- складність ранжирування цілей у групі за ступенем їх важливості;
- складність розподілу цілей, як у групах наведення, так і між групами;
- складність формулювання інтегрального ефекту, який має реалізовувати системи управління та інформаційного забезпечення кожного компонента (учасника) групи.

Загальною проблемою групового застосування є високі вимоги до продуктивності обчислювальних засобів, що розраховують (реалізують) алгоритми управління та їх інформаційного забезпечення.

Відмінною рисою групового застосування БпЛА є те, що при забезпеченні заданої просторової конфігурації БпЛА управління конкретним елементом залежить не тільки від його власного стану, а й від просторового положення інших елементів. Крім цього, специфіка

групових дій визначає необхідність інформаційного обміну між елементами групи та використання багатоцільового супроводу з достовірною ідентифікацією вимірювань.

Ще однією особливістю є необхідність отримання постійної інформації щодо просторового розташування як своїх БпЛА, так і цілей, що зумовлює використання режимів багатоцільового супроводу.

Управління БпЛА у складі групи може здійснюватися різними методами. Одним з найефективніших вважається управління у складі мережецентричної системи. Функціонування БпЛА на всіх етапах застосування є складним процесом, що вимагає комплексу спеціальних технічних засобів. Основу цього комплексу становить система управління БпЛА. Незважаючи на різноманітність засобів, що забезпечують управління БпЛА, всі вони служать для вирішення єдиного завдання, яке є багатовимірним процесом оцінювання та управління.

Під час виконання цього завдання відбувається вимірювання, оцінювання та контроль параметрів траєкторії, технічних систем та тактичної ситуації, управління польотом, яке здійснюється за результатами оцінювання та контролю зазначених параметрів. Як оцінювання та контроль, так і управління можуть здійснюватися автоматично або безпосередньо оператором з пульта управління наземного або повітряного (на літаку) базування. Контур керування може замикатися як безпосередньо на БпЛА, так і через пункт дистанційного керування (ПДУ).

При вирішенні БпЛА ударного завдання після отримання на ПДУ зображення району цілі оператор повинен здійснювати пошук цілі, її виявлення та розпізнавання, після чого здійснюється перехід на автоматичне стеження за ціллю за допомогою бортової системи аж до застосування бортових засобів ураження. Оператор має здійснювати контроль процесу прицілювання та застосування зброї. При польоті маршрутом використовуються навігаційні засоби, що забезпечують необхідну точність виведення у задану зону. Після входу БпЛА в зону виконання цільового завдання включається бортова апаратура, призначена для вирішення цього завдання.

Можливі різні варіанти відхилення процесу функціонування БпЛА від наведеного практично раціонального та доцільного способу застосування БпЛА. Всі вони обумовлюються, як правило, складністю оперативних ситуацій, що виникають. Процес функціонування сучасних БпЛА характеризується високою інтенсивністю зміни як умов виконання цільових завдань, так і їх змісту.

Виконання завдання застосування БпЛА за цільовим призначенням та управління ними суттєво ускладнюються наявністю різних видів невизначеності як стохастичного, так і не стохастичного характеру.

До основних джерел прояви невизначеності можуть бути віднесені такі фактори:

- складність формалізованого опису завдань управління з урахуванням похибок обчислень та вимірювань;
- нечіткість цілей функціонування та завдань управління;
- нестационарність параметрів об'єктів управління та системи управління;

- апіорна невизначеність обстановки та умов функціонування;
- наявність випадкових впливів довкілля;
- спотворення вхідної інформації, що надходить, у каналах дистанційної передачі даних.

Неминучість боротьби з невизначеністю, що супроводжують різноманіття застосувань БпЛА, зумовлюють звернення до перспективних методів управління, які ґрунтуються на нових ідеях і принципах вирішення управлінських завдань. До них, зокрема, можуть бути віднесені інтелектуальні інформаційні технології, що дозволяють вирішувати слабо структуровані та погано формалізовані завдання, гібридні інтелектуальні технології та системи управління складними технічними об'єктами.

Область застосування методів інтелектуального управління включає складні у технічному відношенні об'єкти, такі як літальні апарати, їх силові та енергетичні установки, автономні мобільні системи тощо.

Висока ефективність застосування інтелектуальних систем управління визначається їхньою здатністю функціонувати в умовах дії різних невизначених факторів:

- неповноти інформації про зовнішнє середовище;
- неточності вимірювань координат стану об'єкта;
- можливості виникнення непередбачених (критичних) ситуацій у процесі функціонування об'єкта, наприклад, при застосуванні високоманевреного БпЛА у процесі взаємодії з ним оператора управління.

Головною особливістю інтелектуальних технологій управління БпЛА є їх здатність адаптуватися до зміни як умов виконання цільових завдань, що стоять перед БпЛА, так і зміст самих цільових завдань. Це викликано насамперед тим, що в процесі застосування БЛА:

- можуть з'явитися нові об'єкти обслуговування і, відповідно, виникне необхідність проведення нових операцій;
- можуть змінюватися раніше визначені цілі, заплановані операції, терміни та умови їх виконання;
- через впливи зовнішнього середовища може порушуватися робота як БпЛА, так і наземного комплексу управління.

Для того, щоб у зазначених умовах БпЛА успішно виконували всі поставлені завдання, необхідно розробляти та застосовувати гнучкі способи використання БпЛА за своїм призначенням та роботи наземного комплексу управління ним, що дозволяють, в залежності від обстановки, що складається, здійснювати перерозподіл цілей, функцій і розв'язуваних завдань (алгоритмів) між компонентами і рівнями автоматизованого управління БпЛА. Завдання оперативного розподілу (перерозподілу) функцій управління може вирішуватися на різних етапах технологічного циклу управління БпЛА (між бортовим та наземним комплексами управління).

У цілому виникає необхідність вирішення низки фундаментальних і прикладних технічних проблем, освоєння критичних технологій, які переводять БпЛА до класу з системами управління, що використовують елементи штучного інтелекту (інтелектуалізація системи управління) [7]. Для автоматизації виконання інтелектуальних

управлінських завдань необхідна відповідна система підтримки рішень, які приймаються операторами управління.

Важливою обставиною, що зумовлює необхідність інтелектуалізації процесу управління БпЛА, є обмежені природні інтелектуальні можливості людини-оператора управління БпЛА (його системи природного інтелекту) у складних і невизначених умовах їх застосування. У таких умовах оператор зі своїм природним інтелектом не може гарантовано забезпечити прийняття вірного вичерпного управлінського рішення і, відповідно, ефективне управління функціонування БпЛА навіть при високих рівнях свого інтелекту, кваліфікації та професійної підготовки.

Як засвідчили дослідження фахівців, здатність людини розрізняти елементи (об'єкти, дії) дуже обмежена, що обумовлено нездатністю системи його мислення здійснювати несуперечливе та прийнятне оброблення блоків інформації, число яких перевищує 7±2 одиниць. Одним зі шляхів підвищення бойової ефективності комплексів з БпЛА є застосування технологій штучного інтелекту (ШІ). У Стратегії національної безпеки України [8] зазначено, що розробки у сфері штучного інтелекту докорінно трансформують економіку і суспільство в цілому, розробляються системи озброєнь із використанням технологій у сфері ШІ.

Концепцією розвитку штучного інтелекту в Україні [9] визначено пріоритетні сфери, в яких реалізуються завдання державної політики розвитку галузі ШІ, у тому числі інформаційна безпека та оборона.

Разом з тим, вже відомі факти, які свідчать про недоцільність повністю автономного та безконтрольного використання ШІ у військовій сфері. Так, у статті Майкла Морана від 28 травня 2021 року у виданні Daily Star [10] наводяться дані ООН про випадок, коли бойовий робот вбив людину без втручання оператора, не отримавши наказу про це. Ударний квадрокоптер KARGU-2 в автономному режимі атакував людину під час збройного конфлікту між регулярними підрозділами Лівії та військовим угрупованням, яке очолює Халіфа Хафтар. За даними журналістів, ударний дрон, створений в Туреччині, без будь-якого наказу націлювався на одного із солдатів Хафтара, коли він намагався відступити. Також повідомляється, що квадрокоптер працював у автономному режимі, який не вимагав втручання людини, і це перший випадок, коли бойовий робот вбив людину без наказу оператора.

В таких умовах можуть (повинні) бути спільно використані як елементи природного, так і штучного інтелекту, що утворюють у своїй сукупності гібридний інтелект, що раціонально поєднує елементи зазначених двох видів інтелекту. Раціональне поєднання елементів природного і штучного інтелекту у своїй системній єдності становитиме основу побудови системи більш ефективного управління бойовими безпілотними літальними апаратами в складній динамічній змінній оперативнотактичній обстановці з використанням інтегрованого інтелектуального середовища. При цьому спільна взаємно узгоджена робота оператора та комп'ютерних елементів, які реалізують функціонування засобів штучного інтелекту, утво-

рюватиме систему гібридного інтелекту, що сприятиме більш гарантованому та результативному інформаційному забезпеченню управління функціонування БпЛА у процесі застосування його за своїм призначенням.

Тут доречно привести висловлювання Альберта Ейнштейна: «Комп'ютери неймовірно швидкі, точні і тупі. Люди дуже повільні, неточні і кмітливі. Разом вони становлять неймовірну силу».

На рис. 2 наведено методологічну схему досліджень з обґрунтування та вибору структурно-функціональної побудови системи управління маневреними БпЛА, що базується на використанні принципів гібридного інтелекту і може бути застосована при керуванні процесами функціонування БпЛА в інтерактивному режимі роботи оператора з програмно-апаратним відтворенням процедури підтримки процесів виконання управлінських завдань у масштабі реального часу.

Ця схема складається з двох частин. Перша з них може розглядатися як концептуальна схема, побудована на принципах та постулатах системної методології розв'язання загальної системної задачі управління. Друга частина представляє інтелектуальне середовище модельного відтворення загального системного завдання управління з апаратом методологічної підтримки процесів прийняття рішення, програмних та апаратних засобів, що використовують базу знань, програмні та апаратні засоби, призначені для вирішення загального системного завдання управління [11, 12]. Обидві ці частини пов'язані в єдине ціле інформаційно-комп'ютерною технологією управління, яке здійснюється оператором-дослідником в інтерактивному режимі його роботи з моделюючим програмним комплексом.

До системи гібридного інтелекту входять дві взаємозалежні системи природного та штучного інтелекту. Система природного інтелекту є людиною-дослідником, а штучного інтелекту – інформаційно-комп'ютерною технологією вирішення певних типів системних завдань. Ці дві системи пов'язані інтерфейсом і взаємодіють при вирішенні системних завдань у предметній галузі дослідження БпЛА. З погляду досліджень, з'єднання систем природного та штучного інтелекту до системи гібридного інтелекту можна розглядати як своєрідні «вирішувачі» системних завдань або як більш ефективно діючу програму наукових досліджень у порівнянні з автономним використанням цих систем окремо.

Розглянута система управління БпЛА, побудова якої базується на використанні елементів гібридного інтелекту, може бути застосована при керуванні функціонуванням БпЛА в інтерактивному режимі роботи оператора в реальному масштабі часу обробки управлінської інформації з внутрішнім інтерфейсом між сукупностями елементів природного та штучного інтелекту, які утворюють у сукупності гібридний інтелект.

Елементи штучного інтелекту, що реалізуються на сучасній програмно-технічній базі, призначені для інформаційної підтримки на системному програмно-апаратному рівні дій оператора управління БпЛА в рамках інформаційно-комп'ютерної технології з використанням пакету прикладних програм, що працюють за схемою пошуку раціональних управлінських рішень в адап-

тованому режимі функціонування. Обмеженням тут є необхідність роботи в масштабі реального часу, що обумовлює застосування для цього високопродуктивних обчислювальних засобів.

Проблема впровадження системи управління БпЛА з використанням елементів гібридного елемента стала дуже актуальною, проте слід визнати це досить складним завданням, що вимагає для свого рішення розробки адекватного науково-методичного апарату та відпрацювання системи управління з використанням сукупності відповідних моделей.

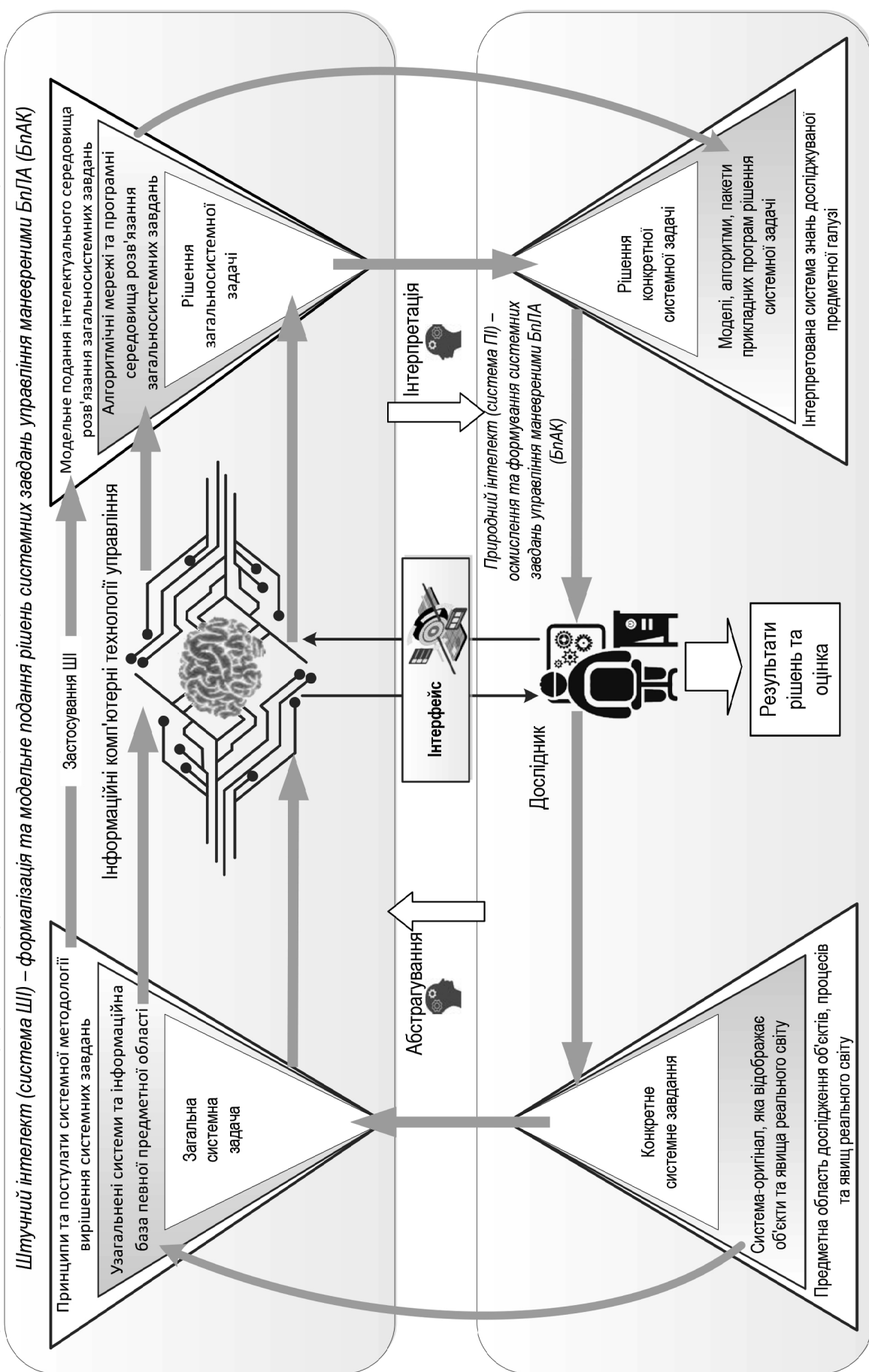
Вибір та реалізація модельного представлення процесів функціонування БпЛА та їх систем управління повинна здійснюватися узгоджено з ієрархічними рівнями їх застосування (стратегічним, оперативним-тактичним та тактичними рівнями) в операціях (бойових діях), яким відповідають завдання різної цільової спрямованості, змісту та спільності, з досягненням якомога повнішого збігу модельного уявлення зі справжніми об'єктами, що модулюються, об'єктами-оригіналами і процесами їх функціонування та управління ними.

Стратегія прийняття управлінських рішень, що змінюється при зміні обстановки, цілей і завдань БпЛА, що необхідно реалізувати, повинна адекватно відображатися на програмно-апаратному рівні з використанням дослідницького обчислювально-моделюючого комплексу (ОМК). При побудові ОМК основний методологічний прийом має бути спрямований на посилення інформаційних процесів як необхідної і найбільш істотної основи в отриманні даних по динаміці реальних процесів, що відбуваються в масштабі реального часу на конкретному виді досліджуваного БпЛА. Результати виконання процесу моделювання при цьому повинні служити основою інформаційної підтримки прийняття рішень про забезпечені характеристики процесів функціонування БпЛА, що моделюються, та управління ними в динамічній обстановці, що змінюється з урахуванням рефлексивної протидії з боку противника.

Остання обставина хоч і ускладнює реалізацію дослідницького ОМК, проте дозволяє більш адекватно співставити процеси, що моделюються умовами реальної обстановки ведення бойових дій з використанням БпЛА, що дуже суттєво для більш повного дослідження та аналізу різних аспектів застосування БпЛА за своїм цільовим призначенням. При цьому ще й ускладнюється організація планування та проведення імітаційного моделювання. Зазначені обставини необхідно враховувати при виборі програмно-апаратних засобів, що включаються до складу ОМК, і приймати відповідні компромісні рішення, виходячи з можливостей інструментальних програмних та апаратних засобів, а також конкретних вимог до повноти, достовірності та якості результатів моделювання.

З формальної точки зору, завдання вибору способів застосування БпЛА та відповідного розподілу (перерозподілу) функцій управління між бортовими засобами та наземним комплексом управління за допомогою оператора близьке за своїм змістом до завдання структурно-функціонального синтезу складної системи, при якому проводиться як оптимізація процесу функціонування

Гібридний інтелект (ГІ) – логічна форма, яка є функціональним середовищем вирішення системних завдань управління маневреними БпЛА (БпЛАК)



ГІ в проблемній області дослідження складних систем управління маневреними БпЛА (БпЛАК)

Рис. 2. Методологічна схема досліджень з обґрунтування та вибору структурно-функціональної побудови системи управління БпЛА (БпЛАК), що базується на використанні принципів гібридного інтелекту

системи, так і одночасно з цим, здійснюється розподіл функцій по компонентах системи та вибір їх складу.

Додаткова особливість цього завдання управління БпЛА полягає в тому, що її виконання повинно проводитися оперативним в умовах жорстких часових обмежень, пов'язаних з процесом застосування БпЛА за цільовим призначенням в масштабі реального часу.

ВИСНОВКИ

Виходячи з наявного досвіду застосування БпАК при відбитті агресії російської федерації проти України, до складу системи озброєння Сил оборони України необхідно включати значну кількість БпАК. У зв'язку з цим виникає потреба формування парку БпАК як єдиної системи безпілотних засобів різних класів та призначення з високим рівнем їх уніфікації, що у повній мірі перекриватиме сукупність основних цільових завдань, що покладаються на БпАК.

Ця система має бути відкритою, що передбачає можливість подальшого її вдосконалення за рахунок додаткової розробки нових та модернізації існуючих БпАК з розширенням її функціональних можливостей і нарощування ТТХ БпАК, які включаються до її складу. В цих умовах особливої актуальності набувають дослідження з обґрунтування раціонального типу БпАК, які включаються до складу парку, що формується.

Розв'язання задачі обґрунтування та вибору раціонального типу БпАК має бути засноване на системному підході до визначення складу взаємно пов'язаних за призначенням різних типів БпЛА, які перекриватимуть основні цільові завдання оперативно-стратегічного, оперативно-тактичного та тактичного характеру. Коректний вибір раціонального типу БпАК багато в чому залежатиме від повноти всебічних досліджень, що враховують обґрунтування та вибір БпАК, виходячи з міжвидових позицій, які узгоджено визначають потреби видів Збройних Сил України, родів військ та інших військових формувань.

Для цього має бути сформована концепція оснащення Сил оборони України БпАК з врахуванням побудови, розвитку та бойового застосування комплексів та складу їх парку, а також фінансово-економічних, проєктно-конструкторських та виробничо-технологічних можливостей держави та її оборонно-промислового комплексу. Для якісного проведення зазначених досліджень необхідно використовувати комплексну методику з відповідним науково-методичним апаратом, що забезпечує обґрунтування переліку цільових завдань, які покладаються на БпАК, способів застосування їх за призначенням та принципів управління ними у процесі ведення операцій (бойових дій) із застосуванням цих комплексів.

Методика, визначена відповідно до сформованої концепції, повинна враховувати:

- оперативно-тактичні фактори, що зумовлюють необхідність створення тих чи інших безпілотних комплексів;
- умови виконання комплексами їх цільових завдань, що визначаються характером та способами ведення збройної боротьби, динамікою введення бойових дій, протидією противника, фізико-географічними,

ми, природно-кліматичними та метеорологічними умовами;

- тактико-технічні характеристики БпАК (існуючих, таких, що підлягають модернізації і перспективних);
- рівень розвитку промислової бази та наявного в даний час науково-виробничого потенціалу;
- реальне фінансове економічне становище у державі.

Управління складними за конструктивно-технічним виконанням та цільовим завданням (функціональним призначенням) БпАК вимагає забезпечення оператора відповідними програмно-апаратними засобами, які реалізують необхідні для цього інтелектуальні інформаційні технології за допомогою засобів штучного інтелекту. Ці технології мають потенційні переваги у порівнянні з інформаційними технологіями, що використовуються у класичних системах управління та значний потенціал їх подальшого розвитку.

Технології, що базуються на принципах штучного інтелекту, при своєму раціональному поєднанні з природним інтелектом оператора управління утворюють систему гібридного інтелекту, яка може бути застосована з метою більш ефективного управління безпілотними літальними апаратами в умовах суттєвого прояву факторів різноманітних видів невизначеності, які мають об'єктивний характер. Стратегія управління БпЛА повинна бути адаптованою та змінюватися при зміні обстановки, цілей та завдань, виконуваних БпАК.

Технологія оперативного розподілу (перерозподілу) функцій управління між бортовими і наземними комплексами може використовуватися на різних етапах циклу управління БпЛА як при зміні умов виконання цільових завдань, що стоять перед БпЛА, так і змісту самих цільових завдань. Для успішного виконання всіх функцій, що покладаються на БпАК, необхідно розробляти гнучкі способи застосування комплексів, що дозволяють в залежності від оперативно-стратегічної, оперативно-тактичної та тактичної обстановки, що складається, оперативно здійснювати перерозподіл цілей, розв'язуваних завдань та функцій управління.

Створення та розгортання парку маневрених безпілотних літальних апаратів з наявністю в їх складі та системі управління ними вираженого інтелектуального ядра та призначених для оперативно-тактичної розвідки і нанесення високоточних ударів по наземних та морських цілях слід віднести до одного з перспективних напрямів розвитку системи озброєння Сил оборони України та підвищення бойової ефективності відповідних військ (сил). Інтелектуальне «ядро», раціонально узгоджене з розумовою системою людини в рамках інтегрованої системи гібридного інтелекту, сприятиме більш результативному застосуванню БпЛА в оперативно-тактичній обстановці, що динамічно змінюється, за наявності різних видів невизначеності.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Володин В.В., Васильев А.В. Развитие беспилотной боевой авиации и роль информационной технологии в её реализации: аналитический обзор по материалам зарубежной информации; под общ. ред. Е.А. Федосова. М.: ГосНИИ АС. 2005. 111 с.

2. Стрельников Д. Концептуальные взгляды командования ВВС США на развитие беспилотной авиации. Зарубежное военное обозрение. 2017. № 5. С. 51—61.
3. Самойленко О.В., Богославец С.О., Хлоп'ячий В.А. Основні напрями розвитку безпілотної авіації Збройних Сил України. Зб. наук. пр. Київ: Держ. наук.-досл. інст. авіації. 2022. Вип. № 18(25). С. 218—226.
4. Новосельцев В.И., Тарасов Б.В. Системная теория конфликта; под ред. В.И. Новосельцева. М.: Майор. 2012. 528 с.
5. Демидов Б.А., Коростелев О.П., Величко А.Ф. Методические основы системных исследований и решения проблем технического оснащения вооруженных сил государства. Кн. 2; под ред. Б.А. Демидова и О.П. Коростелева. Киев: ИД «Стилос». 2016. 640 с.
6. Афанасьев П.П., Веркин Ю.В., Голубев И.С. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты); под ред. И.С. Голубева и Ю.И. Янкевича. М.: МАИ. 2006. 528 с.
7. Осипов Г.С. Методы искусственного интеллекта. М.: Физматлит. 2011. 296 с.
8. Указ Президента України «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про Стратегію національної безпеки України»» від 14 вересня 2020 року № 392/2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#Text>.
9. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 № 1556-р «Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>.
10. Michael Moran. Daily Star 28 May 2021. Killer AI drones 'hunted down humans without being told to' warns bombshell UN report. Available at: <https://www.dailystar.co.uk/news/world-news/killer-ai-drones-hunted-down-24203431>.
11. Шалыгин А.С., Лысенко Л.Н., Толпегин О.А. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение. 2012. 584 с.
12. Проблематика сложных систем (концептуальные основы модельных представлений) / В.М. Дубов, Т.И. Капустянская, С.А. Попов, А.А. Шаров; под общ. ред. С.А. Попова. СПб.: Элмор. 2006. 184 с.
3. Samoilenko, O.V., Bogoslavets, S.O. & Khlopyachiy, V.A. (2022). “Osnovni napriamy rozvitku bezpilотної aviatsii Zbroinikh Sil Ukrainy” [The main directions of development of unmanned aviation of the Armed Forces of Ukraine]. Coll. of scient. pap. K: State Research Institute of Aviation. No 18(25). Pp. 218—226.
4. Novoseltsev, V.I. & Tarasov, B.V. (2012). “Sistemnaia teoriia konflikta” [System theory of conflict]; under the editorship V.I. Novoseltsev. M.: Major. 528 p.
5. Demidov, B.A., Korostelev, O.P. & Velichko, A.F. (2016). “Metodicheskie osnovy sistemnykh issledovaniy i resheniya problem tehnikeskogo osnashheniya vooruzhennykh sil gosudarstva” [Methodological foundations of system studies and solutions to the problems of technical equipment of the armed forces of the state]. B. 2; under the editorship B.A. Demydova & O.P. Korosteleva. K.: «Stylos» Publishing House. 640 p.
6. Afanasyev, P.P., Verkin, Yu.V. & Golubev, I.S. (2006). “Osnovy ustroystva, proektirovaniia, konstruirovaniia i proizvodstva letatelnykh apparatov (distantsionno-pilotiruemye letatelnye apparaty)” [Basics of device, design, construction and production of aircraft (remotely piloted aircraft)]; ed. I.S. Golubev & Yu.I. Yankevych. M.: MAI Publishing House. 528 p.
7. Osipov, G.S. (2011). “Metody iskusstvennogo intellekta” [Methods of artificial intelligence]. M.: Fizmatlit. 296 p.
8. “Ukaz Prezidenta Ukrainy «Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy «Pro Strategiiu natsionalnoi bezpeky Ukrainy» vid 14 veresnia 2020 roku № 392/2020” [Decree of the President of Ukraine «On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine on the National Security Strategy of Ukraine» dated September 14, 2020 No. 392/2020]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#Text>.
9. “Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 02.12.2020 № 1556-r «Pro shvalennia Konceptsii rozvytku shturnogo intelektu v Ukraini» [Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 02.12.2020 No. 1556-r «On the approval of the Concept of the development of artificial intelligence in Ukraine»]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>.
10. Michael Moran. Daily Star 28 May 2021. Killer AI drones hunted down humans without being told to warns bombshell UN report. Available at: <https://www.dailystar.co.uk/news/world-news/killer-ai-drones-hunted-down-24203431>.
11. Shalygin, A.S., Lysenko, L.N. & Tolpegin, O.A. (2012). «Metody modelirovaniia situatsionnogo upravleniia dvizheniem bespilотноykh letatelnykh apparatov» [Methods of modeling the situational control of the movement of unmanned aircraft], Mashinostroenie. M. 584 p.
12. Dubov, V.M., Kapustianskaia, T.I., Popov, S.A. & Sharov, A.A. (2006). “Problematika slozhnykh sistem (konceptualnye osnovy modelnykh predstavlenii)” [Problems of complex systems (conceptual foundations of models presented)]; under the municipality ed. S.A. Popov. SPb.: Elmore. 184 p.

REFERENCES

1. Volodyn, V.V. & Vasiliev, A.V. (2015) “Razvitie bespilотної boevoi aviatsii i rol informatsionnoi tehnologii v eye realizatsii. Analiticheskii obzor po materialam zarubezhnoi informatsii” [Development of unmanned combat aviation and the role of information technologies in its implementation. Analytical review of foreign information materials]; under the municipality ed. E.A. Fedosov. M.: SRIAS. 111 p.
2. Strel'nikov, D. (2017). “Konceptualnye vzglyady komandovaniia VVS SSHA na razvitie bespilотної aviatsii” [Conceptual views of the US Air Force command on the development of unmanned aviation], Foreign Military Review. No. 5. Pp. 51—61.

**Demidov B.O., Velychko O.F., Borisenko M.V.,
Panteleiev S.B.**

**SYSTEMATIC AND CONCEPTUAL ASPECTS
OF THE FORMATION OF A PARK OF UNMANNED
AVIATION COMPLEXES AND GENERAL
PRINCIPLES OF THEIR MANAGEMENT USING
ELEMENTS OF HYBRID INTELLIGENCE**

The article discusses systemic conceptual aspects of comprehensive technical equipment of the state's armed forces. The article proposes a system-conceptual approach to the principles of formation of a fleet of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the armed forces of the state, and its integration into the armed forces weapons system. A general description of the concept of equipping the armed forces with modern UAV complexes of various types is given.

The requirements for the type of complexes with UAVs, which must be included in the UAV fleet, are defined. The method of substantiating the rational composition of the UAV fleet is given, with a reflection of the main research stages included in this method. Special attention is paid to the management of UAVs in the conditions of the manifestation of various types of uncertainty, coordinated with the operational-strategic, operational-tactical and tactical levels of their use for the intended purpose.

The prospects of building a UAV control system based on a rational combination of elements of the mental system of a human-control operator and element. A methodological scheme of studies on the justification and selection of the appropriate structural and functional construction of the UAV control system is presented.

Keywords: fleet of unmanned aerial vehicles, management system, natural, artificial and hybrid intelligence, management decisions, management strategy.

Відомості про авторів:

Демідов Борис Олексійович

доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>

Борисенко Максим Вячеславович

кандидат технічних наук, старший дослідник

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6997-6429>

Величко Олександр Федорович

магістр управління суспільним розвитком
Апарат Ради національної безпеки і оборони України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7631-6584>
e-mail velychko@gmail.com

Пантелеєв Сергій Борисович

науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0009-0004-2895-388X>

Information about the authors:

Borys Demidov

Doctor of Technical Sciences, Professor
Lead Researcher of Ivan Kozhedub National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>

Maksim Borisenko

Candidate of Technical Sciences, Senior Research
Ivan Kozhedub National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6997-6429>

Oleksandr Velychko

Master of Public Management
Staff the National Security and Defense Council of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7631-6584>
e-mail velychko@gmail.com

Serhii Panteleiev

Researcher
Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0004-2895-388X>

Стаття надійшла до редколегії 14.03.2024.