



**ГОРБУЛІН**

**Володимир Павлович** — академік НАН України, перший віцепрезидент НАН України



**МОСОВ**

**Сергій Петрович** — доктор військових наук, професор кафедри авіації та авіаційного пошуку і рятування Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

## БЕЗПЛОТНА АВІАЦІЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У ФОКУСІ СВІТОВОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ

*У статті наведено результати дослідження особливостей розвитку безпілотної авіації військового призначення в площині науково-технічного прогресу. Безпілотники почали активно використовувати на певному етапі розвитку науки і техніки, і вони поєднали в собі найсучасніші досягнення різних галузей науки і новітніх технологій. При цьому розвиток двигунів на реактивній тязі та електричних моторів, створення систем дистанційного та автоматичного керування, поява нової елементної бази, прогрес оптико-електронної, електронно-обчислювальної та цифрової техніки, глобальних навігаційних супутникових систем і можливість розміщення на безпілотному літальному апараті засобів ураження, а також застосування переваг штучного інтелекту зумовили перспективність розвитку та актуальність використання безпілотної авіації у військовій справі.*

**Ключові слова:** безпілотна авіація, науково-технічний прогрес, безпілотний літальний апарат, військова справа.

У війнах майбутнього винищувачі не будуть мати жодного шансу в протистоянні бойовим безпілотним літальним апаратам...

*Лон Маск*

Незважаючи на те, що історія створення та застосування безпілотної авіації розпочалася ще на початку ХХ ст. [1], практично до кінця Другої світової війни безпілотні літальні апарати (БпЛА) так і не набули значного поширення. На думку фахівців, однією з причин такої ситуації був тодішній стан розвитку науки і техніки, який не дозволяв створити невеликі за розміром, надійні та дешеві літальні апарати, системи автоматичного та дистанційного керування, спеціальну апаратуру для пошуку, виявлення й розпізнавання цілей, передачі та фіксування розвідувальних даних, а також відповідні засоби дистанційного ураження. І тільки коли було досягнуто певного критичного рівня прогресу в техніці, ідея створення та застосування безпілотної авіаційних комплексів отримала необхідний для практичного застосування імпульс. Іншою причиною повільного

розвитку безпілотної авіації став характерний для того періоду історії пріоритет пілотованої авіації. Фактично до другої половини ХХ ст. пілотована авіація вбирала в себе всі найсучасніші на той час досягнення науки і техніки і розвивалася досить динамічно на відміну від безпілотної авіації [2].

Історично так склалося, що сама наявність пілотованих літальних апаратів постійно стимулювала прагнення людини до створення безпілотних аналогів. Одним із перших прикладів реалізації досягнень науково-технічного прогресу, який заклав необхідне підґрунтя для подальшого розвитку та застосування БпЛА, була поява автоматично керованих снарядів і ракет. Найвідомішими з них були літак-снаряд Фау-1<sup>1</sup> і балістична ракета Фау-2<sup>2</sup>. Якщо вживати сучасну термінологію, можна сказати, що Фау-1 мав слабкий штучний інтелект — він був оснащений автопілотом зі зворотним зв'язком, що дозволяло йому здійснювати політ по прямій на постійній висоті. Що ж стосується ракети Фау-2, то її вважають першою ракетою-роботом. Отже, розробки в галузі безпілотної авіації значно активізувалися з появою реактивного двигуна.

На початку 1980-х років розвиток сучасних реактивних двигунів дозволив збільшити дальність і швидкість польоту безпілотної авіації, а також отримати БпЛА з льотно-технічними можливостями, наближеними до бойових літаків. Водночас пілотована авіація в цей період вже мала на озброєнні літаки четвертого покоління, оснащені сучасними системами автоматизованого й автоматичного керування та іншим обладнанням, яке можна було б ефективно застосовувати і в безпілотної авіації, але цього не робили. Причиною було стійке уявлення, яке на тривалий час дуже міцно закріпилося у свідомості військових, що БпЛА можуть бути лише додатковими засобами. Тому основу авіації 1980-х років становили саме пілотовані літальні апарати, швидкий

розвиток і зростання можливостей яких забезпечувалися досягненнями світового науково-технічного прогресу. БпЛА ж тоді використовували переважно як повітряні мішені, а дещо пізніше — для виконання завдань повітряної розвідки [1, 2].

Таке спрощене розуміння еволюційних процесів призвело до перекосу в підходах до розв'язання все зростаючих проблем пілотованої авіації, а також до заниження перспектив впливу технічних систем зі штучним інтелектом на розвиток воєнного мистецтва в сучасних збройних конфліктах. Особливо гостро ці проблеми проявлялися в екстремальних умовах, коли пілоти мали керувати літаками на межі фізіологічних можливостей людини. Результатом стало уповільнення приросту показників ефективності пілотованої авіації, незважаючи на нарощування зусиль з її технологічного вдосконалення. Як наслідок, до кінця ХХ ст. розвиток науково-технічного прогресу так і не привів до істотного підвищення ефективності пілотованих літальних апаратів та зниження рівня їх аварійності. Більш того, паралельно зміцнювалися засоби протиповітряної оборони, подолання яких з часом перетворилося для пілотованих літаків на реальну проблему.

Виходом із такої ситуації став перехід до створення і застосування безпілотників, у яких негативний вплив людського чинника мав зводитися до мінімуму. Так, в авіації ті науково-технічні досягнення, які вже було реалізовано в пілотованих літаках, а також нові, які тільки-но з'являлися, стали переносити на БпЛА. Відтоді розпочався поступовий розвиток безпілотної авіації, що сприяло більш активному її застосуванню. Розроблення та промисловий випуск малогабаритних бортових систем керування і передачі даних, спеціальної апаратури і особливо поява наприкінці 1980-х років доступної для загального використання (а не лише для військових) супутникової навігаційної системи GPS<sup>3</sup> значно розширили можливості та сферу використання БпЛА. Війна проти Іраку в Перській затоці у 1991 р. ста-

<sup>1</sup> V-1 Cruise Missile. *Smithsonian's National Air and Space Museum*. <http://surl.li/nctll>

<sup>2</sup> V-2 rocket military technology. *Encyclopaedia Britannica*. <http://surl.li/nctmq>

<sup>3</sup> Manning C.G. GPS. *NASA*. <http://surl.li/ncvfp>

ла першим конфліктом, у якому з боку коаліції було використано можливості GPS [3]. Згодом завдяки широкому впровадженню в практику GPS-навігація перетворилася на критично важливу технологію.

Серед найважливіших і найбільш наукомістких підсистем БПЛА, які зрештою привели до стрибка в еволюції безпілотної авіації, можна назвати такі:

- бортове радіоелектронне обладнання;
- системи автоматичного та дистанційного керування;
- корисне навантаження (розвідувальна апаратура, засоби ураження тощо);
- лінії передачі даних та керування;
- корпус безпілотної;
- силова установка.

Зрозуміло, що основним завданням при виведенні людини з контуру «людина—літак» було створення апаратури, необхідної для керування польотом за відсутності на борту пілота. Це стало можливим лише після винаходу та впровадження низки інновацій, пов'язаних зі створенням нової елементної бази.

Так, у бортовій радіоелектронній апаратурі почали застосовувати напівпровідникові активні елементи (діоди, транзистори тощо), які замінили електронно-вакуумні прилади (електронні лампи). Револьюційні винаходи в електроніці дали змогу значно поліпшити енергетичні, масогабаритні, міцнісні й цінові характеристики апаратури, яка встановлювалася на борту БПЛА [1]. Електронно-вакуумні прилади мали деякі характерні особливості, які обмежували їх застосування в радіоелектронному обладнанні загалом та в бортовому радіоелектронному обладнанні безпілотної авіації зокрема.

Прикладом того, наскільки складно було в 1950-х роках створювати радіоелектронну апаратуру на цій елементній базі, може бути бомбардувальник В-58 військово-повітряних сил США. Якщо виразити вартість цього літака у співвідношенні до золота, то вага золотих злитків дорівнювала б масі самого бомбардувальника. Крім того, надмірно велика маса радіоелектронного обладнання обмежувала бойове навантаження літаків [2].

На початку 1960-х років у США в рамках наукових досліджень за програмою польоту на Місяць було створено першу у світі інтегральну мікросхему<sup>4</sup> та перший диференціальний підсилювач<sup>5</sup>, що ознаменувало новий етап у розвитку елементної бази радіоелектронної апаратури. Стрімкий прогрес мікроелектроніки дав змогу в історично короткі терміни створити надійні, економічні й малогабаритні радіоелектронні і, що надзвичайно важливо, електронно-обчислювальні системи, які дозволяли вирішувати завдання автоматичного керування польотом, пошуку, виявлення, розпізнавання цілей, наведення на цілі, причому в будь-який час доби та за різних метеоумов. Американські відкриття сприяли тому, що саме США стали одними з першопрохідників у напрямі безпілотної авіації. Спочатку американські конструктори створили відносно примітивні БПЛА Firebee Model 124I, але потім уже більш досконалі MQM-74A, які й стали основою не лише американської, а й у майбутньому ізраїльської безпілотної авіації [4].

Нова елементна база, у свою чергу, відкрила нові можливості для розвитку радіолокації, дистанційного керування, оптико-електронної і телевізійної апаратури. На основі інформаційних датчиків різної фізичної природи та електронно-обчислювальних машин зі значним обсягом пам'яті й високою продуктивністю було створено системи автоматичного керування і навігаційні комплекси, функціонування яких у нових режимах забезпечувалося за допомогою складних математичних алгоритмів. Зокрема, стало можливим реалізувати в радіолокаційних комплексах режим цифрового синтезу апертури антени<sup>6</sup> [1], що уможливило отримання радіолокаційних зображень, які за своєю просторовою розрізненістю майже не поступалися фотографічним.

<sup>4</sup> 1964: the first widely-used analog integrated circuit is introduced. Computer History Museum. <http://surl.li/newco>

<sup>5</sup> Op-amp Circuit Design. Computer History Museum. <http://surl.li/newdj>

<sup>6</sup> History of synthetic-aperture radar. *Wikipedia*. <http://surl.li/nexce>

Також з'явилася можливість виявляти, ідентифікувати й автоматично супроводжувати цілі на великих відстанях, з високою точністю, в будь-яких умовах, незалежно від часу доби, пори року, метеорологічних явищ, а також за наявності природних і штучних завад.

Значно розширило можливості радіолокаційних систем застосування антен з фазованими антенними решітками. Вони забезпечили одночасне виявлення та супроводження кількох об'єктів, вирізнялися високими енергетичними характеристиками, швидкістю огляду та стійкістю автоматичного супроводження (завдяки застосуванню електронного сканування замість механічного, як у дзеркальних антен). Розроблення методів багатопозиційної радіолокації підвищило точність виявлення координат об'єктів. Застосування в БпЛА радіолокаційних станцій із синтезованою апертурою дозволило розширити зону пошуку, збільшити дальність виявлення цілей і забезпечити виконання бойових завдань у будь-який час доби та за будь-яких метеорологічних умов<sup>7</sup> [2].

Потужний імпульс розвитку бортових радіолокаційних станцій дало розроблення інтегральних мікросхем на основі арсеніду галію, які працюють у діапазоні надвисоких частот. Основними перевагами радіолокаційних станцій на таких мікросхемах стали широка смуга частот, поліпшена псевдовипадкова перебудова робочої частоти, багатофункціональність, безінерційне стеження за кількома цілями та висока надійність [1].

Розвиток лазерної й телевізійної техніки сприяв появі нових систем повітряної розвідки, які реально могли виявляти наземні мало-розмірні і замасковані об'єкти (цілі). Поєднання в єдиний комплекс інформаційних датчиків різної фізичної природи та електронно-обчислювальних машин значно підвищило результативність ведення розвідки [2].

Важливим чинником, який помітно вплинув на розширення бойових можливостей БпЛА, стало освоєння космічного простору. Глобаль-

ні системи космічної розвідки, зв'язку та навігації дозволили здійснювати автоматичний політ, виявляти цілі, точно визначати їх координати і оперативно передавати інформацію на наземні або повітряні пункти керування [1, 5].

Досягнення в дослідженнях аеродинаміки польоту на дозвукових і надзвукових швидкостях уможливили польоти БпЛА на малих висотах, а зростання комп'ютерних потужностей привело до реалізації складних траєкторій польоту та здійснення маневрів з високим перевантаженням, що ускладнювало перехоплення БпЛА комплексами протиповітряної оборони і забезпечувало прихованість їх бойового застосування.

Найбільш продуктивним періодом у розвитку безпілотної авіації стали 1970-ті – 1980-ті роки, коли в Радянському Союзі було створено багатофункціональну систему автоматичного керування для першого безпілотної орбітального корабля «Буран», якій успішно виконав свій перший політ 15 листопада 1988 р.<sup>8</sup> Здавалося б, це неймовірне досягнення – складний космічний політ в автоматичному режимі – порушить тодішній застій у розвитку БпЛА, однак цього не відбулося. Принаймні у двох супердержавках, США та СРСР, занурених у гонку озброєнь, насамперед ядерних, і у змагання із завоювання космосу, місця для БпЛА на той час не знайшлося.

Через відсутність принципово нових розробок у галузі безпілотної авіації в цей період центр ефективного впливу науково-технічного прогресу на розвиток БпЛА перемістився з Америки і Європи на Близький Схід, де практично безперервні регіональні збройні конфлікти активізували науку і військову промисловість Ізраїлю. Спочатку в ізраїльтян постала потреба у створенні власних повітряних мішеней та безпілотної літаків-розвідників, а згодом вони вийшли зі своїми розробками на світовий ринок і започаткували міжнародну кооперацію, передусім із США. У 1991 р. під час війни у Перській затоці ізраїльсько-амери-

<sup>7</sup> Ball M. IMSAR Develops High-Performance Synthetic Aperture Radars for UAVs. *Unmanned Systems Technology*. <http://surl.li/nxchy>

<sup>8</sup> Буран (орбітальний корабель). *Вікіпедія*. <http://surl.li/avvzc>

канський БпЛА Pioneer уже був основою угруповання безпілотної авіації військ коаліції [6].

Відтоді розпочався новий етап у розвитку БпЛА, який характеризувався переосмисленням їх місця і ролі в загальній системі бойового застосування. Цей період збігся з появою нових досягнень науково-технічного прогресу, які разом із поступовою зміною пріоритетів в авіації сприяли початку інтенсивного застосування безпілотників [1].

У 1990—2000 рр. в авіабудівній галузі США та Європи стався різкий стрибок — замість металевих матеріалів стали використовувати композитні<sup>9</sup>. Цей стрибок можна порівняти з переходом від дерев'яного до металевого літакобудування. Прогрес у матеріалознавстві став важливим кроком для всієї авіаційної промисловості світу. Завдяки поєднанню кількох різних компонентів було створено матеріали з властивостями, не притаманними жодному окремому компоненту, — це так званий синергетичний ефект. На відміну від традиційних конструкційних матеріалів полімерні композити характеризуються унікальними фізичними, хімічними та механічними властивостями, які можна цілеспрямовано змінювати, залежно від призначення тієї чи іншої конструкції. Зрозуміло, що в авіабудуванні композитні матеріали швидко почали витіснити сталь та алюміній.

Застосування композитних матеріалів дозволило не лише значно зменшити масу безпілотників, а й розробити, зокрема для відомого БпЛА Predator, гвинт із перемінним кроком, що поліпшило характеристики двигуна при роботі на всіх висотах. Раніше для кожної висоти доводилося визначати оптимальну швидкість і крок гвинта, що в разі зміни висоти збільшувало витрати пального і скорочувало тривалість польоту. З появою гвинта з перемінним кроком з композитних матеріалів тривалість польоту зросла до 70 год. Крім того, завдяки здатності деяких композитних матеріалів поглинати електромагнітні хвилі, вдалося зменшити по-

мітність БпЛА в радіолокаційному діапазоні<sup>10</sup> [1]. Сьогодні всі безпілотники оснащено гвинтами з перемінним кроком.

На початку 1990-х років з появою композитних матеріалів і розвитком нанотехнологій активізувалися роботи зі створення малогабаритних БпЛА літакового, коптерного та гібридного типів. Це стало можливим ще й завдяки створенню нового покоління малогабаритної розвідувальної апаратури. У США та Ізраїлі було розроблено малогабаритні комплекси бортової розвідувальної апаратури (оптико-електронні та інфрачервоні камери, лазерні пристрої тощо), в яких високі тактико-технічні характеристики поєднувалися з невеликим об'ємом, масою та меншим споживанням енергії. Серед технічних і технологічних досягнень того часу, які вплинули на розвиток малогабаритних розвідувальних комплексів, варто назвати такі:

- фотодетектори випромінювань на нових матеріалах;
- фокально-площинні ІЧ-решітки збільшених розмірів з високою просторовою розрізненістю;
- альтернативні способи зчитування інформації;
- нові методи компонування;
- удосконалені карданні підвіси та приводи;
- значно ефективніші способи обробки сигналів тощо [1, 2].

Потім як розвідувальні засоби почали використовувати сучасні тепловізійні камери зі стандартними лінійними детекторними решітками на основі телуриду кадмію та ртуті, які працюють у середньохвильовій частині спектра. Згодом вдалося збільшити розміри сканувальних решіток і кількість елементів приймача, що, у свою чергу, дозволило розширити можливості тепловізорів. Не менш важливою характеристикою Cd-Hg-Te-детекторів є істотне зменшення маси охолоджувального пристрою. Це дало можливість удвічі зменшити вагу тепловізора, а також на 40 % збільшити

<sup>9</sup> Memon O. From Wood To Composites: How Aircraft Materials Have Changed Over The Years. *Simple Flying*. <http://surl.li/nczmv>

<sup>10</sup> Connor R. The Predator, a Drone That Transformed Military Combat. *Smithsonian's National Air and Space Museum*. <http://surl.li/ndadj>

тривалість роботи його акумуляторних батарей, що дуже важливо для бортової апаратури БпЛА<sup>11</sup> [7].

Наступним кроком у розвитку тепловізорів стало розроблення довгофокусних неохолоджуваних детекторів на квантовій ямі QWIP (Quantum Well Infrared Photodetectors). Такі системи функціонують без спеціальних пристроїв охолодження, що дозволяє додатково зменшити їх масогабаритні характеристики. Використання цієї інновації в БпЛА привело до збільшення дальності й тривалості польоту завдяки зменшенню маси і розмірів тепловізора [8].

До розвідувальних засобів, які почали встановлювати на БпЛА, належать також мульти- та гіперспектральні камери для зйомки наземних об'єктів у різних діапазонах довжин хвиль електромагнітного спектра. Інноваційні технології, реалізовані в таких камерах, забезпечують унікальне поєднання малих масогабаритів з високими технічними характеристиками і високою якістю отриманих даних<sup>12</sup>.

Можливість збільшення кількості елементів зображення в кадрі дозволила у набагато більшу кількість разів збільшувати зображення для вивчення об'єктів і місцевості. Після бойових дій у зоні Перської затоки в 1991 р. військово-повітряні сили США відмовилися від застосування аерофотоапаратів, оскільки це потребувало багато часу на проявлення фотоплівки з подальшим її дешифруванням. За час війни збройні сили США та їх союзники обробили близько 40 млн відзнятих розвідувальних фотознімків. Процес отримання з цих знімків придатної для планування бойових операцій інформації тривав приблизно добу. За цей час високорухомі військові об'єкти, такі як механізовані війська і військова техніка, вже встигали просунутися далеко вперед і бойова обстановка змінювалася. Тому інформація від аерофоторозвідки часто виявлялася марною [2].

Встановлені на БпЛА цифрові відеокameraи забезпечили істотні переваги над аерофотоа-

паратами [9]. Цифрова обробка відеосигналів дозволяла легко поліпшувати якість зображень, стискувати їх та передавати безпосередньо з борту БпЛА в режимі реального часу користувачам на наземні станції. Відеокameraи на пристроях із зарядовим зв'язком мали чутливість у вдвічі ширшій смузі спектра, ніж аерофотоапарати, і видавали більше інформації про обстановку в різних зонах електромагнітного спектра. Такі відеокameraи могли функціонувати в умовах задимлення, туману, а інфрачервоні камери дали можливість проводити повітряну розвідку ще й вночі. Згодом з'явилися відеокameraи на основі малогабаритних CMOS-матриць (Complementary Metal Oxide Semiconductor), що привело до значного зростання просторової розрізненості<sup>13</sup>.

Обов'язковою умовою ефективного використання нової розвідувальної апаратури була наявність відповідних каналів керування польотом БпЛА і передачі даних у режимі реального часу з борту безпілота. Цьому сприяв активний розвиток техніки радіозв'язку. Потрібну апаратуру вдалося розробити завдяки успіхам у створенні ширококутових радіоліній, появі нових алгоритмів стиснення даних і зображень, вдосконаленню обробки та зберігання розвідувальних даних на наземних станціях та способів забезпечення інформаційної безпеки<sup>14</sup>.

Аналіз тематичного дешифрування наземних об'єктів засвідчив недостатність одновимірного зображення для гарантованої їх ідентифікації. Тому для розширення можливостей виявлення та розпізнавання об'єктів почали використовувати двовимірні зображення. При цьому основною метою було отримання найбільш повної інформації про сигнатури об'єктів, а не лише поліпшення просторової розрізненості. Однак одного тільки двовимірного зображення спостережуваного об'єкта виявилось недостатньо для його розпізнавання і згодом воно було доповнено вібраційними та поляризаційними характеристиками.

<sup>11</sup> Дрони з тепловізором: теорія та практика. *QUADRO.ua*. <http://surl.li/ndbyo>

<sup>12</sup> Hyperspectral UAV. <http://surl.li/ndcdv>

<sup>13</sup> DJI Mavic 3. <http://surl.li/ndcty>

<sup>14</sup> Busch K. How Is A Drone Controlled. *Robots.net*. <http://surl.li/ndcyg>

Для отримання тривимірних зображень об'єктів у режимі реального часу як доповнення до звичайних радіолокаційних станцій почали використовувати лазерні локатори з селекцією за дальністю — LADAR<sup>15</sup> і LIDAR<sup>16</sup>, що забезпечило значні переваги перед іншими засобами повітряної розвідки.

Поширенню безпілотників на електричній тязі коптерного типу сприяла поява у 2010-х роках легких і чутливих гіроскопів на основі п'єзоелементів, сучасних мікропроцесорів, безколекторних електродвигунів і компактних за розмірами акумуляторів. Ще донедавна для БпЛА широко використовували літій-іонні акумулятори завдяки їх досить високим експлуатаційним характеристикам та доступній вартості. Однак із появою літій-полімерних батарей усі БпЛА коптерного типу перейшли на цей вид акумуляторів, оскільки при збереженні експлуатаційних характеристик вони мають компактніші розміри і меншу масу. Крім того, оснащення безпілотників коптерного типу потужними та надійними безколекторними електродвигунами значно спростило механічну конструкцію апаратів<sup>17</sup>.

З 2000 р. розпочалася ера ударних безпілотників. Тоді вперше американський БпЛА Predator оснастили протитанковими крилатими ракетами AGM-114 Hellfire. Дебют відбувся в Афганістані в 2001 р., а з початком війни з тероризмом використання озброєних дронів набуло значного поширення<sup>18</sup> [2]. Поява компактних засобів ураження дала можливість розмістити їх на мультикоптерах, чим і скористалися терористичні організації<sup>19</sup>.

Одним із головних трендів сучасності вважають штучний інтелект. За останні десяти-

ліття комп'ютери вирішували все складніші й складніші завдання. На сьогодні вони здатні виконувати дії, які раніше, здавалося, могла робити лише людина. Інколи комп'ютери виконують роботу навіть краще за людину [10].

Швидкий розвиток штучного інтелекту відкрив шлях для його застосування у сфері безпілотної авіації в напрямі створення безпілотних роботів військового призначення. Перший такий прецедент з негативними наслідками стався в Лівії у 2020 р., коли БпЛА Kargu-2 турецького виробництва зі штучним інтелектом в автономному польоті «вистежив» людину як ціль і атакував її без спеціального наказу [11].

За оцінками фахівців, до 2050 р. очікується масове використання безпілотників різних модифікацій: від розвідувальних БпЛА розміром з комаху до великих ударних БпЛА або безпілотників забезпечення, здатних працювати в автономному режимі впродовж місяців [12].

Досягнення в галузі штучного інтелекту і розвиток компонентів безпілотників уможливили створення роїв, навіть якщо наразі їх застосування обмежується найпростішими місіями, такими як повітряні світлові шоу. Технології рою дають змогу групам БпЛА координувати свої дії одна з одною, часто без прямого контролю з боку людини. Рої безпілотників можуть використовувати різні методи керування і контролю, зокрема заздалегідь запрограмовані місії з конкретними заданими траєкторіями польоту, або централізоване керування з наземної станції чи з боку одного керівного БпЛА, або розподілене керування, за якого безпілотники «спілкуються» та «співпрацюють» на основі спільної інформації<sup>20</sup> [2].

Стрімке поширення нового покоління смертельної автономної зброї, особливо БпЛА з роєвою тактикою, доповненою і підтримуваною штучним інтелектом, може серйозно вплинути на майбутні війни, призвести до ескалації і підірвати основи ядерної безпеки та стратегічної стабільності у світі [11, 13].

<sup>15</sup> The Basics of LiDAR — Light Detection and Ranging — Remote Sensing. *NeonScience*. <http://surl.li/nddes>

<sup>16</sup> Advanced Sea Mine Electro-Optic (EO) Detection and Identification Systems. <http://surl.li/nddfq>

<sup>17</sup> Історія появи та розвитку дронів для повітряної зйомки від квадрокоптера Георгія Ботезата до наших днів. *AeroPhoto*. <http://surl.li/nddna>

<sup>18</sup> History of drone warfare. *The Bureau of Investigative Journalism*. <http://surl.li/nddoz>

<sup>19</sup> Asher D. Multicopters in the Service of Terrorism. *Israel Defense*. <http://surl.li/nddq>

<sup>20</sup> Science & Tech Spotlight: Drone Swarm Technologies. *U.S. Government Accountability Office*. <http://surl.li/nddyj>

Отже, безпілотники почали активно використовувати на певному етапі розвитку науки і техніки, в них поєднано найсучасніші досягнення різних наукових галузей та новітні інновації. Сучасні БпЛА військового призначення є кінцевим продуктом тривалого інноваційного процесу впровадження в практичну площину новітніх досягнень науково-технічного прогресу. Розвиток двигунів на реактивній тязі, створення систем дистанційного та автоматичного керування зумовили перехід до концепції, яка передбачає перспективність використання літальних апаратів без пілота на борту.

Поява нової елементної бази, розвиток оптико-електронної та електронно-обчислювальної техніки привели до створення малогабаритних, міцних, надійних, енергоощадних систем, що становили основу конструкції БпЛА. Розроблення нової розвідувальної апаратури, розвиток цифрового способу реєстрації інформації, створення радіоліній для керування польотом і передачі даних у режимі реального часу, поява нових алгоритмів стиснення даних і зображень, створення нових видів озброєння, електричних моторів, способів забезпечення

інформаційної безпеки сприяли розширенню можливостей БпЛА і забезпечили їх подальший розвиток та зрештою привели до їх більш пріоритетного військового застосування порівняно з пілотованою авіацією.

У галузі безпілотної авіації військового призначення Україна, як і деякі інші країни, рухається за принципом опанування відкритих інновацій [14]. Суть такого руху полягає в тому, що при розробленні безпілотної авіаційних комплексів українські фахівці або використовують наявні за межами країни технологічні й технічні продукти, комбінуючи їх за своїми потребами, або розробляють власні варіанти, вдосконалюючи за різними напрямками вже готові безпілотні авіаційні комплекси. Такий шлях зумовлений відсутністю на сьогодні в Україні певних авіаційних технологій та виробництва низки необхідних приладів.

На завершення слід наголосити на вагомому внеску установ та окремих вчених Національної академії наук України у згадані вище досягнення науково-технічного прогресу, що привели до розвитку безпілотної авіації, але це тема для окремої статті.

## REFERENCES

### [СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Doherty M. *Drones: an illustrated guide to the unmanned aircraft that are filling our skies*. NY, Metro Books, 2015.
2. Mosov S.P. (ed.) *Bezpilotna aviatsiia u viiskovii spravi (Unmanned aviation in military affairs)*. Kyiv, Interservis, 2019 (in Ukrainian).  
[Мосов С.П., Погорецький М.В., Салій С.М., Сєлюков О.В., Феценко А.Л. *Безпілотна авіація у військовій справі*. За ред. С.П. Мосова. Київ: Інтерсервіс, 2019.]
3. Keaney T.A., Cohen E.A. *Revolution in Warfare? Air Power in the Persian Gulf*. Naval Institute Press, 1995.
4. Wagner W., Sloan W.P. *Fireflies and other UAVs (Unmanned Aerial Vehicles)*. Arlington, Aerofax, 1992.
5. Horbulin V.P., Mosov S.P. The space component of geoinformation support for the managerial decision-making on issues of national security and defense. *Oboronnyi Visnyk*. 2021. (8): 4–11 (in Ukrainian).  
[Горбулін В., Мосов С. Космічна складова геоінформаційного забезпечення ухвалення управлінських рішень з питань національної безпеки і оборони. *Оборонний вісник*. 2021. № 8. С. 4–11.]
6. Mosov S.P. (ed.) *Zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ u voiennykh konfliktakh suchasnosti*. Kyiv-Mohyla Academy, 2013 (in Ukrainian).  
[Зіатдінов Ю.К., Куклінський М.В., Мосов С.П. та ін. *Застосування безпілотної літальної апаратури у воєнних конфліктах сучасності*. За ред. С.П. Мосова. Київ: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2013.]
7. Feshchenko A.L. The impact of the achievements of scientific and technical progress on the development of unmanned aviation complexes. *Trudy Akademii Zbroinykh Syl Ukrainy*. 2008. **86**: 77–81 (in Ukrainian).  
[Фещенко А.Л. Вплив досягнень науково-технічного прогресу на розвиток безпілотної авіаційних комплексів. *Труди Академії Збройних Сил України*. 2008. № 86. С. 77–81.]
8. Quantum Well Infrared Photodetectors. Elsevier BV, 2011. <https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/quantum-well-infrared-photodetectors>



9. Springer P.J. *Military Robots and Drones: A Reference Handbook*. Bloomsbury Academic, 2013.
10. Walsh T. *Machines That Think: The Future of Artificial Intelligence*. Amherst, New York, Prometheus, 2018.
11. Horbulin V.P., Mosov S.P. Deadly autonomous weapon. *Oboronnyi Visnyk*. 2022. (3-4): 18–24 (in Ukrainian). [Горбулін В., Мосов С. Смертельна автономна зброя. *Оборонний вісник*. 2022. № 3-4. С. 18–24.]
12. Franklin D. (ed.) *Megatech: Technology in 2050*. London: The Economist, 2017.
13. Johnson J. Artificial Intelligence, Drone Swarming and Escalation Risks in Future Warfare. *The RUSI Journal*. 2020. **165**(2): 26–36. <https://doi.org/10.1080/03071847.2020.1752026>
14. Chesbrough H. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press, 2003.

Volodymyr P. Horbulin

*National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Sergey P. Mosov

*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0833-3187>

#### UNMANNED MILITARY AVIATION IS THE FOCUS OF GLOBAL SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS

The article presents the results of the research on the features of the development of unmanned military aviation in the context of scientific and technical progress. Drones began to be actively used at a certain stage of the development of science and technology, and they combined the latest achievements in various fields of science and advanced technologies. At the same time, the development of jet engines and electric motors, the creation of remote and automatic control systems, the emergence of a new elemental base, the progress in optical-electronic, electronic-computing and digital technology, global navigation satellite systems and the possibility of placing weapons on unmanned aerial vehicle, as well as the utilization of artificial intelligence's advantages determined the prospectiveness of development and the relevance of the use of unmanned aircrafts in military affairs.

**Keywords:** unmanned aviation, scientific and technical progress, unmanned aerial vehicle, military affairs.

**Cite this article:** Horbulin V.P., Mosov S.P. Unmanned military aviation is the focus of global scientific and technological progress. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2023. (11): 48–56. <https://doi.org/10.15407/visn2023.11.048>