

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра військової підготовки

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: «Вплив метеорологічних умов на політ безпілотних літальних апаратів різних типів»

Виконав курсант групи В-19
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
курсант Андріюк Микита Олександрович
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник канд. фіз.-мат. наук, підполковник
Мансарлійський Валерій Федорович

Консультант _____ - _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Вольвач Оксана Василівна

Одеса, 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра військової підготовки
Освітній ступень _____ бакалавр

Спеціальність _____ 103 Науки про Землю

(шифр і назва)

Освітня програма «Організація метеорологічного та геофізичного
забезпечення Збройних Сил України»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри військової підготовки

полковник Олег ГРУШЕВСЬКИЙ

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

курсанту АНДРІЮКУ Микиті Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Вплив метеорологічних умов на політ безпілотних літальних
апаратів різних типів»

керівник роботи _____ Мансарлійський Валерій Федорович, к.ф-м.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ОДЕКУ від 29 квітня 2023 року № 53 «С»

2. Строк подання курсантом роботи _____ 12 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: тактико-технічні, аеронавігаційні характеристики
безпілотних літальних апаратів різних типів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити):

1) ознайомитись з основними льотно-технічними і аеродинамічними
характеристиками та сферою застосування основних видів безпілотних
літальних апаратів

2) визначити і порівняти існуючі класифікації безпілотних літальних апаратів
у військовій сфері передових країн

3) визначення і аналіз впливу основних метеорологічних параметрів (вітру,
температури, тиску, вологості та хмарності) на всіх етапи польоту різних типів
БПЛА різних класів і категорій

5. Перелік графічного матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання: 08 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та пошук літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи бакалавра	08.05 – 12.03.23	92	5
2.	Відпрацювання 1 та 2-го розділів роботи	13.03 – 18.05.23	90	5
3.	Рубіжна атестація	19.05-23.05.23	94	5
4.	Обробка вхідних даних та розрахункової частини	24.05 – 31.05.23	92	5
5.	Відпрацювання 3-го розділу	01.06 – 09.06.23	92	5
6.	Відпрацювання вступної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків	10.06 – 13.06.23	92	5
7.	Перевірка роботи на плагіат, підготовка презентації, доповіді	14.06.23		
8.	Подання роботи на рецензування	15.06.23		
9.	Подання роботи до навчальної частини	16.06.23		
10.	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	19.06.23	92	5

курсант _____
(підпис)

Микита АНДРІЮК
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи підполковник _____
(підпис)

Валерій МАНСАРЛІЙСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Загальні відомості про безпілотні літальні апарати.....	8
1.1 Сфера застосування безпілотних літальних апаратів.....	8
1.2 Класифікація безпілотних літальних апаратів за аеронавігаційною основою.....	11
1.3 Способи і види керування та живлення безпілотних літальних апаратів.....	18
2 Основні класи БПЛА військового призначення за стандартами НАТО...22	
2.1 Існуючі класифікації БПЛА.....	22
2.2 Класи і категорії класифікації БПЛА за стандартами НАТО.....	25
3 Вплив метеорологічних величин і явищ погоди на всіх етапах польоту безпілотних літальних апаратів.....	36
3.1 Вплив хмарності, температури і вологості.....	38
3.2 Вплив вітру і атмосферного тиску.....	41
Висновки.....	45
Перелік посилань.....	46
Додатки.....	48

ВСТУП

У сучасному світі все частіше постає питання щодо зменшення об'ємів фізичного навантаження людини, шляхом розробки та застосування автоматизованих форм реалізації дій починаючи від простих, що передбачають виконання небагатокрокових, одноманітних маніпуляцій протягом тривалого часу, закінчуючи складними автоматизованими процесами, що передбачають реалізацію автоматизованого складного комплексу технологічних процесів. Застосування у виробництві автоматизованих (роботизованих) систем дозволяє значно зменшити кількість людських ресурсів, фізичне навантаження на кожен окрему одиницю задіяну в ньому, або радше сказати переводить участь людини у виробництві з фізичної площини до інтелектуальної. Оскільки із застосуванням автоматизованих систем на людину, що задіяна у процесі виробництва, вже покладається задача контролю за правильністю роботи системи. Ще одним не менш важливим фактором є значна економія фінансів при використанні автоматизованого процесу виробництва.

Питання автоматизації не оминуло і військову сферу. На даний час все частіше постає питання про мінімізацію застосування людських ресурсів під час виконання військових операцій і вирішення воєнних конфліктів. Метою цього, в першу чергу, є збереження життя особового складу, при виконанні надскладних небезпечних завдань.

Одним з напрямів автоматизації у воєнній сфері є застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Протягом останніх десятиріч це питання набуло суттєвої актуальності. У передових країнах світу БпЛА застосовуються у широкому спектрі вирішення бойових завдань під час ведення бойових дій і вирішення воєнних конфліктів (розвідка, коригування дій, знищення цілей, доставка вантажів, евакуація тощо).

Оскільки БПЛА відносяться до одного з видів авіації, їх ефективне застосування для виконання бойових завдань, так само як і будь-якого іншого літального апарату потребує відповідного забезпечення, в тому числі і метеорологічного.

Метеорологічне забезпечення БПЛА багато в чому можна ототожнити із метеорологічним забезпеченням авіації взагалі, але це питання потребує ретельного і детального аналізу для вироблення ефективної методики метеорологічного забезпечення польотів і виконання завдань БПЛА як окремого виду авіації. Це в першу чергу пов'язано з деякими суттєвими відмінностями між основними видами літальних апаратів, що є на даний час на озброєнні нашої держави (літаки, вертольоти) і безпілотними літальними апаратами, що тільки недавно почали поступати до підрозділів Збройних Сил. До таких відмінностей можна віднести: розміри, льотно-технічні, аеронавігаційні характеристики, функціональні можливості тощо. Урахування цих відмінностей дозволить виробити максимально ефективну методику метеорологічного забезпечення всіх видів БПЛА з урахуванням всього спектру виконуваних ними завдань і існуючої в наявності метеопідрозділів метеорологічної інформації.

Актуальність обраної тематики обумовлена тим, що визначення та врахування основних льотно-технічних характеристик, аеронавігаційних параметрів їх класифікація, дає змогу вироблення ефективної методики метеорологічного забезпечення безпіотної авіації.

Метою роботи є визначення впливу метеорологічних умов на політ безпілотних літальних апаратів різних типів.

Завдання, що вирішувались у рамках дослідження для досягнення мети:

- ознайомлення з основними льотно-технічними і аеродинамічними характеристиками та сферою застосування основних видів безпілотних літальних апаратів;
- визначення і порівняння існуючих класифікацій безпілотних літальних апаратів у військовій сфері передових країн;

– визначення і аналіз впливу основних метеорологічних параметрів (вітру, температури, тиску, вологості та хмарності) на всіх етапи польоту різних типів БПЛА різних класів і категорій.

У першому розділі курсової роботи висвітлюються загальні відомості про безпілотні літальні апарати, а саме основні характеристики, які необхідно враховувати для подальшого використання у аналізі застосування метеорологічного забезпечення різних видів безпілотних повітряних суден.

У другому розділі розглянуті тактично-технічні характеристики, основні ознаки і зовнішню конструкцію моделей БПЛА різних класів і категорій, зазначених у класифікації передових країн світу, для їх зіставлення між собою і оцінки впливу погодних явищ на сферу їх застосування.

У третьому розділі проведений аналіз впливу метеорологічних величин і явищ погоди для організації метеорологічного забезпечення всіх етапів польоту безпілотних повітряних суден.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ

В сучасному світі військова і цивільна авіація використовує найрізноманітніші літальні апарати для досягнення заданих цілей, серед них є і ті, що можуть виконувати політ без наявності пілота у ньому. Такі повітряні судна називаються безпілотними літальними апаратами (БпЛА).

Безпілотний літальний апарат (англійською unmanned aerial vehicle (UAV)) – повітряне судно, яке може здійснювати зліт, політ та посадку без фізичної присутності в ньому людини. Сучасні БпЛА мають багато відмінностей від звичайних літальних апаратів і вертольотів, але найсуттєвішою їх відмінністю в більшості випадків є їх розміри. Що є зрозумілим, тому що для повітряного судна, що не розраховане на місткість людини, не потрібна більшість приладів, що допомагають льотчику керувати літальним апаратом. Деяка частина моделей БпЛА керуються дистанційно, для цього існує спеціальне обладнання (наземна станція керування, антенна система та катапульта), яке у сумісності із самим БпЛА називається безпілотним авіаційним комплексом (БпАК).

БпЛА також іноді називають дронами. Дрони – (DRONEs - Dynamically Remote Operated Navigational Equipment) безпілотний апарат, на відміну від БпЛА може не тільки літати, а і пересуватися по поверхні землі, над або під водною поверхнею. Тобто, безпілотні повітряні судна це один із класів дронів, який безпосередньо пов'язаний з виконанням завдань у повітряному просторі за допомогою дистанційного керування або автопілоту.

1.1 Сфера застосування безпілотних літальних апаратів

Всі безпілотні повітряні судна розділяються на судна військового і цивільного призначення. На даний час існує дуже велика кількість видів

безпілотних літальних апаратів та їх не перестають розробляти кожного дня, але є основні характеристики, по яким можна їх класифікувати.

Способи застосування безпілотних літальних апаратів у цивільній і військовій сферах є дуже різноманітними і в більшості випадків вони використовуються для спостереження (розвідувальні, аерофотографічні, спостережні, розважальні, тощо), переміщення необхідних об'єктів повітрям (вантажні – призначенні для доставки повітрям різноманітного вантажу, ударні – носії ракет або бомб, камікадзе – підривна суміш) або можуть використовуватися для виконання образу декількох різних завдань (багатофункціональні).

1) Ударні або бомбардувальні апарати (Bayraktar TB2, БпАК Valkyrie). Військові БпЛА літального типу, які зазвичай використовуються для нанесення уражень по ворожим об'єктам бомбами з лазерним наведенням або ракетами класу «повітря-поверхня». Безпілотні літальні апарати такого типу мають великі розміри і велику вантажопідйомність відповідно, відносно інших подібних повітряних суден. Також є самим дорогим типом безпілотних літальних апаратів;

2) Розвідувальні (DJI Mavic 3, Black Hornet, Vector) - БпЛА такого типу використовуються військовими для спостереження за певною місцевістю з метою отримання фотозвіту розташування ворожих об'єктів. Такі повітряні судна обладнані камерами різного типу, які можуть проводити зйомку у форматі HD, Full HD або 4K. Для покращення якості розвідувальних даних у цих дронах також використовуються так звані високодетальні зуми, тепловізійні і інфрачервоні датчики. У більшості випадків дрони такого типу є дуже маленькими за розмірами;

3) Камікадзе або баражуючі боеприпаси (Q-SLAM-40 1m p-0, SWITCHBLADE 600) – це одноразові безпілотні повітряні судна, основною метою яких є ураження цілі шляхом зіткнення з нею, при цьому під час зіткнення відбувається детонація боеголовки з вибуховою речовиною, при цьому знищується (уражається) не лише ціль, а і сам БпЛА в процесі цього.

Керування виконанням завдань дорнами-камікадзе відбувається дистанційно в онлайн режимі, або за допомогою автопілоту шляхом введення спеціальних координат місцевості. Баражуючи боєприпаси в свою чергу здатні зависати на деякий час у повітрі у районі визначеному як район знаходження потенційної цілі, і виконати пікірування на ціль лише після виявлення об'єкта супротивника;

4) Вантажні (GRIFF Aviation 300, Ehang 184, Draganfly Heavy Lift Drone) БПЛА, які призначенні для переміщення різних матеріальних об'єктів (медикаментів, ящиків із зброєю або боєприпасами, провізією, тощо) повітрям. Дрони такого типу повинні мати велику статичність, тому в основному є літальними або вертольотними і як БПЛА ударного типу мають високу вантажопідйомність. Також БПЛА такого типу використовуються для «авіапошти». Кампанія «Amazon» вже зараз доставляє посилки за допомогою вантажних дронів;

5) Аерофотографічні (RH4 'Spyder', AR180, Fox6) це дрони, які призначенні для фотографування місцевості з висоти пташиного польоту з високою здатністю розрізняння рельєфу і використовуються в різних цілях. Аерофотографія представляє собою готову карту певної ділянки в деталях заданого масштабу, представлена в цифровому форматі, яка передається на спеціальні прилади, які розташовані на землі. Використовуються в багатьох галузях в першу чергу з метою деталізованого картографування місцевості;

б) Аварійно-рятувальної БПЛА – дрони з вбудованим штучним інтелектом, які можуть годинами перебувати у повітрі, постійно шукаючи та відстежуючи зниклих безвісти. Під час стихійного лиха такого як лісова пожежа або повінь, такий тип БПЛА може швидко покрити велику територію, інформувати служби екстреного реагування на землі про ситуацію в повітрі в режимі реального часу та допомогти в оцінці стихійного лиха та рішення щодо стратегії реагування на наслідки стихійного лиха.

1.2 Класифікація безпілотних літальних апаратів за аеронавігаційною основою

Особливості льотних властивостей БПЛА визначаються його аеродинамічною компоновкою. Аеродинамічна компоновка БПЛА – це сукупність зовнішніх форм, розмірів та взаємного розташування його частин. Вона визначає зовнішній вигляд БПЛА і істотно впливає на його аеродинамічні характеристики.

Аеродинамічні компоновки можна класифікувати за низкою ознак:

- за типами БПЛА (винищувачі, бомбардувальники, розвідники, військово-транспортні і т.д.);
- за діапазоном швидкостей польоту (дозвукові, трансзвукові, надзвукові, гіперзвукові);
- за маневреними властивостями (високоманеврені, маневрені, обмежено маневрені, неманеврені);
- за умовами базування (аеродромного, неаеродромного.)

Конструктивні характеристики дронів є дуже різноманітними – від безпілотників з розмахом крил в 75 м до невеликих дронів, з розмахом менше 1 м, але ігноруючи їх розміри способи стабілізування у повітряному просторі у них досягається одним і тим же шляхом – аеродинамічним, але не всі БПЛА мають на озброєнні крила, тому і способи стабілізування вони мають різні. Тому БПЛА з різними конструкціями можна поділити на чотири основні види: мультироторні, з фіксованим крилом, з одним ротором і гібридні.

1) Мультироторні (Multi-rotor drones) – БПЛА невеликого розміру, в яких у підймальна сила і сила тяги, що є необхідною для поступального руху в атмосфері, створюється за допомогою одного або декількох несучих гвинтів, які також використовуються повітряні суден вертолітного типу. Реактивні моменти врівноважуються за рахунок попарного обертання гвинтів, або нахилу вектору тяги кожного гвинта в потрібному напрямі [1]. Існують

основні структурні схеми дронів такого виду: X-Copter, Y-Copter і H-Copter. На рисунку 1 можна побачити способи врівноваження їх реактивних моментів.

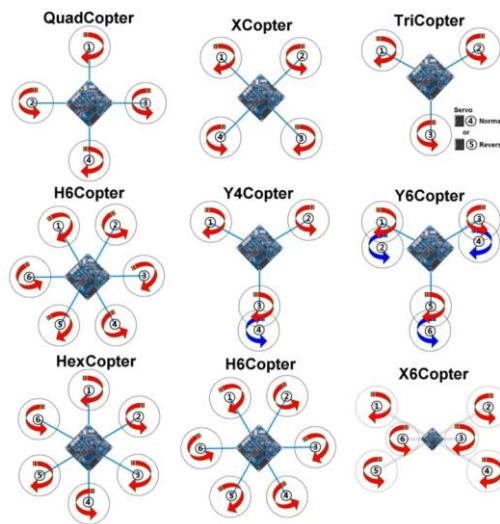


Рис. 1 – Різні конфігураційні варіанти мультироторних дронів.

Мультироторні БПЛА є найпоширенішим типом дронів, тому що можуть використовуватись як професіоналами, так і аматорами для досягнення різноманітних цілей – розвідка, аерофотозйомка, повітряне відеоспостереження тощо. Для цього на дронах встановлюють відео- або фотокамери різних типів. Цей тип дронів є дуже компактним і мобільним, що дає змогу переміщувати і використовувати його в будь-якій ситуації, їх використання не потребує використання ніякого додаткового спеціального обладнання чи площадок для злету (здійснювати запуск з будь-якої місцевості). Також окрему слід відмітити їх, що ціновий діапазон дронів такого типу є суттєво меншим за дрони інших типів. Але зрозуміло, що невелика собівартість таких дронів безпосередньо пов'язана з якістю матеріалів, що використовуються для їх виготовлення – такі дрони мають багато недоліків - обмежений час польоту, обмежена витривалість та швидкість тощо. Основна проблема таких дронів полягає в тому, що вони витрачають більшість своєї енергії тільки на боротьбу з гравітацією та стабілізацію у повітрі;

Такі дрони в залежності від кількості несучих гвинтів (роторів) поділяються на: трикоптери (рис. 2.1 *a, б*), квадрокоптери (рис. 2.2 *a, б*), гексакоптери (рис. 2.3 *a, б*) і октокоптери (рис. 2.4 *a, б*).



Рис. 2.1 – Моделі трикоптерів: *a* - YI Erida, *б* - FrSky VANTAC ROVER3.



Рис. 2.2 – Моделі квадрокоптери: *a* - DJI Wind 4 Industrial, *б* - Ninja Dragon Vortex 9RC.



Рис. 2.3 – Моделі гексакоптера: *a* - DJI Matrice 600, *б* - Tarot Iron Man T960.



Рис. 2.4 – Моделі октокоптеру: *a* - Z8 Heavy Lift Octocopter Drone, *б* - DJI Agras MG-1.

2) Літальний апарат літакового типу або БпЛА з нерухомим крилом (fixed-wing UAV) – БпЛА, які мають як і основні компоненти звичайного літального апарату (фюзеляж, крила та оперення) так і основні його аеродинамічні властивості, але відповідно є меншим за розмірами. Підймальна сила у дронів такого типу утворюється аеродинамічним способом за рахунок напору повітря, що набігає на нерухоме крило.

Як і звичайні літальні апарати, дрони розрізняються за аеродинамічними схемами: нормальна схема (рис 3.1 а, б); схема «качка» (рис 3.2 а, б); «літаюче крило» (рис 3.3 а, б).



Рис. 3.1 – Моделі літальних БпЛА нормальної схеми: а - Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk, б - Bayraktar TB2.

На відмінну від мультироторних дронів, БпЛА такого типу, використовують власну енергію не для стабілізації у повітрі (цю задачу виконує профіль крил) або на боротьбу з гравітацією, а для польоту за заданим курсом, тому такі літальні апарати, як правило, відрізняються великою тривалістю польоту, великою максимальною висотою польоту та високою швидкістю.

Недоліками дронів літального типу є: складніша система керування, що потребує наявності певних навиків; необхідність наявності злітної або посадкової площадки або смуги (для злету таких БпЛА необхідна ЗПС або катапульта, для посадки ЗПС або парашутна система); в основному такі БпЛА мають велику ціну порівняно з дронами інших типів, але всі вищезазначені

характеристики компенсуються за рахунок їх багатоцільового використання відносно інших типів БПЛА;

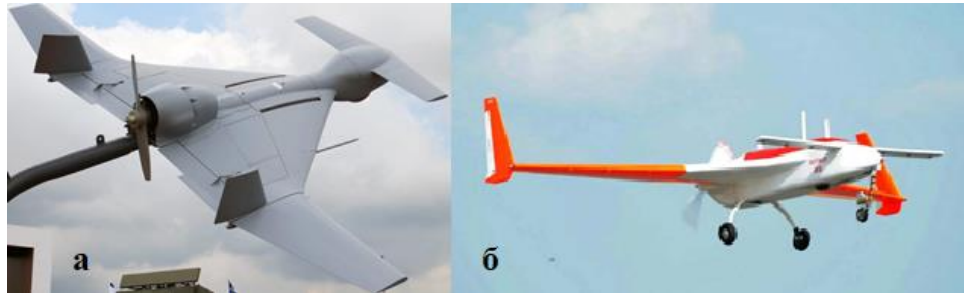


Рис. 3.2 – Моделі літальних БПЛА схеми «качка»: а - IAI Harop, б - Rustom-1.

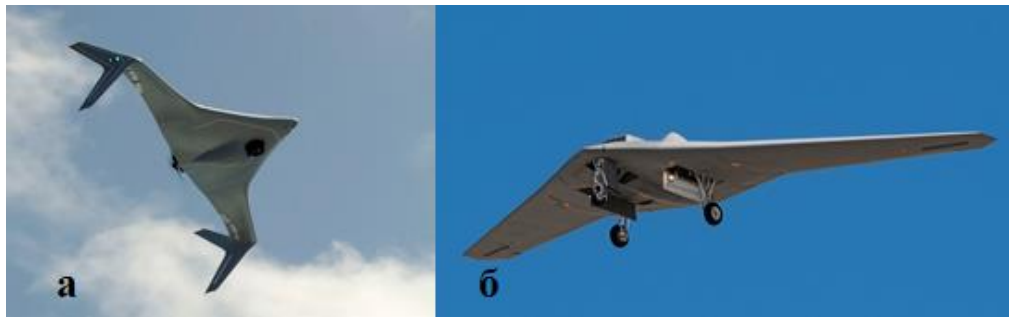


Рис 3.3 – Моделі літальних БПЛА схеми «літаючого крила»: а - Northrop Grumman Bat, б - RQ-170 Sentinel.

Нижче представлені моделі (рис. 4) і тактично-технічні характеристики (табл. 1) ударних повітряних суден, які повсякденно використовують Повітряні сили США для порівняння.

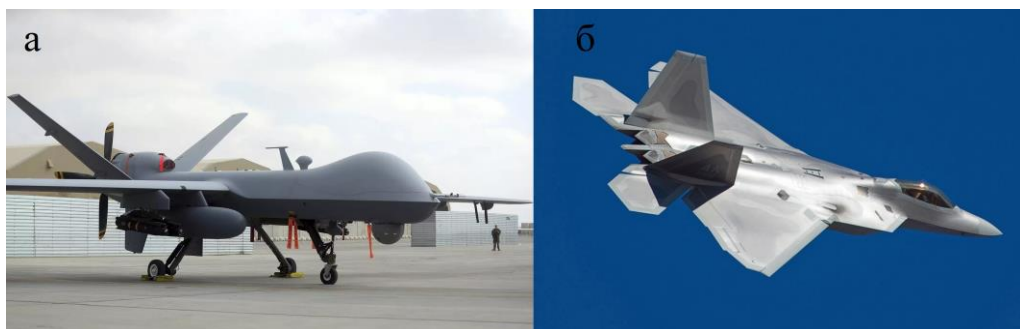


Рис. 4 Моделі повітряних суден: а - БПЛА з фіксованим крилом MQ-9 Reaper, б – літак-випищувач п'ятого покоління F-22 Raptor.

Таблиця 1 – Тактично - технічні характеристики повітряних суден.

ТТХ \ Моделі	MQ-9 Reaper (2001)	F-22 Raptor (1994)
Дальність польоту, км	до 1900	до 2960
Максимальна висота польоту, км	до 15	до 20
Максимальна швидкість, км/год	222	2124
Злітна маса, кг	4800	29200
Розмах крил, м	20,1	13,6
Довжина, м	11	18,9

Аналізуючи ці характеристики, можна зробити висновок, що безпілотна авіація поступається звичайній в винищувальній сфері. Це пов'язано з тим, що штучний інтелект, який виконує керування автопілотом не є достатньо досконалим щоб виконувати більшість маневрів чи бойових завдань, які можуть виконувати командири екіпажів на військових літаках, відповідно БПЛА буде мати менш модернізоване обладнання ніж звичайні повітряні судна доти автопілот не стане досконалим.

3) Однороторні (single rotor drones) – дрони за своєю конструкцією схожі на вертольоти одногвинтової системи з рульовим гвинтом (рис. 5 а, б). В цих БПЛА як і у вертольотів сумарна тяга на лопатях рульового гвинта, помножена на плече хвостової балки, утворює момент, зворотній реактивному моменту несучого гвинта. При рівності моментів вертоліт летітиме по прямій по курсу. Однороторні БПЛА мають більш високий час польоту ніж мультироторні, тому що менша кількість роторів, утворює меншу силу обертання літальної основи і відповідно потребує меншої її компенсації (саме тому трикоптери і квадрокоптери є стабільнішими за гексакоптери або октокоптери). Виходячи з цього, однороторні БПЛА мають більш високе коло призначень і відповідно більш високу вартість. Недоліком використання такого типу БПЛА є його основна частина – несучий гвинт. Неправильне керування дроном може призвести до зіткнення його із земною поверхнею або з будь-якою іншою перешкодою, в результаті чого може відбутися руйнування несучих гвинтів,

що в свою чергу може призвести до нанесення шкоди як оператору так і довколишній інфраструктурі.



Рис. 5 Моделі однороторних БПЛА: а - Airbus Helicopters VSR700, б - MQ-8 Fire Scout.

4) Гібридні (Vertical Take-Off and Landing (VTOL)) БПЛА вертикального зльоту і посадки (Рис. 6 а, б), які поєднують у собі переваги моделей з нерухомим крилом (великий час польоту) з перевагами моделей на основі ротора (зависання і можливість вертикального зльоту та посадки). Спектр їх призначення відповідно є дуже розширеним, оскільки гібридність їх конструкції, у залежності від варіацій сполучень модулів різних моделей дозволяє використовувати їх у різних сферах для виконання багатьох задач. До недоліків таких типів БПЛА можна віднести складну систему керування, складність обслуговування і необхідність наявності ЗПС або стартової площадки для виконання злету і посадки;



Рис. 6 Моделі гібридних БПЛА: а - H10 Poseidon II, б - DJ25.

Раніше було зазначено, що існують БпЛА аеродромного і неаеродромного (здійснюють зліт з площадки або з рук) базування. (Рис. 7 а, б).



Рис. 7 – Обладнання для запуску БпЛА: а – катапульта, б – пускова установка.

Окремо також слід зазначити, що існують БпЛА для запуску яких використовується спеціальне обладнання (катапульта, або рампа), яке надає БпЛА додаткову початкову швидкість для досягнення певної висоти, необхідної для подальшого польоту. Перевагою використання для запуску цих засобів є мобільність і оперативність, за допомогою цього обладнання БпЛА можуть запускатись з будь-яких неоднорідних поверхонь незалежно від часу доби і загальної ситуації, що є важливим фактором під час бойових дій.

1.3 Способи і види керування та живлення безпілотних літальних апаратів

Однією з основних характеристик сучасних БпЛА є спосіб живлення. Існує багато різних способів живлення БпЛА – акумуляторні батареї різного типу, двигуни внутрішнього згорання, водневі елементи живлення, бездротова зарядка, гібридні акумулятори, що поєднують в собі декілька різновидів джерел живлення, ультраконденсаційні елементи живлення тощо [4]. Нижче вказані основні їх види:

1) Батарея – найпоширеніший легкий і компактний вид акумуляторів в дронах. Такий вид живлення у більшості випадках використовується в мультироторних і однороторних БпЛА. Хоча батарея і не дає можливості

літальному апарату досить довго знаходитися в повітряному просторі, але цей вид живлення, за рахунок малогабаритності і відносно малої ваги, значно зменшує його загальну вагу і при цьому дозволяє дронам роторного типу набирати відносно велику швидкість польоту. Батареї бувають літій-полімерні (Li-Po), літій іонні (Li-Ion) нікель-метал гідридні та нікель-кадмієві тощо;

2) Газові БпЛА – це БпЛА, які для польоту використовують енергію, вироблену за допомогою двигуна внутрішнього згорання. Для повноцінної роботи двигуна використовується паливо різних видів: бензин, гас, етанол, метанол і пропан. Такий вид живлення зазвичай використовується у високогабаритних дронах, відповідно БпЛА оснащенні таким елементом живлення мають більшу дальність польоту і можуть нести більш важкі вантажі, ніж електричні дрони. Одним із недоліків двигуна є дуже гучний звук роботи під час польоту БпЛА, що є неприпустимим для виконання розвідувальних операцій.

3) БпЛА оснащенні водневими паливними елементами використовують електроенергію, що утворюється за рахунок хімічної реакції водню і кисню. Політ на цьому виді акумулятора є беззвучним та екологічно чистим. У порівнянні з іншими джерелами акумулятивної енергії, що використовуються для дронів, водневі паливні елементи є більш енергоефективними, в багатьох моделях вони можуть забезпечувати до чотирьох годин польоту і доволі добре витримують вплив низьких температур. Основним недоліком - є значно більша вартість дронів з таким видом акумулятора, оскільки виробництво, зберігання та розподіл (видобуток) самого водню є доволі складним і дорогим процесом. Ще одним недоліком є вироблення великого об'єму тепла через реакцію згорання кисню, яке, в свою чергу, може вплинути на деякі елементи устаткування дрону під час польоту, що може призвести до погіршення або, в загальному, до зупинки роботи цих елементів;

4) БпЛА оснащенні сонячними елементами, які живлять акумулятор за рахунок сонячної енергії, що акумулюється через сонячні панелі, розташовані на поверхні літального апарату (рис. 8 а, б).



Рис. 8 – Моделі БПЛА на сонячних панелях: а - Silent Falcon з розмахом крил 4 метра; б - стратосферний беспилотник NASA Helios з розмахом крил 75 метрів.

Відповідно тривалість знаходження БПЛА в повітрі, на пряму залежить від дожини і площини крил (на яких вони зазвичай розташовуються). Розмах крил, на яких можна розмістити ці панелі, в БПЛА такого типу сягає від 4 до 75 м.

Основною умовою польоту таких дронів є пряме попадання сонячних променів на поверхню сонячних елементів, що унеможливорює їх політ у вечірні і нічні часи, а також в денні часи при хмарному небі.

Кожна модель БПЛА має свої особливості в керуванні, але можна виділити основні види способів керування БПЛА. За способом керування БПЛА поділяються на апарати: дистанційного, напівавтоматичного та автоматичного керування.

1) Дистанційне або ручне керування – (manual mode) це різновид керування, у якому спеціаліст безпосередньо виконує зліт, політ, посадку БПЛА і виконує завдання за допомогою спеціального обладнання. Для керування таким способом потрібен досвід використання, оскільки цей спосіб керування не передбачає наявності автопілоту;

2) Напівавтоматичне керування або аркадний режим (arcade mode) – схожий на схему керування ручного режиму, але в цьому випадку при експлуатації дрону спеціалісту може скористатись автопілотом, робота якого оснований на орієнтації у просторі за допомогою гіроскопу, а пілот в свою чергу

повинен контролювати напрямок, висоту і швидкість польоту. Для керування БПЛА таким способом не потрібні поглиблені навички;

3) Автоматичне керування – (automatic mode) це різновид керування, де дрон виконує зліт, політ, необхідні завдання іноді посадку у автоматичному режимі. Для виконання польотів в автоматичному режимі, безпілотні повітряні судна мають спеціальне програмне забезпечення, за допомогою якого дрони можуть відслідковувати супутникові дані і дані системи GPS для визначення точного місцезнаходження у просторі . Такий вид експлуатації використовується ударними дронами і дронами-камікадзе, де за допомогою автопілоту БПЛА долітає до місцевості, заданої координатами для виконання поставленої цілі.

2. ОСНОВНІ КЛАСИ БПЛА ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА СТАНДАРТАМИ НАТО

2.1 Існуючі класифікації БПЛА

Окрім загальних характеристик, зазначених у попередньому розділі, існують багато інших, але перелічувати їх всі немає сенсу, тому що ознаки, зазначені в них не мають великого впливу на подальші дослідження.

У військовій сфері різних країн світу існує своя класифікація всіх моделей БПЛА, що відображає основні характеристики з огляду на спектр можливостей по відношенню до виконання завдань. Найрозповсюдженими у військовій сфері є такі класифікації, як класифікація Департаменту оборони США (табл. 2), класифікація військово-політичної організації НАТО БПЛА за даними UVS International (табл. 3) і БПЛА за даними UVS International (табл. 4).

Департамент оборони США (DoD) використовує систему класифікації БПЛА, яка відрізняється від інших визначенням категорії на основі їх здатності до безпечного використання в національному повітряному просторі США.

Таблиця 2 – Категорії БПЛА за стандартами Департаменту оборони США.

Групи	1	2	3	4	5
Характеристики					
Злітна маса, кг	0-9	9-25	25-599	від 599	від 599
Максимальна швидкість, км/год	0-185	185-450	185-463	без обмежень	без обмежень
Максимальна висота польоту, м	0-350 (AGL)*	350-1000 (AGL)	1000-5400 (MSL)**	1000-5400 (MSL)	від 5400 (MSL)
Розміри	Маленькі	Середні	Великі	Великі	Найбільші
Представники	RQ-11B Raven UAV	ScanEagle UAV	RQ-7B Shadow UAV	MQ-1A Predator UAV	RQ-4A Global Hawk UAV

* AGL (Above Ground Level) - висота над рівнем землі.

** MSL (Mean Sea Level) – над середнім рівнем моря.

Класифікація за стандартами НАТО використовується для систематизації та стандартизації безпілотних літальних апаратів, що використовуються військовими силами членів НАТО [14]. У цій класифікації основними відмінними характеристиками є злітна маса, радіус і висота застосування.

Таблиця 3 – Категорії БпЛА за стандартами НАТО.

Клас	Рівень застосування	Бойовий радіус, км	Висота застосування, м	Категорія БпЛА БпАК держав - членів НАТО
I клас - до 150 кг	мікро (тактичні) до 2 кг	до 5	до 60 (AGL)	micro
	міні (тактичні поля бою) від 2 до 15 кг	5-25	до 900 (AGL)	mini
	малі (тактичні) від 15 кг	25-50	до 1500 (AGL)	small
II клас - від 150 до 600 кг	оперативно-тактичні	50-200	до 5500 (AGL)	tactical
III клас - від 600 кг	оперативні	від 200	до 13700 (MSL)	MALE
	стратегічні	від 200	до 20000	HALE
	стратегічні	від 200	до 20000	UCAV

UVS International (Unmanned Vehicle Systems International) - це міжнародна некомерційна організація, яка спрямовує свої зусилля на підтримку та розвиток безпілотних систем по всьому світу. UVS International та є платформою для співпраці, обміну інформацією та захисту інтересів компаній, організацій та осіб, які працюють у сфері безпілотних систем. Основними країнами, які входять до цієї організації є: США, Канада, Велика Британія, Франція, Німеччина, Ізраїль, Японія, Китай, Австралія. Для стандартизованого і узагальненого підходу до класифікації БпЛА організацією UVS було запропоновано використовувати єдиний підхід до класифікації БпЛА. На 31 березня 2021 року організація припинила свою діяльність, але самою класифікацією, запропованою організацією UVS досі продовжують активно використовувати в різних сферах.

Таблиця 4 – Категорії БПЛА за стандартами UVS International.

Характеристики Класи	Злітна маса, кг	Максимальна відстань, км	Максимальна висота польоту, м	Тривалість польоту, год
micro (μ)	до 5	до 10	до 250	до 1
mini	до 150	до 10	до 150	до 2
close range (CR)	від 25 до 150	від 10 до 30	до 3000	від 2 до 4
short range (SR)	від 50 до 250	від 30 до 70	до 3000	від 3 до 6
medium range (MR)	від 150 до 500	від 70 до 200	до 5000	від 6 до 10
MR Endurance (MRE)	від 500 до 1500	від 500	до 8000	від 10 до 18
Low Alt. Deep Penetration (LADP)	від 250 до 2500	від 250	від 50 до 9000	від 0,5 до 1
Low Alt. Long Endurance (LALE)	15-25	від 500	3000	до 25
Medium Alt. Long Endurance (MALE)	1000-1500	від 500	від 5000 до 8000	від 24 до 48
High Alt. Long Endurance (HALE)	від 2500 до 5000	від 2000	до 20000	від 24 до 48
Stratospheric (Strato)	від 2500	від 2000	від 20000	від 48
Exo-stratospheric (EXO)	не визначено	не визначено	від 30500	не визначено
Unmanned combat AV (UCAV)	від 1000	приблизно 1500	до 12000	приблизно 2
Lethal (LET)	не визначено	300	до 4000	від 3 до 4
Decoys (DEC)	від 150 до 500	до 500	від 50 до 5000	до 4

Відповідно цих класифікацій можна зробити висновок, що основними відмінними характеристиками за якими можна поділяти всі види і моделі БПЛА є: злітна маса, максимальна дальність, висота, швидкість і тривалість польоту. Тобто ці класифікації створені на основі саме технічних параметрів літальних апаратів, а не їх бойових завдань. Тому для створення методики метеорологічного забезпечення потрібно враховувати саме ці параметри, а окремі моделі, які мають на оснащенні додаткове спеціальне оснащення для вузького використання, повинні мати додаткові обмеження щодо погодних умов.

2.2 Класи і категорії класифікації БпЛА за стандартами НАТО

У Збройних Силах України, як зазначено у Додатку 1 до Наказу № 661 «Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України» [11] використовуються класифікація блоку НАТО, тому надалі всі згадки про класи БпЛА стосуватимуться саме класів з цієї класифікації (табл. 3).

Для подальшого аналізу впливу метеорологічних параметрів на різних етапах польоту БпЛА, нижче розглянуті загальні характеристики всіх класів БпЛА (відповідно до класифікації за стандартами НАТО).

«Мікро-дрони» (micro UAV – MAV) - це найменші БпЛА тактичного рівня застосування, які відносяться до класу I, з максимальною злітною масою до 2 кг. Вони є дуже портативними та можуть бути легко перенесені в рюкзаку або в кишені. Ці дрони зазвичай мають дуже низький рівень шуму. Мікро-дрони часто використовуються для фото- та відеозйомки, виконання аерофотозйомки, зйомки з висоти до 60 м. Також вони використовуються у військовій сфері для збору розвідувальної інформації або спостереження за терористичними угрупованнями. Мікро-дрони можуть використовуватися для виконання місій розвідки на низьких висотах та в важкодоступних для інших засобів місцях.

Вони можуть оснащуватися різними типами камер, такими як звичайна відеокамера, тепловізор або інфрачервона камера, що дозволяє виконувати різні завдання (спостереження, розвідка, коригування вогню) в різних умовах (вдень, вночі, при обмеженій видимості), для отримання цінної інформації (місце розташування ворожих підрозділів і техніки, їх кількості, коригування вогню своїх військ тощо). Крім цього деякі дрони оснащені устаткуванням, що дозволяє виконувати політ у автоматичному режимі, що свою чергу дозволяє їм виконувати завдання без участі оператора. Також існують дрони які оснащені модулями, що дозволяють підтримувати зв'язок з ними через

мережу інтернет, що, в свою чергу, дозволяє отримувати живу трансляцію з камери в режимі реального часу.

На рисунку 9 наведені деякі з існуючих дронів даної категорії, також у таблиці 5 для порівняння різних моделей представлені їх тактично-технічні характеристики.



Рис. 9 – Моделі мікро-дронів: а - однороторний дрон PD-100 Black Hornet 3, б – квадрокоптер Parrot Bebop 2, в - квадрокоптер Hubsan X4, г – квадрокоптер DJI Mavic 3.

Таблиця 5 – Тактично - технічні характеристики БПЛА категорії «мікро».

Моделі БПЛА	PD-100 Black Hornet 3	Parrot Bebop 2	Hubsan X4	DJI Mavic 3
ТТХ				
Дальність польоту, м	до 2000	до 2000*	до 100	30000**
Тривалість польоту, хв	до 25	до 25	до 7	до 46
Максимальна швидкість, км/год	20	65	36	68
Злітна маса, г	32	500	57	895
Довжина, мм	168	328	114	380

* у таблиці 2 зазначено, що максимальна дальність польоту дрону Parrot Bebop 2 складає 2000 м, але треба окремо зазначити, що є два варіанта керування цим дроном: з пульта – дальність польоту 2000 м і зі смартфона – дальність польоту 300 м.

** відповідно до стверджень розробника дрон DJI Mavic 3, може долати відстань до 30км, але як видно з таблиці 2, цей дрон має відносно невелику максимальну швидкість польоту і для подолання такої відстані, йому знадобиться приблизно 1 год. 20 хв., з урахуванням ємності батареї якою оснащення ця модель, її не вистачає на такий тривалий термін роботи. Користувачі дронів цієї моделі стверджують, що максимальна можлива відстань на яку може відлітати дрон з умовою обов'язкового повернення на точку вильоту складає 10км, а без повернення на точку вильоту - складає 23км.

«Міні-дрони» (mini) - це невеликі БПЛА тактичного рівня застосування, які відносяться до класу I, з максимальною злітною масою від 2 до 15 кг. Вони зазвичай мають більшу продуктивність та функціональні можливості, ніж мікро-дрони, але, при цьому так само, забезпечують портативність та маневреність. Оскільки міні-дрони мають більшу максимальну злітну масу, вони здатні виконувати більш складні завдання та мати більшу дальність польоту, ніж мікро-дрони, і відповідно мають більше коло застосування.

На рисунку 10 наведені деякі з існуючих БПЛА даної категорії, також у таблиці 6 для порівняння представлені їх тактично-технічні характеристики.



Рис. 10 – Моделі міні-дронів: а – квадрокоптер dji matrice 200 v2, б – БПЛА літального типу Aladin, в - БПЛА літального типу Lockheed Martin Desert Hawk III.

У військовій сфері, міні-дрони часто використовуються для розвідки, нагляду та зв'язку на полі бою. Вони можуть бути оснащені камерами, тепловізорами, радарми та іншими датчиками для отримання необхідної інформації. На відміну від мікро-дронів, деякі міні-дрони можуть бути оснащені зброєю (ручною гранатою).

Таблиця 6 – Тактично - технічні характеристики міні БПЛА.

Моделі БПЛА ТТХ	DJI Matrice 200 v2	Aladin	Lockheed Martin Desert Hawk III
Дальність польоту, км	до 7	до 15	до 15
Максимальна висота польоту, м	до 3000	до 4200	до 3400
Тривалість польоту, хв	до 38	до 60	до 90
Максимальна швидкість, км/год	82	76	92
Злітна маса, кг	4,69	3,2	4
Розмах крил	діагональ 643 мм	1,46 м	1,2 м

Категорія малих безпілотних летальних апаратів (small uav) тактичного рівня застосування з максимальною злітною масою від 15 до 150 кг включає більші і потужні БПЛА ніж представники інших категорій цього класу, відповідно призначені для складніших місій. Також БПЛА цієї категорії зазвичай оснащені потужнішими двигунами і більш просунутим обладнанням, що дозволяє їм літати на великих висотах і знаходитись у повітрі більш триваліший час. Також, за рахунок потужніших двигунів, можуть розвивати більшу швидкість та мають дальність польоту, що дозволяє їм швидко досягати місць призначення.

На рисунку 11 наведені деякі з існуючих БПЛА даної категорії, також у таблиці 7 для порівняння представлені їх тактично-технічні характеристики.

Таблиця 7 – Тактично - технічні характеристики малих БПЛА.

Моделі БПЛА	EMT Luna X-2000	Scan Eagle	S-100 Camcopter
ТТХ			
Дальність польоту, км	до 80	до 100	до 200
Максимальна висота польоту, м	до 3000	до 5000	до 5500
Тривалість польоту, год	до 8	до 20	до 6
Максимальна швидкість, км/год	160	162	220
Злітна маса, кг	40	19	110
Розмах крил, м	4,17	3,1	діаметр основного гвинта 3,4

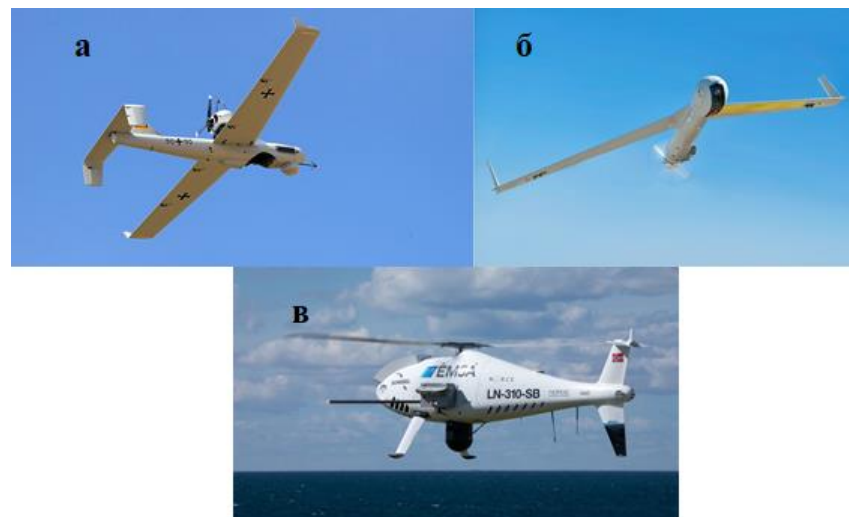


Рис. 11 – Моделі малих-БПЛА: а – БПЛА літального типу EMT Luna X-2000, б – БПЛА літального типу Scan Eagle, в – однороторний БПЛА S-100 Camcopter.

Вони використовуються для різних завдань, включаючи моніторинг, дослідження, розвідку, військові операції пов'язані зі знищенням малих цілей тощо.

БПЛА оперативного-тактичного рівня застосування вагою від 150 до 600 кг відноситься до категорії середньовисотних (MAV) або малих висотних (LAV) безпілотних апаратів. Цей клас включає різні типи БПЛА, що використовуються для розвідки, спостереження, моніторингу, виявлення і

знищення цілей. Більшість БпЛА в цій категорії мають дальність польоту від 100 до 500 км і можуть знаходитись у повітрі від 6 до 24 годин.

БпЛА даного класу зазвичай мають велику кількість датчиків та систем для виконання різних завдань. Камери, радары, інфрачервоні датчики, акустичні сенсори, системи розпізнавання та ідентифікації об'єктів та інші технології, що використовуються для збору та аналізу інформації про місцевість, цілі та об'єкти. Окрім засобів моніторингу і збору інформації, ці БпЛА також можуть бути оснащеними озброєнням, таким як ракети або бомби, та використовуватися для атаки наземних чи повітряних цілей.

БпЛА цього класу також можуть використовуватися для цивільних цілей, таких як пошук та порятунок, моніторинг лісових пожеж, контроль кордонів, сільськогосподарські роботи та ін.

Однак, використання БпЛА масою від 150 до 600 кг має певні недоліки та обмеження, такі як вимоги до потужності двигуна, технічне обслуговування та персонал, керування польотами та інші фактори, які можуть вплинути на ефективність та безпеку використання таких пристроїв.

На рисунку 12 наведені деякі з існуючих БпЛА даної категорії, також у таблиці 8 для порівняння різних моделей представлені їх тактично-технічні характеристики.

Таблиця 8 – Тактично - технічні характеристики оперативно-тактичних БпЛА.

Моделі БпЛА ТТХ	Ranger	Hermes 450	Aerostar
Дальність польоту, км	до 180	до 300	до 250
Максимальна висота польоту, м	до 5500	до 5500	до 7600
Тривалість польоту, год	до 9	до 17	до 12
Максимальна швидкість, км/год	220	176	206
Злітна маса, кг	280	550	350
Розмах крил, м	5,71	10,5	7,5



Рис. 12 – Моделі оперативно-тактичних БПЛА: а – БПЛА літального типу Ranger, б – БПЛА літального типу Hermes 450, в – БПЛА літального типу Aerostar.

MALE (Medium Altitude Long Endurance) - це категорія безпілотних літальних апаратів середнього класу оперативного рівня застосування, призначених до виконання тривалих місій на середній висоті польоту. Ці дрони є найпоширенішими у військовій сфері, вони мають здатність тривалого польоту на великій висоті, що дозволяє їм виконувати широкий спектр завдань, включаючи розвідку та спостереження, контроль кордонів, протидію тероризму та проведення операцій зі знищення об'єктів супротивника.

Однією з головних особливостей бла MALE є їхня здатність до тривалого польоту на висотах від 5 до 15 км. Це дозволяє їм працювати на великих відстанях від бази керування та охоплювати велику територію.

Вони також використовуються для ведення розвідувальної діяльності в різних галузях, включаючи цивільну, такі як охорона кордонів, контроль лісових пожеж та катастроф, а також моніторинг навколишнього середовища.

На рисунку 13 наведені деякі з існуючих БПЛА даної категорії, також у таблиці 9 для порівняння різних моделей представлені їх тактично-технічні характеристики.

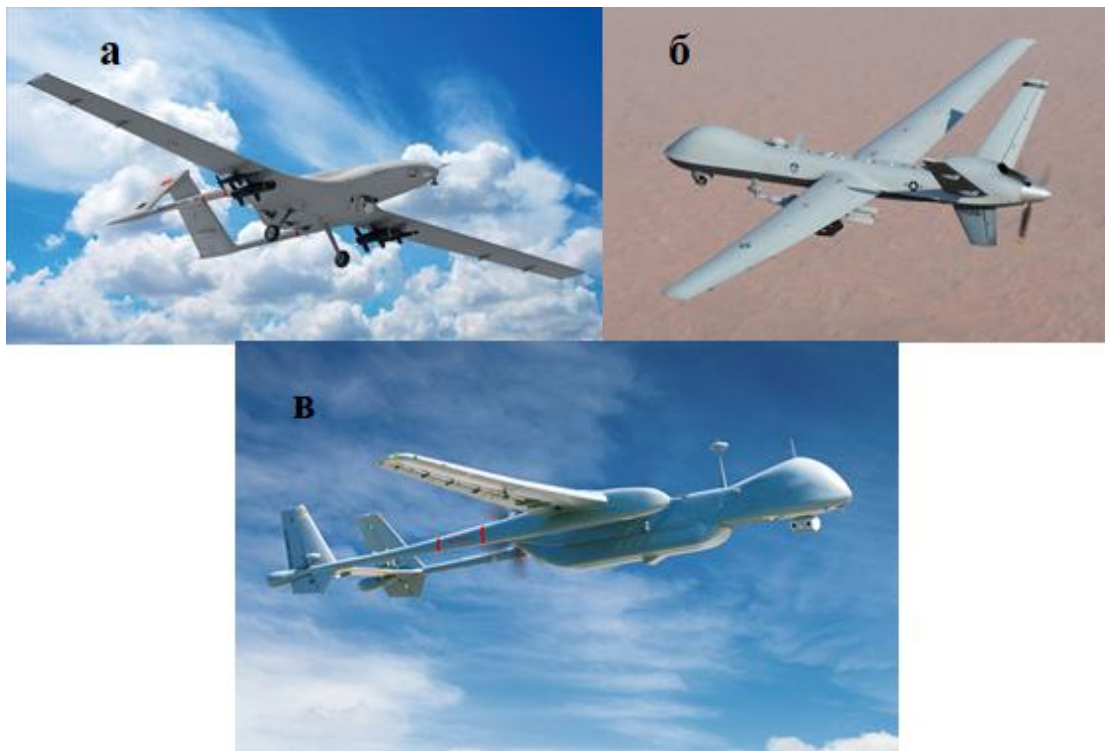


Рис. 13 – Моделі БПЛА MALE категорії: а - БПЛА літального типу Bayraktar TB2, б – БПЛА літального типу MQ-9 Reaper, в – БПЛА літального типу IAI Heron.

Таблиця 9 – Тактично - технічні характеристики БПЛА MALE категорії.

Моделі БПЛА ТТХ	Bayraktar TB2	IAI Heron	MQ-9 Reaper
Дальність польоту, км	до 150	автономно до 1000, дистанційно до 300	до 1900
Максимальна висота польоту, км	до 8,2	до 9,2	до 15
Тривалість польоту, год	до 27	до 46	до 27
Максимальна швидкість, км/год	222	240	482
Злітна маса, кг	650	1150	4800
Розмах крил, м	12	16,6	20,1

HALE (High Altitude Long Endurance) – це категорія безпілотних літальних апаратів стратегічного рівня застосування, які здатні літати на значних висотах та проводити тривалий час у повітрі, включаючи розвідку,

стеження, спостереження, патрулювання тощо. Ці БпЛА широко використовуються у військових цілях.

Однією з основних переваг HALE БпЛА є їхня значна висота польоту, яка може досягати 20-25 кілометрів. Це дозволяє їм отримувати ширший огляд та знімати більш детальні зображення, ніж багато інших типів БпЛА. Ці можливості особливо корисні для розвідки та моніторингу і дозволяють отримувати цінну інформацію про дії противника, а також для виявлення та контролю за об'єктами на землі, включаючи військові об'єкти та кордони.

HALE БпЛА також можуть використовуватися для ударних операцій, як правило, із застосуванням керованих ракет або бомб. Велика висота польоту та можливість тривалого перебування у повітрі дозволяють їм знищувати цілі, що знаходяться на значній відстані від точки запуску. Це робить їх ефективним засобом, як для знищення ворожих угруповань і військової техніки, що знаходяться в тилу ворога, так і для підтримки військових операцій на лінії фронту.

На рисунку 14 наведені деякі з існуючих БпЛА даної категорії, також у таблиці 10 для порівняння різних моделей представлені їх тактично-технічні характеристики.



Рис. 14 - Моделі БпЛА HALE категорії: а - БпЛА літального типу RQ-4 Global Hawk, б – БпЛА літального типу MQ-4C Triton.

Таблиця 10 – Тактично - технічні характеристики БПЛА НАLE категорії.

Моделі БПЛА	RQ-4 Global Hawk	MQ-4C Triton
ТТХ		
Дальність польоту, км	14000	15200
Максимальна висота польоту, км	до 19,8	до 17
Тривалість польоту, год	до 38	до 30
Максимальна швидкість, км/год	837	610
Злітна маса, кг	14628	14630
Розмах крил, м	39,9	39,9

У таблиці Б1 додатку Б представлені тактико-технічні характеристики деяких моделей БПЛА, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України. Також в таблиці представлені моделі, розподілені на класи відповідно до класифікації НАТО (табл. 3).

Порівняння загальних характеристик моделей БПЛА різних класів дає змогу зробити попередній висновок, щодо подальшого розглядання питання стосовно метеорологічного забезпечення БПЛА на різних етапах польоту. Для кожної окремої моделі дрону одного з вищезазначених класів існують обмеження за метеорологічними умовами польоту, які впливатимуть на моделі дрону обраного класу, але це стосується тільки дронів суміжного класу. Головним критерієм класифікації моделей БПЛА за стандартами НАТО є їх вага і в меншій мірі габарити, тому для кожного класу існують свої відповідні обмеження за метеорологічними умовами польоту, які впливатимуть саме на цей клас, але також є загальні обмеження, які стосуються літальних апаратів всіх класів.

Тому можна виділити два види метеорологічних обмежень для всіх моделей БПЛА – загальні і індивідуальні обмеження. До загальних обмежень відноситься загальний вплив основних метеорологічних параметрів атмосфери на польоти БПЛА. Прикладом загальних обмежень є вплив хмарності на керування автопілотом за супутниковими даними або перехід

температури повітря на висоті польоту через 0°C в бік від'ємних значень, що може викликати можливість обмерзання поверхні БПЛА різної інтенсивності. Індивідуальні обмеження зазначаються виробником у документації, яка їде в комплексі із самим дроном. У якості прикладу стосовно індивідуальних обмежень можна навести вплив зсуву вітру або вітер, швидкість якого перевищує обмеження, встановлені для даного типу БПЛА, висока вологість на висоті польоту, через яку на лінзах розвідувальних або аерофотографічних дронів конденсується водяна пара тощо.

3. ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН І ЯВИЩ ПОГОДИ НА ВСІХ ЕТАПАХ ПОЛЬОТУ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

На теперішній час велика увага приділяється розвитку і вдосконаленню авіаційної техніки (в тому числі і БпЛА). На озброєння підрозділів Збройних Сил поступають новітні, сучасні літальні апарати. Але разом з тим збільшуються вимоги і до метеорологічного забезпечення польотів, оскільки метеорологічне забезпечення БпЛА є одним із ключових аспектів у забезпеченні безпечного та ефективного виконання бойових завдань. Значення та характеристика метеорологічних величини (вітру, температури, тиску, вологості та хмарності), а також пов'язаних з ними явищ погоди (атмосферні опади, туман, обледеніння, бовтанка, гроза, град, електризація тощо) можуть суттєво впливати на роботу і виконання завдань з використанням БпЛА. Причому складність цього питання в тому, що широкий різновид існуючих на даний час типів БпЛА дуже сильно розширює спектр необхідної метеорологічної інформації для забезпечення успішного виконання завдання, оскільки для якісного метеорологічного забезпечення виконання завдання з використанням БпЛА необхідно врахувати абсолютно всі фактори (розмір БпЛА, максимальна висота, дальність і тривалість польоту, конструктивні особливості, характер виконуваного завдання тощо) на які можуть вплинути ті чи інші метеоумови.

Відповідно до наказу Міністра Оборони України № 311 «Про затвердження Змін до Правил метеорологічного забезпечення польотів державної авіації України» від 04.07.2018, під час виконання польотів БпЛА особливу увагу слід звертатися на метеорологічну інформацію, яка впливає на виконання польотів та безпеку польотів. А саме:

- 1) на малих та гранично малих висотах:
 - фактичні та (або) очікувані зони з НЯП для авіації (зокрема зони обмерзання, бовтанки, грозової діяльності тощо);

- наявність та очікування потужно-купчастої та купчасто-дощової хмарності;

- просторова та часова мінливість кількості та нижньої межі хмар нижнього ярусу (особливо низької хмарності шаруватих форм);

- атмосферні явища, які погіршують польотну видимість (похилу, горизонтальну, вертикальну, за потреби - посадкову) у підхмарному прошарку;

- просторово-часовий розподіл профілю приземного вітру та на висотах польоту за маршрутом (зокрема зони з різкими змінами напрямку та швидкості вітру);

- мінімальний атмосферний тиск, приведений до рівня моря, та характеристика баричної тенденції за маршрутом польоту;

- ступінь закриття вершин гір, пагорбів, сопок і перевалів, а також штучних перешкод (щогл, труб, телевізійних веж, опор ліній електропередач тощо) хмарами, туманами та опадами;

- температура повітря біля поверхні землі та на висотах уздовж маршруту польоту (зокрема зони з від'ємними значеннями температури повітря, які впливають на роботу акумуляторних батарей БпЛА (у випадках їх використання));

2) на великих висотах та в стратосфері:

- висота та температура тропопаузи;

- позитивне відхилення температури від стандартних значень на висотах польотів;

- висота, напрямок струминної течії та швидкість вітру на її осі;

- найбільш імовірні зони турбулентності, що викликають бовтанку.

Додатково звертається увага на очікувані райони зі складною орнітологічною обстановкою [16].

Але вказаний вище перелік метеорологічної інформації, необхідної для забезпечення польотів безпілотної авіації є дещо узагальненим і не відображає змінення загального об'єму необхідної інформації, для успішного

виконання завдання, у залежності від факторів (стосовно параметрів БпЛА, висот польоту, характеру виконуваних завдань тощо) перелічених раніше.

В цій роботі був проведений аналіз впливу метеорологічних параметрів і небезпечних явищ погоди на діяльність безпілотних літальних апаратів. Але оскільки, як було вказано у попередніх розділах, існує дуже велика кількість БпЛА з різними ГТХ, було вирішено провести аналіз впливу метеорологічних параметрів на різні категорії БпЛА (відповідно до стандартів НАТО (таблиця 3)).

3.1 Вплив хмарності, температури і вологості

Хмарність, її кількість, форма, висота нижньої межі і вертикальна протяжність, має дуже суттєвий вплив на виконання завдань з використанням різних типів БпЛА на різних етапах (зліт, політ, посадка) польоту.

Кількість хмарності безпосередньо впливає на можливість виконання завдань розвідувального характеру. Такого роду завдання виконуються БпЛА всіх трьох класів у залежності від віддалення на якому знаходиться території яку необхідно розвідати або запланований об'єкт спостереження від точки злету. Якщо уявити, що заданий об'єкт спостереження знаходиться на території вкритій хмарністю нижнього ярусу більше 5-ти балів, спостереження за об'єктом за допомогою БпЛА значно ускладнюється, а зі збільшенням кількості хмарності взагалі унеможлиблюється. Виходом із цієї ситуації є ведення спостережень з висоти, що є нижчою за нижню межу хмар нижнього ярусу, але при цьому стає зрозумілим, що чим нижчою є нижня межа хмар нижнього ярусу, тим нижчою має бути висота польоту і обмеженішим стає вибір класу БпЛА, що можна для цього застосувати. Оскільки політ на малих висотах демаскує БпЛА і робить його вразливим для супротивника, то для цієї місії доведеться використовувати дрони першої і другої категорії I-го класу, які є достатньо малими і безшумними щоб лишатися непомітними під час виконання спостереження. Але дрони цього класу мають суттєві обмеження

по дальності польоту (існує пряма залежність між розміром і максимальною дальністю польоту БпЛА), відповідно для здійснення розвідувальних операцій над віддаленими територіями необхідно або дочекатись зменшення кількості хмарності над ними, або здійснювати запуск з меншої відстані від спостереженого об'єкту (можливо з території противника).

Більшість типів БпЛА для визначення висоти польоту оснащені глобальною системою позиціонування GPS, використання якої, для орієнтування в просторі потребує супутникових метеорологічних даних, тому якщо територія, над якою пролітає БпЛА, закрита суцільною або значною хмарністю у керуванні дроном з використанням автопілота можуть з'являтися проблеми пов'язані з його позиціонуванням [5].

Форма і вертикальна протяжність хмарності також мають вплив на можливість виконання завдань з використанням БпЛА. Якщо польоти на БпЛА першої і другої категорії I-го класу (мікро і міні) зазвичай відбуваються на висотах, що є меншими за висоту нижньої межі хмар нижнього ярусу, то польоти БпЛА інших класів здійснюються на висотах, що відповідають висотам на яких може спостерігатися хмарність нижнього, середнього або верхнього ярусу. Відповідно політ у хмарах може ускладнюватися, а в деяких випадках унеможлиблюватися впливом на БпЛА небезпечних явищ погоди (НЯП), що спостерігаються у хмарах різних форм (обледеніння, бовтанка різної інтенсивності та електризація). Ще один аспект на який слід звернути увагу під час польоту у хмарах, це здатність поглинання хмарами радіохвиль за допомогою яких здійснюється керування дроном. Це, в свою чергу, може впливати на якість радіосполучення між БпЛА та пультом керування.

Оремо слід звернути увагу про небезпечність польоту у хмарах конвективного розвитку (потужно-купчастих і купчасто-дощових хмарах). Політ у цих хмарах супроводжується окрім НЯП зазначених раніше, ще і такими як гроза, град, шквал окрім цього в них спостерігаються дуже інтенсивні висхідні і низхідні вертикальні рухи повітря (в різних частинах хмар). Саме тому в авіації проліт крізь потужно-купчасті і купчасто-дощові

хмари або під ними суворо забороняється. Існують правила обльоту (обминання) хмар такого типу на відповідному віддаленні від них, що в свою чергу автоматично збільшує, в деяких випадках в значній мірі (у залежності від розмірів зони хмарності), дальність і тривалість польоту до заданої цілі. А це, відповідно, унеможлиблює використання БпЛА I-го класу і обмежує можливість використання БпЛА II-го класу.

Температура і вологість атмосфери мають безпосередній вплив на аеродинамічні характеристики польоту БпЛА, так само як і на польоти всіх інші типи літальних апаратів, через зв'язок між змінами їх значень і густини повітря, що безпосередньо впливає на аеродинамічну стійкість літальних апаратів, максимальну висоту і швидкість польоту.

Окремо слід звернути увагу на вплив низьких значень температури повітря на роботу устаткування деяких типів БпЛА. Практично всі БпЛА, джерелом живлення яких є акумуляторна батарея, мають обмеження у використанні по мінімальних значеннях температури. Це пов'язано зі зниженням ємності акумуляторних батарей, що безпосередньо впливає на тривалість, і відповідно, максимально можливу дальність польоту. Також при занадто низьких температурах може виникнути проблема зі стартом двигунів деяких БпЛА.

Занадто високі значення температури повітря, так само, як і вологості може вплинути на роботу чутливих електронних елементів устаткування БпЛА та спричинити їх відмову, що може призвести до повної втрати керування ними. Окрім цього висока вологість на висоті польоту може спричинити конденсацію водяної пари на поверхні деяких частин БпЛА, таких як лінзи датчиків або оптичні системи, що може призвести до їхнього затемнювання та погіршення якості зображення, а у сукупності із від'ємними значеннями температури до обледеніння поверхні БпЛА.

Особливо небезпечним обледеніння є для БпЛА I-ої та II-ої категорій, оскільки їх швидкість польоту є порівняно малою, що зменшує величину кінетичного нагріву поверхні літального апарату, і відповідно, для початку

його утворення достатньо щоб на висоті польоту спостерігалася достатня кількість вологі і незначні, від'ємні значення температури.

Обледеніння окремих частин поверхні БпЛА, у залежності від його інтенсивності, може вплинути на аеродинамічні характеристики літального апарату, збільшити його вагу, заблокувати рухомі частини устаткування тощо.

Для БпЛА III-ої категорії політ в зоні обледеніння теж є дуже небезпечним, але за рахунок того, що літальні апарати цієї категорії мають зазвичай порівняно високі швидкості польоту, вплив цього явища погоди на політ БпЛА можна ототожнити з його впливом на політ літаків і вертольотів.

3.2 Вплив вітру і атмосферного тиску

Вітер, його напрям і швидкість, також мають суттєвий вплив на виконання завдань з використанням різних типів БпЛА на різних етапах польоту.

Практично всі БпЛА I-ої категорії мають певні обмеження по швидкості вітру під час польоту (незалежно від його напрямку). Це в першу чергу пов'язано з невеликими розмірами БпЛА цього класу. Невеликі розміри БпЛА безсумнівно можна віднести до переваг, це робить їх менш помітними, компактними і зручними для транспортування, дає змогу запускати з будь-якої точки, застосовувати в завданнях, що потребують польоту в обмеженому просторі тощо. Але для більшості БпЛА цього класу вітер швидкістю більше 7 м/с значно обмежує, а в деяких випадках навіть унеможливає використання за призначенням. Це пов'язано з тим, що при сильному вітрі для того щоб утримати дрон на заданому маршруті, оператору постійно доводиться коригувати його курс (особливо коли вітер має бокову складову по відношенню до курсу польоту), що в свою чергу призводить до додаткових витрат заряду батареї дрона і, відповідно, зменшує максимальну висоту, дальність польоту і час знаходження у повітрі. Неправильне врахування напрямку і швидкості вітру може призвести до втрати дрону.

Швидкість і напрям вітру на висоті польоту мають вплив на БпЛА всіх 3-х класів. Правильне врахування напрямку і швидкості вітру при формуванні маршруту польоту БпЛА може збільшити (в деяких випадках значно) дальність і при цьому скоротити час польоту до цілі і навпаки неврахування напрямку і швидкості вітру може призвести до збільшення тривалості польоту до цілі, що призводить до зайвої втрати енергії (палива), в результаті цього, її (його) може не вистачити на повернення назад після виконання завдання.

Окремої уваги потребує таке явище погоди як зсув вітру. Для БпЛА які потребують для злету і посадки наявності злітно-посадкової смуги (ЗПС) або площадки (в основному БпЛА III-ого і деякі БпЛА II-ого класу), врахування цього явища під час метеорологічного забезпечення на етапах злету і посадки є обов'язковим, оскільки воно може призвести до жорсткої посадки і руйнування апарату відповідно.

Також слід відмітити, що на етапах злету і посадки обов'язково слід звертати увагу на напрям складової вітру по відношенню до ЗПС і напрямку злету (посадки). Для виконання злету і посадки літальних апаратів при зустрічному вітрі, під час проектування і будування, ЗПС орієнтують по можливості за переважаючим напрямом вітру. Однак внаслідок значної мінливості напрямку вітру зліт і посадку нерідко доводиться здійснювати при сильному боковому вітрі або при вітрі із великою боковою складовою, що суттєво ускладнює пілотування літального апарату.

Під час злету з боковим вітром утворюються додаткові аеродинамічні сили, що ускладнюють керування літального апарату. Під впливом цих сил, виникають момент крену та розгортальний момент. На навітряній площині крила підймальна сила збільшується, на підвітряній, навпаки, зменшується на деяку величину, що може призвести до перекидання літального апарату в бік підвітряної сторони.

Розгортальний момент виникає в результаті того, що центр тяжіння літального апарату і центр бокового тиску вітру не співпадають, і ця різниця є тим більшою, чим більшою є парусність окремих частин літального апарату

(хвостове оперення у порівнянні із фюзеляжем). Тому боковий вітер утворює силу, що намагається розгорнути літальний апарат проти вітру. При дуже сильному боковому вітрі можливе розгортання літального апарату поперек по відношенню до ЗПС.

Посадка при боковому вітрі ускладнюється ще більше, ніж зліт, внаслідок сильного знесення літального апарату. Неточне врахування вітру може призвести до приземлення літального апарату поза межами ЗПС. При сильному боковому вітрі можливе зривання покриття коліс і пошкодження шасі у момент торкання із ЗПС. Під час пробігу виникають розгортальний момент і момент крену, як і під час розбігу.

На відміну від літаків і вертольотів, не всі види БПЛА проходять через всі основні етапи польоти. Прикладами таких дронів є дрони-камікадзе або баражуючі боеприпаси, тому що ці види БПЛА є «дронами одноразового використання», оскільки основною їх задачею ураження обраної цілі шляхом пікірування на ціль і самознищення. Ураження які наносять дрони такого типу на пряму залежить від об'єму вибухової речовини, що вони несуть на собі. Але інші види БПЛА потребують забезпечення успішної посадки, для цього в режимі автопілоту посадка виконується з урахуванням показань приладів, які встановлені у ньому. Приладами які використовуються для визначення висоти польоту у дронах є: барометричний, лазерний, радіо- висотоміри і система GPS. Глобальна система керування GPS як зазначено вище, використовує дані супутникової інформації, для точного позиціонування у просторі, але, як вказувалося раніше, наявність суттєвої кількості хмарності може призвести до проблем з позиціонуванням. Саме тому виробники БПЛА віддають більшу перевагу висотомірам різного типу, особливо важливим визначення висоти польоту є на етапі посадки безпілотного повітряного судна. Висота польоту з використанням лазерних і радіо висотомірів визначається за шляхом вимірювання визначення часу проходження сигналу (радіосигналу або лазерного променя) між БПЛА та поверхнею, отримуючи значення висоти

польоту таким чином автопілот обирає необхідну висоту польоту (заходу на посадку).

Принци роботи барометричного висотоміру базується на використанні відмінності приладових значень температури і тиску від значень цих параметрів в стандартній атмосфері на заданій висоті. Безпосередньо перед вильотом до барометричного висотоміру задається так званий «тиск нульової висоти» і з підняттям апарату прилади розраховують істинну висоту польоту по відношенню до заданого «нульового тиску». Тобто автопілот орієнтується по значенням тиску для визначення безпечного для апарату ешелону польоту. Використання цього способу барометричного висотоміра визначення висоти польоту є дуже практичним, оскільки саме він використовується у більшості безпілотних повітряних суден. Висотомір зазвичай розташовується у головному контролері БпЛА і працює разом з іншими датчиками, такими як GPS, для більш точного визначення координат та висоти БпЛА. Особливо важливими є дані про значення атмосферного тиску для літальних апаратів на етапі здійснення посадки на злітно-посадкову смугу або майданчик, оскільки неврахування значення тиску призводить до помилки у визначенні істинної висоти польоту перед посадкою, і відповідно, до обрання неправильної траєкторії посадки, що може призвести до жорсткої посадки і руйнування БпЛА, тому якщо визначення атмосферного тиску не є автоматичним, треба дуже відповідально підходити до вимірювання приземного тиску. БпЛА всіх класів мають на оснащені прилади для визначення висоти польоту, і більшість з них мають на оснащенні саме барометричний висотомір (DJI Phantom 4, DJI Mavic Air 2, Parrot Bebop 2, Bayraktar TB2, Lockheed Martin Desert Hawk III, Northrop Grumman Global Hawk, Yuneec Typhoon H Pro, Autel Robotics X-Star Premium, SenseFly eBee X і інші).

ВИСНОВОК

Врахування впливу метеорологічних умов на тактико-технічні, аеронавігаційні характеристики, функціональні можливості, сферу і специфіку застосування безпілотних літальних апаратів всіх типів, на всіх етапах польоту значно підвищує імовірність якісного виконання бойових завдань з їх застосуванням. Для скорочення часу і ресурсів на метеорологічне забезпечення польотів кожного окремого класу безпілотних літальних апаратів потребується чітке додержання обмежень, зазначених у дослідженні.

При метеорологічному забезпеченні польотів БпЛА I-го класу особливу увагу слід приділяти характеристикам вітрового і температурного режиму у нижньому, приземному шарі атмосфери (до 1500м). Зміни цих характеристик у досить невеликому діапазоні можуть у значній мірі обмежити або взагалі унеможливити виконання завдань з використанням БпЛА I-го класу.

При метеорологічному забезпеченні польотів БпЛА II-го класу, з урахуванням специфіки виконуваних завдань (розвідка, ураження наземних цілей), особливу увагу слід приділяти характеристикам хмарності (форма, кількість, висота нижньої межі, вертикальна протяжність) і температурному режиму в шарі хмарності.

БпЛА III-го класу за тактико-технічними і аеродинамічними характеристиками є найбільш наближеними до літальних апаратів керованих пілотами, тому їх метеорологічне забезпечення можна ототожнити із забезпеченням звичайних літаків і вертольотів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Reg A. Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons, 2009.
2. Fahlstrom P., Gleason T. Introduction to UAV Systems. John Wiley & Sons, 2012.
3. Євтушенко В., Іваницький Ю., Турухтанов І. Theory and Practice of Unmanned Aerial Systems of the National Aviation University. Київ: ФО-П Мельник І. В., 2016.
4. Unmanned Aircraft Systems: Different Types of Drones and Uses. URL: <https://www.jouav.com/blog/drone-types.html>. (27.07.2022).
5. Бондар Д.В., Гурник А.В., Литовченко А.О., Хижняк В.В., Шевченко В.Л., Ядченко Д.М. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту. Науково-технічний журнал "Проблеми захисту інформації», 2022.
6. Глотов В., Фис М., Колесніченко В., Гуніна А. Застосування БПЛА у військовій справі та аерозніманні. Львівська політехніка, 2022.
7. Blom J. D. Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective. Combat Studies Institute Press, 2010.
8. Тимочко О. І., Голубничий Д. Ю., Третяк В. Ф., Рубан І. В. Класифікація безпілотних літальних апаратів. Системи озброєння і військова техніка. № 1(9), 2007. С. 61-67.
9. Garg P. K. Unmanned Aerial Vehicles: An Introduction. Mercury Learning and Information, 2021.
10. How Are Drones Powered? 6 Drone Energy Sources Explained. URL: <https://www.thecoronawire.com/how-drones-powered-6-energy-sources-explained/>.

11. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України : наказ Міністра Оборони України від 08.12.2016 № 661.
12. Командиру підрозділу по застосуванню БпАК тактичного рівня. Центр навчальної літератури, 2022.
13. Cir 328 AN/190, Unmanned Aircraft Systems (UAS), ICAO 2011.
14. NATO Standard ATP-3.3.8.1: Minimum Training Requirements for Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators and Pilots. Brussels, Belgium: NATO Standardization Office, 2015.
15. STANAG 4671. Unmanned aircraft systems airworthiness requirements. URL: <https://standards.globalspec.com/std/13430067/STANAG%204671>, North Atlantic Treaty Organization (NATO), 02.04.2019.
16. Про затвердження Змін до Правил метеорологічного забезпечення польотів державної авіації України : наказ Міністра Оборони України від 04.07.2018 № 311.
17. Beard R., McLain T. Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice, 2012.
18. Padfield R. W., Ratcliffe D. A. Small Unmanned Aircraft Systems Guide: Exploring Designs, Operations, Regulations, and Economics. CRC Press, 2015.
19. U.S. Army Research Laboratory. Weather Impact on Army Unmanned Aircraft Systems. DTIC Document, (2018).
20. Maslov I. B. Weather and Climate for the UAV Pilot. John Wiley & Sons, 2015.
21. Mullen, D. M. Unmanned Aircraft Systems Weather Briefing Guide. Elsevier, 2014.

ДОДАТКИ

Додаток А

ДОВІДКА

кафедри військової підготовки
до кваліфікаційної роботи бакалавра
курсанта В-19 Микити АНДРІЮКА

на тему:

«Вплив метеорологічних елементів та параметрів атмосфери на політ
безпілотних апаратів».

1. Доповідь на студентській науковій конференції 17 травня 2023 р. за темою: «Вплив метеорологічних елементів та параметрів атмосфери на політ безпілотних апаратів» та публікація тез доповіді за результатами конференції на сайті ОДЕКУ. [Електронний ресурс]. Спосіб доступу: <https://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/materiali-studentsko%D1%97-naukovo%D1%97-konferenczi%D1%97-odeku-10-17-travnja-2023.pdf>. – 310-313с.

Керівник кваліфікаційної роботи
підполковник

Валерій МАНСАРЛІЙСЬКИЙ

Додаток Б

Таблиця Б1 – Тактико-технічні характеристики БПЛА, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України.

№ з.п	Назва	Тип БПАК	V _{max} , (км/г)	V _{кр} (м/с)	U (м/с)	H (м)	Корисне нав-ння (кг)	Камера	Zoom	Тип	t діапазон	Час роботи	Робочий дальність	Злітна маса, кг	Клас (категорія)
1	ATLAS C4EYE	літаковий	108	15 м/с	-	5000	0,3	EYE-X HD	X20 + X2	EO/IR	- 20° до +55° С	59хв	15	2,4	1(2)
2	Banshee	літаковий	720	-	-	7600	-	-	-	-	-	45-55 хв	100	-	2
3	Corax	літаковий	350	250	-	7000	-	-	-	-	-	-	100	150	2
4	DORA-Black Widow	квадрокоптер	-	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	120	-	1(2)
5	H6 Poseidon VTOL UAS	змішаний	150	110	14	4000	25	NightHawk 2UZ	X40	-	-45° до +135°	2,5	150	100	1(3)
6	H10 Poseidon VTOL UAS	змішаний	100	75	11	4000	3	NightHawk 2UZ	X40	-	-45° до +135°	2,5	50	22	1(3)
7	Harfang	літаковий	205	170	-	8000	-	-	-	-	-	-	1000	657	3
8	HAWK	літаковий	55	-	15	500	1	-	-	-	-	3	-	5,5	1(2)
9	HERTI	літаковий	250	230	-	6100	-	-	-	-	-	-	200	340	2
10	Koios	літаковий	80	-	-	-	7	-	-	-	-	6-10	150	32	1(3)
11	Mantis	літаковий	556	370	-	10000	-	-	-	-	-	-	4000	1000	3
12	PD – 2 СВЗП	літаковий	140	100	-	4500	11	Full HD камера	X30	Цифрова	-10+45	8	200+	55	1(3)
	4M	літаковий	160	110	-	5000	11	Full HD камера	X30	Цифрова	-25+50	10	200+	45	1(3)
	5M	літаковий	140	100	-	4700	19	Full HD камера	X30	Цифрова	-25+50	10	200+	55	1(3)
13	Skeldar V-200 Maritime	вертолітний	140	-	-	3000	40	З ІЧ-датчиком та лазерним цілевказувачем	90х з 480р; 30х з 4К	Цифрова x15 з IR	-	6	-	245	2
14	Scan Eagle	літаковий	45 м/с	18 м/с	-	2000	2	Full HD камера	X40 (X20 + X2)	Оптитчна	від-45° до +90°	1	-	19	1(3)
15	V-BAT 128 UAS	змішаний	90	-	-	-	13	-	-	-	-	10	-	56,6	1(3)

