

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЦИВІЛЬНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Б.Д.Халмурадов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

**Тема: «Створення безпілотно-авіаційного комплексу з рятування»**

Виконав: студент групи 412 ЦБ Ластовицький Богдан Вікторович

Керівник: д.т.н., професор Третьяков Олег Вальтерович

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Козлітін О.О.

КИЇВ 2023

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Кафедра цивільної та промислової безпеки  
Спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Б.Д.Халмурадов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ** **на виконання кваліфікаційної роботи** **Ластовицького Богдана Вікторовича**

1. Тема роботи «Створення безпілотно-авіаційного комплексу з рятування» затверджена наказом ректора від «26» квітня 2023 р. № 566/ст.
2. Термін виконання роботи з 29.05.2023 по 25.06.2023.
3. Вихідні дані роботи:
  - аналіз існуючих заходів захисту населення від небезпеки, з фокусом на рятувальних операціях з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА).
  - сформування сучасних вимог до системи захисту населення з врахуванням використання БПЛА в рятувальних операціях.
  - охарактеризування поточного стану заходів захисту населення з використанням БПЛА в рятувальних операціях.
  - проведення оцінки потенційних небезпек від конкретного фактору ризику, пов'язаного з використанням БПЛА в рятувальних операціях.
  - надання пропозицій та розробка заходів щодо покращення системи захисту населення з використанням БПЛА в рятувальних операціях.
4. Зміст пояснювальної записки:
  - Огляд технологій безпілотних літальних апаратів (БПЛА)
  - Переваги використання БПЛА у рятувальних операціях
  - Застосування БПЛА у рятувальних операціях, зокрема в пошуку і рятуванні
  - Виклики та обмеження використання БПЛА у рятувальних операціях
  - Приклади використання БПЛА у рятувальних операціях
  - Компоненти безпілотно-авіаційного комплексу з рятування

- Розвиток і вдосконалення технологій БПЛА для рятувальних операцій
- Завдання та функції безпілотно-авіаційного комплексу з рятування
- Переваги та виклики безпілотно-авіаційного комплексу з рятування
- Безпека та етичні питання, пов'язані з використанням БПЛА
- Приклади застосування БПЛА в рятувальних операціях, включаючи пошуково-рятувальні операції та моніторинг стихійних лих
- Програма курсу та методичні вказівки для інструкторів

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:

- фотографії квадрокоптерів
- схеми, що пояснюють тактики та стратегії до застосування дронів
- ілюстрації компонентів безпілотно-авіаційного комплексу
- розрахунок

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	2	3	4
1	Постановка задачі та аналіз інформаційних джерел	29.05.2023-02.06.2023	
2	Збір інформаційних даних та обґрунтування вибору рішення	02.06.2023-06.06.2023	
3	Аналіз даних та їх класифікація	07.06.2023	
4	Робота над розділами №1-2	08.06.2023-12.06.2020	
5	Робота над розділом №3-5	13.06.2023-18.06.2023	
6	Підготовка графічного матеріалу, оформлення і друк пояснювальної записки	19.06.20023	
7	Оформлення презентації в Power Point	20.06.2023	
8	Отримання рецензій від опонентів	21.06.2023	
9	Підготовка до захисту роботи	22.06.2023	
10	Захист в ДЕК	23.06.2023	

7. Дата видачі завдання: «29» травня 2023 р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_ Третьяков О.В.

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Ластовицький Б.В.

## РЕФЕРАТ

Створення безпілотно-авіаційного комплексу з рятування є актуальним напрямом розвитку сучасної авіаційної технології. Такі комплекси відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності та безпеки рятувальних операцій. Метою даного дослідження є аналіз технічних аспектів створення безпілотно-авіаційного комплексу з рятування та визначення його перспектив розвитку. Для розуміння сутності безпілотно-авіаційного комплексу з рятування важливо розглянути огляд літератури щодо цієї теми. Безпілотний комплекс з рятування - це система, що складається з безпілотного літального апарату, сенсорної апаратури для виявлення небезпек та систем навігації та автопілотування. Використання безпілотних систем у рятувальних операціях має низку переваг, зокрема, здатність працювати в умовах, небезпечних для життя людей, та забезпечувати оперативну та точну інформацію про небезпеку.

Одним з ключових аспектів створення безпілотно-авіаційного комплексу з рятування є вибір авіаційних платформ для безпілотних систем. Це можуть бути вертольоти, літаки або квадрокоптери, які мають відповідні технічні характеристики для виконання рятувальних місій. Крім того, важливим елементом є системи навігації та автопілотування, які забезпечують точне рухомиць безпілотного апарату та його стабільність у повітрі. Також потрібно враховувати сенсорну апаратуру, що дозволяє виявляти небезпеки та моніторити ситуацію в зоні рятувальних операцій. Застосування безпілотних систем у рятувальних операціях має широкий спектр можливостей. Вони можуть бути використані для пошуку та рятування потерпілих, зокрема у важкодоступних місцях, де людський доступ є обмеженим або небезпечним. Безпілотні системи також можуть бути використані для моніторингу небезпечних зон, наприклад, в разі природних катастроф або вибухів.

Важливою складовою роботи безпілотних систем є їх взаємодія зі звичайними рятувальними службами та координація дій для досягнення оптимальних результатів. Проте, створення безпілотно-авіаційного комплексу з рятування також стикається з рядом проблем. Серед них можна виділити технологічні та правові

аспекти використання безпілотних систем, вплив безпілотних систем на ефективність рятувальних робіт, а також необхідність постійного вдосконалення технологій та забезпечення безпеки в роботі безпілотних апаратів. У висновках можна зазначити, що створення безпіотно-авіаційного комплексу з рятування є важливим кроком у поліпшенні ефективності рятувальних операцій та забезпеченні безпеки. Висвітлення технічних аспектів, можливостей та перспектив розвитку таких комплексів є важливим для подальшого розвитку цієї галузі.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ (БПЛА) У РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ</b> .....	4
1.1. Огляд технологій БПЛА.....	4
1.2. Переваги використання БПЛА в рятувальних операціях.....	4
1.3. Застосування БПЛА у рятувальних операціях: пошук і рятування.....	5
1.4. Виклики та обмеження використання БПЛА у рятувальних операціях.....	5
1.5. Приклади використання БПЛА у рятувальних операціях.....	6
<b>РОЗДІЛ 2. СТВОРЕННЯ БЕЗПЛОТНО-АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ З РЯТУВАННЯ</b> .....	7
2.1. Компоненти безпілотно-авіаційного комплексу з рятування.....	7
2.2. Розвиток і вдосконалення технологій БПЛА для рятувальних операцій.....	7
2.3. Завдання та функції безпілотно-авіаційного комплексу з рятування.....	8
<b>РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ БЕЗПЛОТНО-АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ З РЯТУВАННЯ</b> .....	10
3.1. Переваги використання БПЛА у рятувальних операціях.....	10
3.2. Виклики та обмеження БПЛА в рятувальних операціях.....	10
3.3. Безпека та етичні питання.....	11
<b>РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ</b> .....	11
4.1. Використання БПЛА у пошуково-рятувальних операціях.....	11
4.2. БПЛА як засіб моніторингу та оцінки стихійних лих.....	12
4.3. Моделі квадрокоптерів.....	12
<b>РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМА КУРСУ ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ІНСТРУКТОРІВ</b> .....	23
5.1. Програми курсу.....	23
5.2. Теорія.....	28
5.3. Тактики застосування.....	35
5.4. Розрахунок.....	41
Висновок.....	44
Список використаних джерел.....	45

## ВСТУП

Рятувальні операції відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки, захисту та допомоги людям під час надзвичайних ситуацій, таких як природні катастрофи, аварії, терористичні акти та інші небезпечні ситуації. Головною метою рятувальних операцій є захист життя, здоров'я та майна постраждалих осіб, а також забезпечення їхньої безпеки та надання необхідної допомоги.

Рятувальні операції можуть включати евакуацію постраждалих з небезпечних зон, пошук і рятування загиблих або заблукавши осіб, медичну допомогу, гасіння пожеж, розблокування зашклюдених або зруйнованих будівель, знешкодження вибухонебезпечних речовин та інші дії, спрямовані на зменшення наслідків надзвичайних ситуацій.

Авіаційні засоби відіграють важливу роль у рятувальних діях, завдяки своїй маневровості, швидкості та здатності долати великі відстані. Вони забезпечують швидку реакцію та доставлення необхідних ресурсів на місце надзвичайної ситуації.

Авіаційні засоби, зокрема безпілотні літальні апарати (БПЛА), забезпечують розвідку, пошук та моніторинг областей надзвичайних ситуацій, що дозволяє швидко виявляти постраждалих осіб, оцінювати масштаби збитків та планувати оптимальні рятувальні дії. БПЛА можуть бути оснащені різноманітними сенсорами, включаючи теплові камери, відеокамери, лазерні сканери, що дозволяє збирати розширену інформацію про надзвичайну ситуацію.

Завдяки своїм можливостям, авіаційні засоби допомагають в реалізації широкого спектра рятувальних операцій, включаючи пошук і рятування у важкодоступних місцях, транспортування медичних бригад та необхідного медичного обладнання, надання допомоги природним катастрофам та іншим небезпечним ситуаціям.

Використання авіаційних засобів у рятувальних діях сприяє підвищенню швидкості та ефективності дій, зменшенню ризиків для рятувальних служб та постраждалих осіб, а також розширює можливості надання допомоги у важкодоступних або небезпечних зонах.

Це лише загальний огляд значення рятувальних операцій та ролі авіаційних засобів у них. У подальших розділах роботи будуть розглянуті детальніші аспекти використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у рятувальних операціях, компоненти безпіотно-авіаційного комплексу з рятування, переваги та виклики, а також приклади їх застосування.



# РОЗДІЛ 1

## БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ (БПЛА) У РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

### 1.1. Огляд технологій БПЛА

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є авіаційними системами, які можуть виконувати польоти без прямої участі пілота на борту. Технології, пов'язані з БПЛА, постійно розвиваються та вдосконалюються, включаючи різні компоненти і функції.

Сучасні БПЛА мати (в собі) комплексну систему, що складається з фізичного апарату, який забезпечує польоти, і наземної системи керування, яка контролює його рухи та збирає інформацію. Фізичний апарат може мати різні форми й розміри, від невеликих квадрокоптерів до великих літальних апаратів з фіксованим крилом. Наземна система керування забезпечує операторам можливість контролювати польоти, отримувати та аналізувати дані, керувати сенсорами і виконувати інші функції.

Основні технологічні компоненти БПЛА включають автопілот, датчики (такі як GPS, барометри, акселерометри, гіроскопи), комунікаційні системи, висотоміри, камери (включаючи відеокамери та теплові камери) та інші датчики, які допомагають збирати інформацію про навколишнє середовище.

### 1.2. Переваги використання БПЛА в рятувальних операціях

Використання БПЛА в рятувальних операціях надає кілька значних переваг:

- Поліпшена доступність: БПЛА можуть проникати в труднодоступні місця, такі як гори, ліси або пошкоджені будівлі, де людям може бути важко або небезпечно дістатися. Це дозволяє здійснювати пошук і рятування в областях, недоступних для традиційних засобів.

- Швидкість і ефективність: БПЛА можуть швидко реагувати на ситуацію і виконувати різні завдання, такі як пошук, надання першої медичної допомоги або

доставлення необхідного обладнання. Це допомагає зберегти час і збільшити шанси на рятування.

- Збір і передача інформації: БПЛА оснащені різноманітними датчиками та камерами, що дозволяє збирати важливу інформацію про стан постраждалих осіб, розмір зони небезпеки, наявність перешкод і т.д. Ця інформація передається операторам на землю, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень.

- Моніторинг та постійна присутність: БПЛА можуть забезпечувати постійний моніторинг ситуації з висоти, що дозволяє операторам в реальному часі відстежувати зміни, виявляти нові загрози та координувати рятувальні дії.

### **1.3. Застосування БПЛА у рятувальних операціях: пошук і рятування**

БПЛА широко використовуються в рятувальних операціях для пошуку і рятування постраждалих осіб. Вони можуть проводити висотні та повітряні розвідки, виявляти постраждалих з використанням теплових камер або відеокамер, передавати важливу інформацію на землю та оцінювати ризики.

БПЛА також можуть бути використані для доставлення медичних препаратів, апаратури або інших рятувальних засобів до постраждалих місць. Вони можуть надати допомогу у важкодоступних місцях, де швидка доставлення є критично важливою.

Поліпшені технології стабілізації і автопілотування також дозволяють БПЛА залишатися стабільними в повітрі, навіть при сильному вітрі або поганій видимості. Це дозволяє їм забезпечувати постійну присутність у районах надзвичайних ситуацій, що допомагає вчасно реагувати на зміни ситуації та швидко здійснювати рятувальні дії.

Застосування БПЛА в рятувальних операціях є важливим напрямком розвитку, оскільки вони допомагають збільшити ефективність рятувальних дій, знизити ризики для рятувальників та зберегти більше життів. Продовження розвитку технологій БПЛА та їхнє використання у рятувальних операціях має великий потенціал для покращення безпеки та ефективності рятувальних служб.

#### **1.4. Виклики та обмеження використання БПЛА у рятувальних операціях**

Існують певні виклики та обмеження, пов'язані з використанням БПЛА в рятувальних операціях:

- Регуляторні аспекти: Використання БПЛА регулюється законодавством та правилами, встановленими відповідними авіаційними організаціями. Необхідно дотримуватися цих правил і отримати відповідні дозволи для використання БПЛА в рятувальних операціях.

- Безпека повітряного простору: Врахування безпеки повітряного простору є критичним аспектом при використанні БПЛА. Вони повинні уникати зіткнень з іншими повітряними транспортними засобами, включаючи літаки та гелікоптери, та дотримуватися встановлених правил для запобігання аваріям.

- Залежність від погодних умов: Погодні умови можуть суттєво впливати на здатність БПЛА виконувати рятувальні операції. Сильний вітер, дощ або туман можуть обмежувати їх можливості і знижувати ефективність.

- Обмежена місткість та дальність польоту: БПЛА мають обмежену місткість для перевезення рятувального обладнання та постраждалих осіб. Крім того, їхній радіус дії обмежений обсягом палива або енергії, яку вони можуть нести.

- Взаємодія з іншими рятувальними засобами: У рятувальних операціях зазвичай задіяні різні рятувальні засоби, включаючи гелікоптери, човни та земні команди. Ефективна взаємодія між БПЛА та іншими засобами є важливою для успішної координації операцій.

#### **1.5. Приклади використання БПЛА у рятувальних операціях**

Вже існує кілька успішних прикладів використання БПЛА у рятувальних операціях. Наприклад:

- Виявлення постраждалих: БПЛА з тепловими камерами можуть швидко знаходити постраждалих осіб, які можуть бути невидимі для око земних рятувальників, особливо в нічний час або в умовах обмеженої видимості.

- Постачання медичної допомоги: БПЛА можуть бути використані для доставки медичних препаратів, дефібриляторів або іншого обладнання на місце надзвичайної ситуації, що дозволяє швидше надати допомогу постраждалим.

- Пошук в гірських районах: БПЛА можуть проводити пошукові операції у гірських районах, де доступ для людей може бути важким. Вони можуть оглядати скелі та інші недоступні місця для виявлення втрачених альпіністів або травмованих туристів.

- Моніторинг надзвичайних ситуацій: БПЛА можуть здійснювати постійний моніторинг надзвичайних ситуацій, таких як лісові пожежі або повені. Вони можуть надати операторам на землі важливу інформацію про поширення небезпеки та допомогти у координації рятувальних зусиль.

Ці приклади демонструють потенціал БПЛА у рятувальних операціях та підкреслюють їх важливу роль у підвищенні ефективності та безпеки рятувальних служб.

## РОЗДІЛ 2

### СТВОРЕННЯ БЕЗПІЛОТНО-АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ З РЯТУВАННЯ

#### **2.1. Компоненти безпілотно-авіаційного комплексу з рятування**

Безпілотно-авіаційний комплекс з рятування складається з різних компонентів, які спільно працюють для забезпечення ефективних рятувальних операцій. Основні компоненти включають:

а) Безпілотні літальні апарати (БПЛА): Це основний елемент комплексу і охоплює різні типи БПЛА, такі як мультироторні дрони, крилаті дрони або гвинтокрилі апарати. БПЛА забезпечують здатність здійснювати політ в областях, недоступних для людей, і збирати інформацію, необхідну для рятувальних операцій.

б) Базові станції керування: Це наземні станції, які використовуються для керування та контролю безпілотними літальними апаратами. Вони забезпечують зв'язок з БПЛА, передають команди, отримують телеметричні дані і візуалізують інформацію для операторів.

в) Системи навігації і автопілотування: Ці системи вбудовані в БПЛА і дозволяють їм виконувати автономні політні маршрути, точно визначати своє географічне місце і виконувати необхідні маневри для здійснення рятувальних операцій.

г) Датчики та обладнання: БПЛА оснащені різними датчиками і обладнанням, таким як відеокамери, теплові камери, лазерні сканери, сонари тощо. Ці датчики дозволяють отримувати інформацію про обставини, виявляти потенційні небезпеки і знаходити людей або об'єкти, що потребують допомоги.

#### **2.2. Розвиток і вдосконалення технологій БПЛА для рятувальних операцій**

Технології безпілотно-авіаційного комплексу з рятування постійно розвиваються і вдосконалюються, щоб покращити його ефективність і надійність у рятувальних операціях. Основні напрямки розвитку включають:

а) Автономність: Розробка і вдосконалення систем автономного функціонування дозволяють БПЛА виконувати складні завдання без постійного керування оператором. Це включає розробку алгоритмів штучного інтелекту, машинного навчання та систем автоматичного прийняття рішень.

б) Збільшення часу польоту: Вдосконалення акумуляторних батарей, використання більш ефективних систем живлення та зменшення маси БПЛА сприяють збільшенню його часу польоту. Це дозволяє забезпечити більший час присутності БПЛА в повітрі для пошуку та рятування.

в) Покращення датчиків і обладнання: Розвиток нових датчиків, вдосконалення якості зображень та покращення детекторів дозволяють отримувати більш точну і деталізовану інформацію про потенційні небезпеки та об'єкти рятування.

г) Забезпечення безпеки і надійності: Розробка систем запобігання зіткненням, автоматичних систем виявлення несправностей і аварійного приземлення, а також заходи для забезпечення кібербезпеки допомагають забезпечити безпеку використання безпілотних літальних апаратів у рятувальних операціях.

### **2.3. Завдання та функції безпілотно-авіаційного комплексу з рятування**

Безпілотно-авіаційний комплекс з рятування виконує різноманітні завдання та функції у рятувальних операціях. Деякі з них включають:

а) Пошук і розвідка: БПЛА можуть виконувати місії пошуку і розвідки в областях, недоступних для людей або небезпечних для традиційних засобів пошуку. Вони здатні швидко оглядати великі території, збирати візуальну інформацію, виявляти потенційні небезпеки та знаходити потерпілих.

б) Доставка допомоги: БПЛА можуть бути використані для доставляння необхідних матеріалів, медичних препаратів або рятувального обладнання до віддалених або важкодоступних районів. Вони можуть швидко доставляти допомогу туди, де людям важко дістатися.

в) Зв'язок і комунікація: БПЛА можуть функціонувати як ретрансляційні пункти зв'язку, забезпечуючи надійний зв'язок між рятувальними командами та

центральними пунктами керування. Вони можуть бути використані для передачі важливої інформації та команд між рятувальниками.

г) Моніторинг і оцінка: БПЛА можуть використовуватися для моніторингу стихійних лих, природних катастроф або інших небезпечних ситуацій. Вони забезпечують можливість отримувати реально-часову інформацію про ситуацію, здійснювати оцінку шкоди та координувати дії рятувальних служб.

д) Збір даних і аналітика: БПЛА здатні збирати різні типи даних, включаючи відеозаписи, фотографії, теплові зображення, географічні дані тощо. Ці дані можуть бути використані для аналізу ситуації, розробки стратегій рятувальних операцій та покращення планування на майбутнє.

Безпілотно-авіаційний комплекс з рятування виявляється надзвичайно корисним у виконанні складних рятувальних місій. Його використання сприяє підвищенню швидкості, точності та ефективності рятувальних операцій, забезпечуючи безпеку та допомогу людям у небезпеці.

## **РОЗДІЛ 3**

### **ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ БЕЗПІЛОТНО-АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ З РЯТУВАННЯ**

#### **3.1. Переваги використання БПЛА у рятувальних операціях**

Однією з найбільших переваг використання БПЛА є їх здатність досягати небезпечних та важкодоступних місць, куди рятувальники зазвичай не могли б потрапити. Їх компактний розмір та можливість літати над вузькими проходами, високими будівлями або урвищами роблять їх ідеальними для пошуку та рятування людей ускладнених умов.

Повітряна розвідка - ще одна значна перевага. БПЛА оснащені передовими камерами та сенсорами, які забезпечують високу якість зображень та велику зону покриття. Рятувальні команди можуть використовувати ці дані для отримання детальної інформації про ситуацію на місці події, швидкого локалізуванню постраждалих та виявлення небезпек.

Зменшення ризику для людей - інша вагома перевага використання БПЛА. Рятувальники можуть віддалено керувати БПЛА, що дозволяє їм працювати на значній відстані від небезпечних зон та уникати прямого контакту з небезпекою. Це дозволяє зберегти життя та запобігти пошкодженням здоров'я рятувального персоналу.

#### **3.2. Виклики та обмеження безпілотно-авіаційного комплексу з рятування**

Не зважаючи на численні переваги, використання БПЛА в рятувальних операціях також стикається з деякими викликами та обмеженнями.

Перш за все, технічні проблеми можуть виникати з батареями та часом польоту БПЛА. Обмежена автономність БПЛА потребує постійного забезпечення живлення та обслуговування. Це може обмежувати тривалість рятувальної місії та вимагати перерв для зарядки або заміни батарей.

Ще одним викликом є регулювання правових та регуляторних аспектів використання БПЛА. Багато країн мають обмеження щодо комерційного



використання БПЛА, а також вимагають спеціальні дозволи для їх використання в рятувальних операціях. Це може затримувати впровадження цієї технології та ускладнювати координацію між рятувальними службами та владними органами.

### **3.3. Безпека та етичні питання**

Окрім технічних та регуляторних проблем, безпілотно-авіаційний комплекс також стикається з питаннями безпеки та етики. БПЛА можуть бути піддані хакерським атакам, що може вплинути на їхню роботу та навіть призвести до небезпеки для людей або об'єктів. Забезпечення кібербезпеки є важливим аспектом використання безпілотно-авіаційного комплексу у рятувальних місцях.

Крім того, застосування автономних систем у рятувальних операціях ставить питання про етичний аспект впливу технології на рішення, пов'язані з врятуванням людського життя. Питання про відповідальність, приватність та використання зібраних даних також виникають у контексті безпілотної авіації.

Все ж таки використання безпілотних літальних апаратів у рятувальних операціях надає безліч переваг, включаючи доступ до важкодоступних місць, повітряну розвідку та зменшення ризику для людей. Проте, необхідно вирішувати технічні, правові, безпекові та етичні виклики, що пов'язані з цією технологією, для того, щоб максимально використати її потенціал у рятувальних операціях та забезпечити безпеку та ефективність рятувальних дій.

## РОЗДІЛ 4

### ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

#### 4.1. Використання БПЛА у пошуково-рятувальних операціях

Безпілотні літальні апарати демонструють велику ефективність у пошуково-рятувальних операціях. Вони можуть охоплювати великі площі та швидко знаходити постраждалих осіб, що особливо важливо в умовах обмеженого часу. БПЛА оснащені різними сенсорами, такими як камери високої роздільної здатності, інфрачервоні тепловізори, радары та сонари, які дозволяють виявляти постраждалих навіть під завалами або ускладнених умов.

У разі надзвичайних ситуацій, таких як землетруси, повені або сніжні замети, БПЛА можуть проникнути до небезпечних зон та надавати важливу інформацію рятувальним службам. Вони можуть здійснювати візуальний огляд території, визначати місцезнаходження людей за допомогою тепловізорів, передавати зображення у реальному часі та навіть здійснювати доставлення невеликих медичних припасів або комунікаційного обладнання.

#### 4.2. БПЛА як засіб моніторингу та оцінки стихійних лих

Безпілотні літальні апарати використовуються для моніторингу та оцінки стихійних лих, таких як лісові пожежі, повені, урагани, виверження вулканів тощо. Вони забезпечують оперативний збір даних про розповсюдження пожежі, рівень води, зсуви ґрунту та інші стихійні наслідки.

БПЛА оснащені спеціальними сенсорами та камерами, що дозволяють отримувати високоякісні зображення та збирати дані про стан території. Це допомагає оцінити розмір та масштаби стихійного лиха, виявити гарячі точки пожежі або зони руйнувань, визначити маршрути евакуації та забезпечити оперативну реакцію рятувальних служб.

Такі дані є надзвичайно цінними для прийняття стратегічних рішень управління кризовими ситуаціями, планування рятувальних операцій та розгортання ресурсів.

БПЛА дозволяють зберегти час, зусилля та ресурси, знижуючи ризик для людського життя та сприяючи ефективному управлінню стихійними лихами.

Описані приклади ілюструють важливість та потенціал безпілотно-авіаційного комплексу у рятувальних операціях. Його застосування дозволяє збільшити швидкість, ефективність та точність рятувальних дій, забезпечує доступ до складних та небезпечних територій та допомагає зменшити ризик для людського життя. Проте, важливо враховувати технічні обмеження, правові аспекти, екологічні фактори та етичні питання, щоб забезпечити безпеку та відповідальне використання БПЛА у рятувальних операціях.

### **4.3. Моделі квадрокоптерів**

На ринку існує значна кількість моделей квадрокоптерів, проте я хотів би звернути вашу увагу на деякі рекомендовані моделі, які відповідають вимогам ефективного виконання завдань, пов'язаних з людським порятунком:

**1. DJI Mavic 3 Pro** - продовжує традиції попередників Mavic 3 та Mavic 3 Classic, і на сьогодні є одним із найбільш розючий безпілотних літальних апаратів на ринку. Вся лінійка квадрокоптерів відрізняється розширеним функціоналом та можливостями, які знаходять особливий відгук у професійної аудиторії. Незважаючи на те, що технічно моделі мають зовсім невеликі відмінності, новинка має величезну перевагу перед попередниками - великий блок у передній частині БПЛА, що включає відразу три камери в порівнянні з двома Mavic 3 і Mavic 3 Classic.(рис.1)

([https://www.dji.com/global/mavic-3-pro?site=brandsite&from=insite\\_search](https://www.dji.com/global/mavic-3-pro?site=brandsite&from=insite_search))



Рис. 1

Як ми вже згадали раніше, головною відмінністю квадрокоптера DJI Mavic 3 Pro є система з трьох камер: 24-міліметровою ширококутною камерою Hasselblad з кутом огляду 84° та апертурою f/2,8-f/11, 70-міліметровою телекамерою апертурою f/2,8 та 166-міліметровою телекамерою з діафрагмою f/3,4. (рис.2)

- Ширококутна камера Hasselblad з 4/3 CMOS-датчиком є основною. Вона здатна знімати відео 5.1K із частотою 50 к/с. Максимальна роздільна здатність фото – 20 Мп. Відеокамера також підтримує кілька кольорових режимів, включаючи D-Log та HLG/10-бітний D-Log M, а також режим

нічного відео, що дозволяє робити зйомку відмінних кадрів навіть за умов недостатньої освітленості.

- Телеоб'єктив середнього розміру має CMOS-датчик 1/1,3" і підтримує ефективну роздільну здатність 48 Мп або 12 Мп, а також запис відео 5.1К при 50 к/с. Крім цього, є 3-7-кратне оптичне збільшення.
- Третя телекамера оснащена CMOS-датчиком 1/2" має ефективну роздільну здатність 12Мп і підтримує відеозапис роздільною здатністю 4К при 60 к/с. Передбачено 7-28-кратне оптичне збільшення.



Рис 2. Підвіс, який встановлений 3-осьовий зі зміною кута нахилу від  $-140^{\circ}$  до  $50^{\circ}$

Поговоримо про функціональні можливості квадрокоптера:

1) Всебічне виявлення перешкод та вдосконалена система APAS 5.0. Безпілотник обладнаний системою ширококутних датчиків, які здатні точно розпізнавати перешкоди та відстані до них у всіх напрямках, а система APA 5.0, своєю чергою, дозволяє DJI Mavic 3 Pro автоматично їх облітати.

2) Система AirSense на базі технології ADS-B, яка забезпечує безпечний політ коптера і служить для виявлення найближчих гелікоптерів та літаків,

попереджаючи пілота для можливості швидко посадити БПЛА або змінити траєкторію польоту за такої необхідності.

3) Технологія відеопередачі O3+ з дальністю дії до 15 кілометрів без перешкод зі стабільним сигналом забезпечує пряму трансляцію зображення у форматі HD (1080p) за 60 к/с.

4) Інтелектуальні режими знімання Mavic 3 Pro:

- FocusTrack з ActiveTracko (відстеження і супровід об'єктів, що рухаються з уникненням перешкод), Spotlight (утримання об'єкта в кадрі, поки пілот керує дроном навколо нього) і Point of Interest (квадрокоптер літає навколо об'єкта, створюючи кінематографічні кадри); (рис.3)
- Mastershots (коптер DJI Mavic 3 Pro в автоматичному режимі здійснює зйомку, редагування та додавання музики);
- QuickShots (під режими "Dronie", "Circle", "Rocket", "Helix");
- Панорама (зйомка фото 100 Мп без втрат)

*Три останні режими доступні лише для основної камери*

5) Функції автоматичного польоту Mavic 3 Pro:

- Waypoint Flight (планування шляху в автоматичному режимі по заданому пілотом дорожнім точкам);
- Круїз-контроль (політ у різних напрямках, не натискаючи постійно на кнопки апаратури управління);
- Advanced RTN (оптимальний маршрут для повернення додому).

6) Високошвидкісний QuickTransfer для швидкої передачі фотографій та відеозаписів на смартфон без ПДК (пульт дистанційного керування).

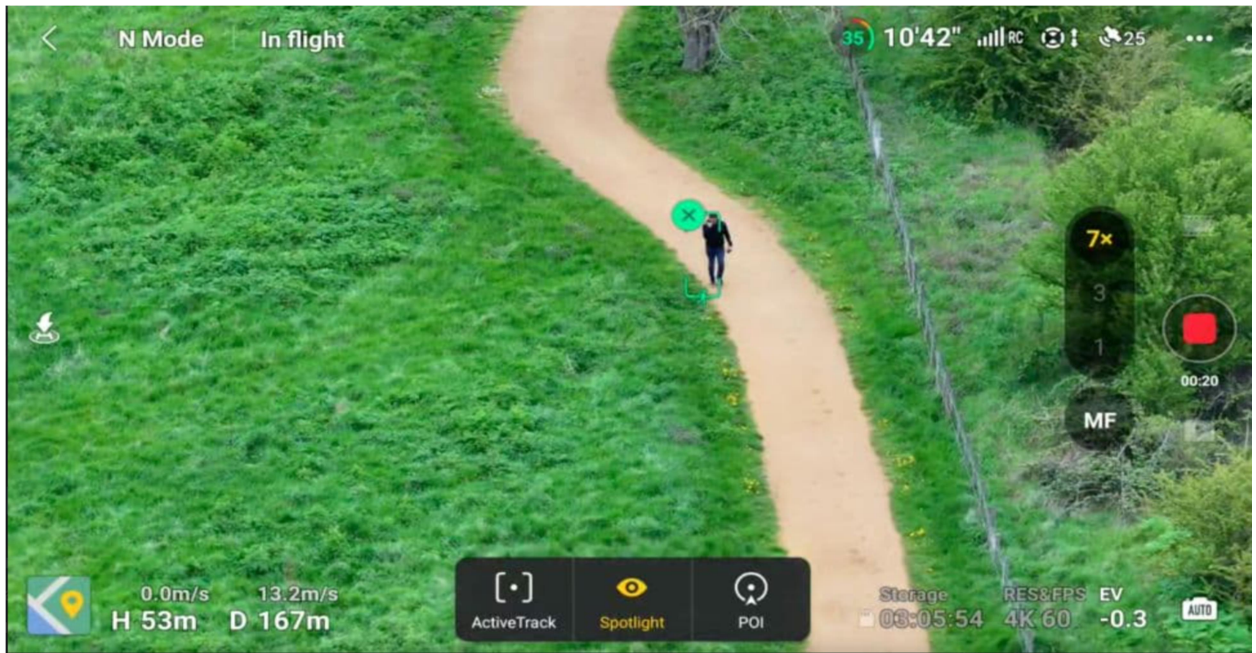


Рис. 3

**2. Autel EVO II Dual 640T V2 Series** - серія квадрокоптерів з тепловізором високої роздільної здатності, що випускається у трьох варіантах комплектації: Standard, RTK та Autel EVO II Dual 640T Enterprise. Дрони широко використовуються при інспекції ЛЕП та сонячних батарей, при гасінні пожеж, у пошуково-рятувальних операціях, при охороні правопорядку для виявлення потерпілих та підозрюваних у хімічній промисловості. Далі в огляді ми намагатимемося розібратися, в чому відмінність різних версій моделі та визначимо головні переваги та недоліки БПЛА. (рис.4) ([https://www.autelpilot.com/products/evo-ii-dual-640t-rtk-enterprise-bundle-v2?\\_pos=7&\\_sid=1d1f4b5ec&\\_ss=r](https://www.autelpilot.com/products/evo-ii-dual-640t-rtk-enterprise-bundle-v2?_pos=7&_sid=1d1f4b5ec&_ss=r))



Рис.4

- складна конструкція;
- автономність до 38 хвилин;
- відстань польоту до 25 км;
- відстань видалення до 9 км;
- 48 Мп 8к камера;
- тепловізор із сенсором FLIR BOSON LWR роздільною здатністю 640x512;
- Дванадцять оптичних сенсорів на корпусі для всебічного розпізнавання та своєчасного обходу перешкод;
- гранична швидкість до 72 км/год;
- Dynamic Track 2.0;
- одночасне розпізнавання до 64 об'єктів;
- декілька режимів зйомки;
- керування жестами;
- 10-бітове кодування A-LOG Color;
- 4K HDR.

Квадрокоптер Autel EVO II Dual 640T із тепловізором має портативний корпус зі складною конструкцією променів. Він виконаний з матового пластику в яскравому помаранчевому кольорі, що вигідно відрізняє його від більшості інших



дронів. Габарити безпілотної у складеному вигляді становлять 228×133×110 міліметрів, у розгорнутому вигляді – 424×354×110 міліметрів. Вага Autel EVO II Dual 640T - 1150 грам, що передбачає обов'язкову його реєстрацію. По периметру квадрокоптера розташований ряд датчиків, які відповідають за розпізнавання перешкод на 360 градусів під час польоту. У нижній частині дрона знаходяться світлодіодні індикатори, за якими може проводитися орієнтування при посадці БПЛА за слабкої освітленості. З боків корпусу є роз'єм USB, а також слот для карти microSD. Внутрішня пам'ять Autel EVO II Dual 640T з тепловізором всього 8 Гб, тому картка пам'яті у будь-якому випадку стане в пригоді. Можна встановлювати карти до 256 Гб.

Модель Autel EVO II Dual 640T оснащена гібридною камерою. У видимому діапазоні застосовується камера із 1/2-дюймовим CMOS-сенсором Sony IMX586. Максимальна роздільна здатність відео 8K (7680x4320), фото - 48 Мп (8000×6000). Бітрейт до 120 Мбіт/с. Передбачено 4-кратне збільшення без втрат/16-кратний цифрове масштабування. Для інфрачервоного спектра застосовується тепловізійний сенсор FLIR BOSON LWR роздільною здатністю 640x512 при 30 к/с. Дозвіл до 640x512 дозволить користувачеві квадрокоптера робити зйомку об'єктів на відстані до 146 метрів. Також камера може працювати у подвійному режимі. Фотографії можна зберігати у форматах DNG або JPG, а відео - MOV та MP4. Завдяки 3-осьовому підвісу камерою можна керувати в ручному режимі або за допомогою ШІ-алгоритмів(штучного інтелекту) розпізнавання та відстеження.

Якими функціями оснащений квадрокоптер Autel EVO II Dual 640T із тепловізором:

- автоматичне повернення «додому» і чітка посадка: дрон зможе самостійно повернутися у вихідну точку при втраті сигналу або низькій зарядці акумуляторної батареї; безпілотної здатний розпізнавати особливості місцевості та підлаштовуватися під неї, забезпечуючи безпечну посадку;
- політ по точках – квадрокоптер можна відправити у потрібну точку обраного пункту призначення, позначивши її на екрані смартфона;

- багатофункціональна система картографії дозволяє користувачам встановлювати індивідуальні польотні маршрути;
- визначення та обліт перешкод на 360° завдяки дванадцяти оптичним датчикам, а також
- двом ультразвуковим сенсорам та світлодіодним вогням на корпусі Autel EVO II Dual 640T з тепловізором;
- технологія Dynamic Track 2.0 для відстеження об'єктів в автоматичному режимі з обходом перешкод, що зустрічаються на шляху; доступне одночасне розпізнавання до 64 об'єктів, у тому числі: людей, тварин, будівель, автотранспорту;
- управління Autel EVO II Dual 640T жестами;
- режими зйомки: одиночне фото, серійна та прискорена зйомка, HDR, нічний режим;
- режим «картинка в картинці» для покращення деталізації

**3. Matrice 30T** – одна із моделей промислових квадрокоптерів серії DJI, призначеної для виконання складних професійних робіт: пожежогасіння, пошуково-рятувальних заходів, інспекції ліній електропередач, трубопровідних систем, свердловин, забезпечення правопорядку. Безпілотний літальний апарат обладнаний чотирма камерами, у тому числі ширококутною, зум та тепловізійною камерою, а також лазерним далекоміром. Він портативний, стійкий до вітру і здатний працювати в широкому діапазоні температур, в сніг і сильний дощ завдяки високому класу захисту корпусу IP55. Великий дрон DJI Matrice 30T має безліч інших особливостей, про які ми поговоримо далі. (рис.5)  
[https://www.dji.com/global/matrice-30?site=brandsite&from=insite\\_search](https://www.dji.com/global/matrice-30?site=brandsite&from=insite_search)



Рис. 5

Головні особливості дрону DJI Matrice 30T:

- портативна та складна карбонова конструкція;
- ступінь захисту корпусу IP55;
- робота у температурному режимі  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
- шестистороння система позиціонування та виявлення перешкод;
- живлення від двох акумуляторів місткістю 5880 мАч кожен;
- тривалість польоту до 41 хвилини;
- позиціонування на базі супутникових систем GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS;
- RTK-модуль;
- цифрова технологія відеопередачі OcuSync 3 Enterprise з підтримкою триканальної передачі відеопотоку;
- максимальна висота – 7000 метрів;
- дальність польоту та FPV до 15 000 метрів;
- гранична швидкість горизонтального польоту – 23 м/с;
- допустима швидкість вітру – 15 м/с;
- багатофункціональна камерна система із чотирма матрицями;
- інтелектуальні режими та польотні функції;
- знімання фотографій в умовах недостатньої освітленості;

- інфрачервоний модуль;
- можливість керування з двох контролерів;
- ADS-B приймач;
- дублювання систем та сенсорних датчиків для безпечного польоту та чіткого позиціонування;
- робота з мобільною станцією D-RTK 2;
- мобільний додаток Pilot 2;
- вебцентр керування БПЛА FlightHub 2;
- підтримка Mobile та Payload SDK, Cloud API.

Конструкція квадрокоптера DJI Matrice 30T розроблена з нуля, проте за основу для розкриття потенціалу апарату повною мірою було взято дизайн топових моделей виробника - Mavic 3 і Matrice 300 RTK. Кінцевим результатом став портативний корпус дрону з компактною складною карбоновою конструкцією. Це дозволяє легко та швидко упаковувати, переносити та розгортати квадрокоптер. Процес розгортання перед стартом безпілотної DJI Matrice 30T займає трохи понад хвилину.

Габаритні розміри БПЛА у складеному вигляді становлять 365x215x195 міліметрів, а у польотному вигляді – 470x585x215 міліметрів. Політна вага дрона чимала - цілих 3 770 грамів. Але з огляду на його призначення та наявність на борту багатофункціональної камерної системи, це передбачувано. БПЛА підлягає обов'язковій реєстрації. Корпус DJI Matrice 30T має клас захисту IP55 та забезпечує захист від вологи та пилу, роботу навіть у несприятливих погодних умовах, а також у температурному режимі від -20°C до +50°C.

Квадрокоптер обладнаний 360° сенсорною системою візуалізації. Набір оптичних датчиків та сенсорів ToF, що знаходяться на шести сторонах апарата, забезпечує високу безпеку. Дрон має вбудований приймач ADS-B для своєчасного попередження про всі повітряні судна поблизу.

Саме у версії Matrice 30T камера обладнана чотирма матрицями, на базі яких передбачена реалізація ширококутної камери, камери з зум-об'єктивом, лазерного далекоміра, а також тепловізійної камери або, іншими словами, тепловізора. Дана

камерна система вбудована в 3-осьовий підвіс механічного типу, що забезпечує стабілізацію зображення. Перша камера квадрокоптера 12Мп ширококутна з максимальною роздільною здатністю фото 8К, відео - 4к при частоті 30 к/с. Для впевненого та безпечного польоту у темний та нічний час доби можна скористатися "видом від першої особи" або FPV. У цьому випадку запис відео буде проводитися з роздільною здатністю FHD (1920×1080) при 30 к/с та з кутом огляду 161°. Наступна 48 Мп камера має 1/2-дюймовий CMOS-датчик, оптичний зум із 5-16-кратним оптичним зумом без втрат та 200-кратним цифровим зумом. Максимальна роздільна здатність фото як і раніше 8К, відео - 4К при 30 к/с. Дані дві камери спільно з передбаченим лазерним далекоміром дозволять отримувати необхідні дані з повітря та точно розташування об'єктів. Але головною відмінністю цієї моделі дрона є наявність тепловізійної камери (тепловізору) з роздільною здатністю 640x512 і роздільною здатністю 30 Гц з точністю вимірювання температури  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . (рис.6)



Рис. 6

Потужні двигуни дозволяють літати квадрокоптеру DJI Matrice 30T із максимальною швидкістю 23 м/с, а також забезпечувати компенсацію поривів вітру до 15 м/с. У комплекта поставки дрона включена стандартна модель пропелерів 1671, проте окремо можна придбати іншу модель пропелерів 1676 High Altitude для польоту на максимальній висоті.

Крім цього, квадрокоптер адаптований для аварійної посадки на трьох гвинтах/двигунах.

Як програмне забезпечення для більш ефективного пілотування та безпечного польоту квадрокоптера Matrice 30T передбачено ПЗ другого покоління DJI Pilot 2 з оновленим польотним інтерфейсом Enterprise та ергономічним дизайном. Програмне забезпечення Pilot 2 чудово сумісне з пультом RC Plus. Тепер віртуальні кнопки, що настроюються, розташовуються в інтуїтивній досяжності і

забезпечують взаємодію з основними функціями дрону. Також перероблений передпольотний

чек-лист: ключові відомості про системи безпілотного літального апарату та головні налаштування тепер відкриваються в одному аркуші. Переглянуто роботу системних оповіщень. У цьому розділі відзначимо нову хмарну платформу для комплексного керування парком квадрокоптерів другого покоління - FlightHub 2. Окрім отримання "живої телеметрії" від усіх задіяних у виконанні певної місії безпілотників, одночасного перегляду до чотирьох відеопотоків у реальному часі, координації управління процесом роботи, виробник додав ряд нових можливостей:

- базова 2.5D-карта для швидкого вивчення та огляду місцевості;
- пряма трансляція місії з підключенням кількох пілотів до вироблених операцій;
- "живі" або онлайн анотації для виділення об'єктів інтересу та ефективного контролю місій, а також ресурсорозподілу;
- оптимізоване спілкування між членами команди за допомогою синхронізації відомостей про статус дрона, місії, поточне розташування команди в реальному часі;
- планування та керування маршрутом, синхронізація місій з фірмовим додатком Pilot 2.

З метою забезпечення надійного та безпечного польоту, DJI Matrice 30T оснащений резервними дублювальними системами та сенсорами:

- сенсори системи польотного керування;
- канали передачі сигналів та даних;
- інтелектуальні АКБ (акумуляторна батарея);
- сенсорна система візуалізації простору

Далі в огляді квадрокоптера DJI Matrice 30T розглянемо його інтелектуальні режими та функціональні можливості:

1. Live Mission Recording – режим запису дій пілота під час польоту для подальшого його точного повторення автоматично.

2. AI Spot-Check - автоматизація інспекцій та отримання результатів кожного вильоту.

3. Waypoints0 – покращений режим Waypoints, що дозволяє створювати понад 65 тис. дорожніх точок, а також встановлювати команди для підвісів безпілотної літака.

4. Smart Pin & Track – інтелектуальні функції, які відповідають за покращення синхронізації розвідки в повітрі у виконуваних місіях, і включають:

- PinPoint – визначення координат об'єкта в один дотик та їх миттєва передача другому оператору або командам на землі за допомогою платформи FlightHub;
- Smart Track - автоматичне виявлення та відстеження рухомих об'єктів (транспортних засобів, людей, тварин) на екстремальних дистанціях із синхронізацією їх динамічного становища в реальному часі.

Основні знімальні режими квадрокоптера DJI Matrice 30T з тепловізором:

- ❖ Для ефективної роботи та отримання яскравих та чітких фотографій в умовах недостатньої освітленості компанія передбачила режим Smart Low-Light Photo.
- ❖ Оптимізована FPV камера дозволяє завжди розрізняти землю та лінію горизонту, що дозволяє здійснювати безпечний та впевнений політ навіть у нічний час.
- ❖ Завдяки режиму RGB можна дивитися на все зверху.
- ❖ Інфрачервоне знімання завдяки вбудованому ІЧ-модулю (інфрачервоне) призначена для пошуково-рятувальних робіт, знаходження вогнищ загоряння на відстані при обмеженій кількості часу та в умовах надзвичайних ситуацій.

Були розглянуті різні дрони, багато речей упирається у фінансових питаннях та застосуванні їх на ділі. Для невеликих дронів доречно використовувати в густонаселених житлових кварталах, тоді як великі відмінно застосовні для того, щоб провести аналіз полів, лісів тощо.



## 5.4. Розрахунок

### *Постановка завдання*

Сталася серйозна надзвичайна подія - наслідком підірвання Каховської ГЕС внаслідок дії російських військових, було затоплено 600 км<sup>2</sup> території Херсона. Негайно після отримання цієї інформації, рятувальна група активувала свої сили та вирушила на місце прибуття, де їх очікувала надзвичайно складна задача - рятування людей, які перебували під загрозою внаслідок затоплення.

Одним із найважливіших етапів цієї операції було використання дронів для розвідки. Перед початком рятувальних дій, рятувальна група активувала дрони, які піднялися у повітря з метою проведення розвідки території, яка була затоплена, та забезпечення необхідної інформації для ефективного та безпечного проведення операції рятування. Один з таких дронів Matrice 300 має швидкість 20 метрів на секунду і може пролітати 2500 метрів за 2 хвилини та 30 секунд. Висота польоту дрона може досягати 2000 метрів і більше. Цей дрон стає важливим інструментом для рятувальної команди, оскільки він може швидко проникнути в небезпечну зону затоплення й надати важливі візуальні дані.

([https://www.dji.com/global/matrice-300?site=brandsite&from=insite\\_search](https://www.dji.com/global/matrice-300?site=brandsite&from=insite_search))



Рис. 20 Matrice 300

Дрони, обладнані спеціальними засобами, могли проникнути в недоступні для людей місця та надати детальну інформацію про розміри затопленої території, стан води, наявні перешкоди та інші фактори, що впливали на рятувальні дії. Це дозволило рятувальній групі скласти стратегію рятування, враховуючи усі необхідні фактори та ризики.

Розмір затопленої території становив 600 км<sup>2</sup> (600000000 м<sup>2</sup>). Для знаходження часу, необхідного для польоту дронів над цією територією, була виміряна довжина сторони квадрата, що відповідала цій площі. Виявилось, що довжина сторони квадрата складала приблизно 24494.9 метра.

Після цього дрони розпочали розвідку затопленої території. Завдяки високій маневреності та здатності проникати в складнодоступні місця, дрони змогли швидко оцінити ситуацію та надати рятувальній групі необхідну інформацію. Вони зібрали дані про місця з потенційно найвищим ризиком для людей, а також про шляхи евакуації та доступність рятувальних шляхів.

Отримана інформація дала змогу рятувальній групі виконати свої завдання більш ефективно. Вони змогли швидко та точно визначити місця, де перебували люди, які переховувалися на дахах будівель, щоб уникнути контакту з водою. За допомогою дронів, рятувальна група отримала детальну інформацію про кількість людей, їх точну локалізацію та стан. Це дозволило їм зосередити свої зусилля на рятуванні цих людей.

Команди рятувальників були організовані на основі даних, зібраних дронами. Інформація про розташування людей на дахах дозволила рятувальним командам розподілити ресурси та ефективно розстановити рятувальні засоби. Таким чином, забезпечувалася максимальна охопленість зони рятування та мінімізувалася втрата часу та зусиль.

Швидкість дрона складала 20 м/с, а його максимальна висота польоту - 8000 метрів і більше, а по горизонталі - 10000 метрів. Він був оснащений спеціальними засобами, які дозволяли виявляти точну локалізацію затоплення, визначати розміри та інтенсивність води. Крім того, дрони надавали детальну інформацію про рельєф місцевості, наявність доріг та потенційних перешкод, таких як річки або густий ліс.

Проліт дронів був розрахований з урахуванням площі, що потребувала розвідки, та часу, необхідного для огляду кожного об'єкту. Розмір площі, яка була затоплена і підлягала розвідці, складав  $600 \text{ км}^2$  ( $600000000 \text{ м}^2$ ).

Для знаходження часу, необхідного для прольоту дрона, спочатку знайдемо довжину сторони квадрата, що відповідає площі затопленої території. Використовуючи формулу сторони квадрата, ми отримаємо:

$$a = \sqrt{S}, \quad (1)$$

де  $S$  - площа квадрата,  
 $a$  - довжина сторони.

$$a = \sqrt{600000000},$$

$a \approx 24494.9$  метрів.

Тепер знайдемо час, необхідний для прольоту дрона над цим квадратом. Враховуючи швидкість дрона  $20 \text{ м/с}$ , ми отримаємо:

$$t = l / v, \quad (2)$$

де  $t$  - час прольоту,  
 $l$  - відстань, яку потрібно пролетіти дрону,  
 $v$  - швидкість дрона.

$$l = 4a = 4 \times 24494.9,$$

$$l \approx 97979.6 \text{ метрів.}$$

$$t = l / v = 97979.6 / 20,$$

$t \approx 4898.98$  секунд (приблизно 1 година 21 хвилина 38 секунд).

Отже, для розвідки затопленої території площею  $600 \text{ км}^2$ , рятувальні дрони витратили близько 1 годину 21 хвилину 38 секунд на прольоти над цією площею. Цей час був використаний для збору необхідної інформації про поширення затоплення, стан місцевості та визначення потреб у рятувальних діях.

Дрон Matrice 300 за технічними характеристиками має опір вітру до  $12 \text{ м/с}$ . При облеті заданої території, дрон виконує коло за маршрутом, та будь-яка швидкість вітру буде скомпенсована по завершенню маршруту (коли дрон повертається на точку дома). Тому ми не враховуємо швидкість вітру при розрахунку часу прольоту дрону Matrice 300.

## ВИСНОВОК

Безпілотно-авіаційний комплекс з рятування є потужним інструментом, який допомагає покращити ефективність та безпеку рятувальних операцій. Використання безпілотно-літальних апаратів у таких ситуаціях має численні переваги.

Перш за все, однією з переваг використання БПЛА у рятувальних операціях є їх гнучкість та мобільність. Вони можуть бути швидко розгорнуті та використовуватись в різних умовах, навіть на важкодоступних або віддалених територіях. Це особливо корисно при пошуку та рятуванні в гірських районах, відкритих водоймах або в областях з обмеженим доступом для людей.

Крім того, безпілотні літальні апарати можуть працювати в умовах, які для людини є небезпечними. Вони можуть розслідувати зони радіаційного забруднення, виявляти хімічні джерела або контролювати великі пожежі без ризику для життя рятувальників.

Проте, використання безпілотно-авіаційного комплексу з рятування також пов'язане з певними викликами та обмеженнями. Технічні обмеження, такі як обмежена витривалість польоту, обмежена маса підйому або залежність від погодних умов, можуть обмежувати ефективність застосування БПЛА. Крім того, проблеми зі збереженням приватності та безпекою даних, можливість перешкод та зламу систем, а також етичні питання щодо використання автономних систем також потребують уваги.

Загалом, безпілотно-авіаційний комплекс з рятування є потужним інструментом, який допомагає покращити ефективність та безпеку рятувальних операцій. Проте, важливо забезпечувати належне навчання та підготовку операторів, розробку технологій для подолання технічних обмежень, а також враховувати правові, етичні та соціальні аспекти для забезпечення ефективного та відповідального використання цих систем у рятувальних операціях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [https://dl.djicdn.com/downloads/DJI\\_Mavic\\_3/DJI\\_Mavic\\_3\\_User\\_Manual\\_v1.4\\_ru.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/DJI_Mavic_3/DJI_Mavic_3_User_Manual_v1.4_ru.pdf)
2. [https://dl.djicdn.com/downloads/matrice-300/20200908/M300\\_RTK\\_User\\_Manual\\_RU\\_v1.4.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/matrice-300/20200908/M300_RTK_User_Manual_RU_v1.4.pdf)
3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/DJI>
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B5%D1%80>
5. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82)
6. «Теорія і практика застосування безпілотних літальних апаратів» (дронів)  
Видавництво "ЛІТЕРА" 2023
7. "Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice" автор Рональда Бека (Ronald V. Beck).
8. "Introduction to UAV Systems" авторів Пола Річардса (Paul Fahlstrom) та Т. Сенгупти (Thomas J. Sgouros). Ця книга є вступом до безпілотних повітряних систем, їх складових та додаткових аспектів, таких як безпека, принцип дії, використання та розробка.
9. "Drone Warfare: Killing by Remote Control" автора Медея Бендерські (Medea Benjamin). Ця книга розглядає етичні, юридичні та політичні наслідки використання БПЛА в війні та військових діях.
10. "The Drone Age: How Drone Technology Will Change War and Peace" автора Кріса Вудса (Chris Woods). Ця книга розглядає вплив БПЛА на зміну характеру війни та миротворення, а також на політичні, економічні та соціальні аспекти сучасного життя.
11. [https://dronnews.ru/wp-content/uploads/2021/10/user\\_manual\\_evo\\_2\\_rus.pdf](https://dronnews.ru/wp-content/uploads/2021/10/user_manual_evo_2_rus.pdf)
12. Іванов, О. М. (2018). Безпілотні авіаційні системи у рятувальних роботах. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", (900), 39-44.
13. Петров, В. І. (2019). Безпілотна авіаційна техніка в рятувальній справі. Вісник Кіровоградського національного технічного університету, (1), 101-105.
14. Smith, J. D., & Johnson, R. T. (2017). Unmanned Aircraft Systems for Disaster Response and Recovery Operations. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 47(6), 1105-1119.