

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту (роботи)

Магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

Апаратно-програмне забезпечення комп'ютерної системи керування та контролю дронами

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІІІЗ-61

напряму підготовки (спеціальності)

123 Комп'ютерна інженерія

(номер і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Ровганич В. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

[Підпис]  
(підпис)

Сторожаків О. П.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

[Підпис]  
(підпис)

Тарасенко Н. Б.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

[Підпис]  
(підпис)

Линько В. В.  
(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повна вища освіта вищого начального рівня)

Факультет Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
Кафедра Комп'ютерних систем та мереж  
Освітній ступінь Магістр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

К.С. Курдоска Р.Л.  
« 28 » 03 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Довгошич Віталій Владислав  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Апаратно-програмне забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дротів.

Керівник роботи Скорельський Р. А.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 28 » Світми 2019 року № 417-73

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту роботи Апаратно-програмне забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дротів.

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

Заспокувати функціонування апаратних елементів.

Опис апаратно-програмної частини

Процес об'єднання робіт дротів за допомогою апаратно-програмного забезпечення.

Обґрунтувати експлуатаційну ефективність

Апаратури: та безпека в нестандартних ситуаціях

Експлуатації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Апаратно-програмне забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дротів

Блок-схема контролеру NAVIO2, Raspberry Pi 3B+

Синхронізація дротів об'єктами представлення

Блок-схема синхронізації дротів



## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота на тему: «Апаратно-програмне забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами» Довганича Віталія Івановича – Тернопільський національний технічний університет, Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерної інженерії, група СІмз-61\\ Тернопіль, 2019. С. – 95, рис. – 11, табл. – 8, додатки – 1.

Ключові слова: БПЛА, ДРОНИВ, РІЙ, КЕРУВАННЯ, NAVIO 2.

Метою дипломної роботи є розробка апаратно-програмного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами. Методи та програмні засоби, використані при виконанні розробки системи: Raspberry Pi 3B+, TCP/IP Builder.

Опрацьовані відомі комп'ютерні системи координації та контролю дронами, описана структура і схеми побудови та налаштування квадрокоптера, програмні та апаратні засоби для розробки квадрокоптера.

## SUMMARY

Diploma thesis on "Hardware and software of computer system for coordination and control of drones" Dovganych Vitaliy Ivanovich - Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Engineering, SIMZ-61 group \ \ Ternopil, 2019. S. – 95, fig. – 11, Table. – 8, applications – 1.

Keywords: UAV, Drones, ROI, CONTROL, NAVIO 2.

The aim of the diploma thesis is to develop hardware and software for computer system for coordination and control of drones. Methods and software used in the development of the system: Raspberry Pi 3B +, TCP / IP Builder.

Well-known computer systems for coordination and control of drones, the structure and schemes of construction and configuration of the quadcopter, software and hardware for the development of the quadcopter.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БПЛА – Безпілотний літальний апарат.

GPS (англ. Global Positioning System) – Спутникова система навігації

HDMI (англ. High Definition Multimedia Interface) – Інтерфейс та кабель для передачі цифрових відео та аудіо даних.

RCA (англ. RCA jack, також англ. phono connector або CINCH/AV connector) – стандарт роз'єму, широко застосовуваний в аудіо і відеотехніці.

GPIO (англ. General-purpose input/output) – інтерфейс для зв'язку між компонентами комп'ютерної системи.

GFLOPS (англ. Floating Point Operations Per Second) – одиниця вимірювання швидкодії обчислювальних приладів.

APM (англ. ArduPilot Mega) – система керування безпілотними апаратами з відкритим кодом.

WiFi (англ. Wireless Fidelity) – технологія бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11.

3G (англ. 3rd Generation) – набір послуг, який включає високошвидкісний мобільний доступ до мережі Інтернет та технологію радіозв'язку.

USB (англ. Universal Serial Bus) – універсальна послідовна шина, призначена для з'єднання комп'ютерів і периферійних пристроїв.

(Глобальна Навігаційна Супутникова Система) – радянська/російська радіонавігаційна супутникова система, розроблена на замовлення Міністерства оборони СРСР.

Beidou (Бейдоу вейсін даохан сітун) – китайська супутникова система навігації.

ШІМ (Широтно-імпульсна модуляція) – процес керування шириною (тривалістю) високочастотних імпульсів за законом, який задає низькочастотний сигнал.

АЦП (Аналого – цифровий перетворювач) – пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал в дискретний код (цифровий сигнал), який кількісно характеризує амплітуду вхідного сигналу.

HDOP (англ. Horizontal Dilution of Precision) – Зниження точності в горизонтальній площині.

Bluetooth – технологія бездротового зв'язку.

ARM (англ. Advanced RISC Machine) – сімейство ліцензованих 32-бітних і 64-бітових мікропроцесорних ядер розробки компанії ARM Limited.

ПК – Персональний комп'ютер.

ЕОМ – Електронно обчислювальна машина.

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок.

НС – Надзвичайні ситуації.

СГ – Сільське господарство.

ПКБ – Проектно-конструкторське бюро.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	9
Вступ.....	14
РОЗДІЛ 1.....	16
ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	16
1.1. Види БПЛА.....	16
1.1 Перші квадрокоптери.....	18
1.2 Сфери застосування квадрокоптера.....	22
1.3 Можливості квадрокоптера.....	26
1.4.1 Базові можливості.....	26
1.4.2 Можливості при розширеній апаратній базі.....	26
1.4.3 Можливості при введенні додаткових програмних компонентів.....	27
1.4 Висновки до першого розділу.....	28
РОЗДІЛ 2.....	30
ОГЛЯД АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ.....	30
2.1 Огляд контролерів.....	30
2.2 Порівняння специфікацій контролерів.....	31
2.3 Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3B+.....	33
2.4 Польотний контролер NAVIO 2.....	36
2.4.1 ШІМ генератор.....	38
2.4.2 Інерційний вимірювальний пристрій.....	38
2.4.3 Приймач GPS.....	38
2.4.4 Аналого-цифровий перетворювач.....	39
2.5 Функціональне призначення польотних контролерів.....	39
2.6 Регулятор обертів двигуна.....	42
2.7 Безщітковий двигун для дрона.....	43



	12
2.8 Висновок до другого розділу.....	45
РОЗДІЛ 3.....	46
ПРОЦЕС ОБ'ЄДНАННЯ РОЮ ДРОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТНО – ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	46
3.1 Рій дронів.....	46
3.2 Розробка рою дронів.....	46
3.3 Синхронізація дронів.....	49
3.4 Наземна станція контролю дронами.....	52
3.5 Проведення експериментів.....	53
3.6 Програмне забезпечення Raspberry Pi.....	56
3.7 Програмне забезпечення для управління декількома апаратами.....	56
3.8 Висновок до третього розділу.....	57
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	59
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР.....	60
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи .....	63
4.3 Розрахунок витрат на електроенергію.....	67
4.4 Розрахунок витрат на матеріали.....	68
4.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	69
4.6 Обчислення накладних витрат.....	70
4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.....	70
4.8 Розрахунок ціни НДР.....	71
4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	72
4.10 Висновки до розділу.....	73
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	74
5.1 Охорона праці.....	74

5.2 Стійкість роботи суб'єкта господарювання до дії проникаючої радіації і радіоактивного забруднення.....	76
5.3 Приведення аварійно відновлюваних робіт на комп'ютерних та електричних мережах.....	79
5.4 Висновок до розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях».....	83
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ.....	85
6.1. Організаційні форми, види і способи статистичного спостереження в екології.....	85
6.2. Рівні та види моніторингу навколишнього середовища.....	87
6.3 Висновок до розділу «Екологія».....	91
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94
Додаток А.....	96
Тези конференцій.....	96

## Вступ

**Актуальність теми роботи:** Стрімкий розвиток комп'ютерної та мікропроцесорної техніки зумовив сучасне широке застосування дронів, квадрокоптерів, дистанційно керованих та самокерованих засобів в багатьох галузях. Для систем керування дронів сьогодні актуальною задачею є реалізація координації в системі дронів, які виконують певну спільну функцію, без втручання оператора. Метою даного дослідження є встановлення необхідних апаратних та програмних складових надійної та ефективної системи контролю та керування квадрокоптерами та дронами в рої для забезпечення скоординованого виконання спільних функцій без втручання стороннього оператора.

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної роботи є проведення аналізу застосовності доступних компонент загального призначення (сенсори, мікроконтролери, процесори, модулі зв'язку, одноплатні комп'ютери типу Raspberry Pi) та програмного забезпечення, яке дозволяє будувати гнучкі та надійні системи керування квадрокоптерами та дронами.

**Об'єкт дослідження:** Комп'ютерні системи керування безпілотними літальними апаратами.

**Предмет дослідження:** Способи реалізації системи керування та контролю сукупності (рою) взаємодіючих дронів.

**Методи дослідження:** аналітичний, економіко-статистичний, теоретико-емпіричний.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В ході дослідження на основі аналізу сучасної апаратної бази та рівня розвитку технологій сформульовано мінімальні вимоги для реалізації системи координації дронів у рої.

**Практичне значення отриманих результатів.** Порівняльний аналіз застосовності доступних компонент та технологій дозволяє розробити засоби координації дронів про об'єднанні в динамічні мобільні системи (рої).

**У Вступі** обґрунтовано актуальність теми дипломної роботи, сформульовано її мету та завдання, що вирішуються, наведено об'єкт, предмет, методи дослідження, практичне значення отриманих результатів.

**В розділі 1** дипломної роботи проведено аналіз предметної області, розглянуто основні технології систем позиціонування дронів, а також проведена класифікація методів, які для цього використовуються.

**В розділі 2** зроблено огляд апаратної бази, компонування та принципів проектування, які доцільно застосовувати для розв'язання завдання роботи.

**В розділі 3** визначено ефективні методи побудови систем координації та контролю поведінки рою дронів а також засоби та методи програмної реалізації такої системи, подано практичні рекомендації для забезпечення надійної реалізації системи керування рою дронів.

**В розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** розкрито питання обґрунтування економічної ефективності від впровадження результатів дослідження, проведеного в дипломній роботі.

**В розділ «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** присвячений вимогам з охорони праці та техніки безпеки відповідно до нормативних документів щодо протипожежних заходів, виробничої санітарії та гігієни, проведено оцінку дії електромагнітного поля на людину та способів захисту від нього.

Також розглянуто питання оцінки стійкості системи управління і постачання суб'єктів господарювання, підготовка до відновлення порушеного виробництва.

**В розділі «Екологія»** проведено ознайомлення з основними статистичними показниками екологічних явищ, а також вимогами до проведення державної та громадської екологічної експертизи.



## РОЗДІЛ 1

### ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

#### 1.1. Види БПЛА

Літальний апарат пілотований дистанційно, або виконує політ автономно, без пілота. Також їх називають безпілотниками або дронами. БПЛА до недавнього часу мали лише військове призначення, і можливість їх використання була тільки у армії. Безпілотники виконували завдання по аерозйомки (фото, відео), радіорозвідки, виявлення об'єктів і ін. Однак за останній десятиріччя сфера розробки і створення безпілотних систем вийшла за ці рамки, і сьогодні БПЛА застосовуються за різними цивільним напрямками [1,2].

По виду і області виконуваних завдань дрони діляться на 3 основних типи:

- безпілотні літаки;
- безпілотні вертольоти;
- безпілотники мультимоторного типу(див. рис. 1.1).



Рис. 1.1. Безпілотники мультимоторного типу [3]

Безпілотні літаки здатні долати великі відстані, вести складну аерозйомку практично при будь-яких метеоумовах, максимальна якість роботи і ефективність виконуваних завдань можливі на відстані не більше 70 км від наземної станції управління [4]. Під час польоту потрібно підтримання високої швидкості (до 400 км / год). Час перебування в польоті: від 30 хвилин до 8 годин. До недоліків можна віднести складність запуску і посадки. Запуск необхідно здійснювати, використовуючи спеціальний пристрій (катапульта), щоб надати апарату початкову швидкість. Посадка вимагає посадкової смуги або виконується з використанням парашута, що в значній мірі затрудняє забезпечення точної посадки. Плюс до всього, посадка на парашутній системі викликає виникнення перевантажень, негативно позначаються на незахищених елементах корисного навантаження і фотообладнання.

Безпілотні вертольоти не вимагають спеціальних пристроїв для зльоту або злітно-посадкових смуг. На відміну від літаків вони трохи більше вибагливі до погодних умов. Час польоту – від 30 хвилин до 3 годин. конструкція таких БПЛА складна у порівнянні з літаками або мультіроторними апаратами, так як вимагає наявності складного автомата перекошу лопатей основного і хвостового гвинтів. Важливою перевагою вертольотів перед іншими типами літальних апаратів є наявність режиму самовращення несучого гвинта (авторотації), що може значно знизити збиток від падіння при відмові двигуна.

Мультимоторні безпілотні апарати (Мультикоптер) є багатомоторні і мають кілька несучих гвинтів (роторів). Як правило, конструкція таких дронів володіє 3, 4, 6, 8 або 12 гвинтами. Як і вертольоти, мультикоптер мають здатність вертикального старту (не вимагають до передачі пристроїв для запуску) і здатні зависати в повітрі з нульовою швидкістю, але більш прості в управлінні у порівнянні з ними [4].

Мультимоторні БПЛА не містять такі конструктивно складні елементи, як, наприклад, автомат перекошу, і в зв'язку з цим мають більш низьку вартість ремонту, є більш надійними, а так само відносно недорогі.

Серйозним недоліком такого типу безпілотників є практично повна втрата керованості причас виходу з ладу одного з гвинтів. Однак в даний час ведуться дослідження і проводяться експерименти по забезпеченню безпечної посадки або навіть продовження руху шести і восьмироторих апаратів в такій ситуації [5].

Найбільшого поширення набула мультироторна конструкція з чотирма вентиляно-моторними групами, кожна з яких складається з двигуна і гвинта з постійним кроком (кутом нахилу гвинтів). Такі дрони компактні, прості в збірці і налаштування, мають відносно невисоку вартість і витрата енергії в порівнянні з мультикоптер з кількістю гвинтів більше.

### 1.1 Перші квадрокоптери

Мультикоптер, або ж багато гвинтові вертольоти (як їх було прийнято тоді називати), розроблялися ще в ті часи, коли проектувалися перші вертольоти, але реалізація таких конструкцій була набагато складніше, ніж звичайних вертольотів, оскільки складним завданням була реалізація трансмісії, яка могла б від одного мотора передавати крутний момент відразу декільком роторам. При цьому треба або диференційовано подавати крутний момент на ротори, або робити керуючі рулі під роторами. Тому винахід хвостів ротора гелікоптера і автомата перекоосу змусило закинути це направлення як безперспективне на той момент [4].

Першим чинним прототипом квадрокоптера (і заодно всіх нині існуючих вертольотів) був вертоліт Ботезату, що піднявся в повітря в 1923(див. рисунок 1.2).



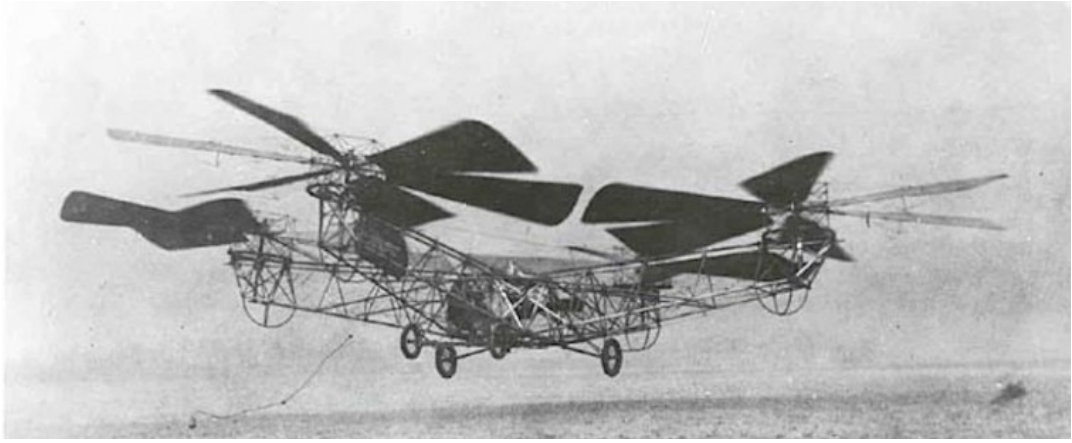


Рис. 1.2. Квадрокоптер Ботезату 1923р.

У грудні 1922 року в Дайтоні почалися польоти гелікоптера Г. Ботезату, колишнього професора Петроградського технологічного інституту. Ботезату звернувся до багато гвинтової схеми: диференціальне, роздільне управління тягою гвинтів обіцяло надійне управління поворотами у вертикальній площині, тобто зміною положення носової частини гелікоптера щодо лінії горизонту.

Чотири шести гвинтові гвинти розташовувалися на кінцях хрестоподібної ферми зі сталевих труб з розтяжками з рояльних струн. Два невеликих гвинта з горизонтальною тягою служили для колійного управління і поворотів в режимі висіння.

До весни 1923 року М. Ботезату, пілоти Т. Бейн і А. Сміт зробили кілька вдалих польотів. В одному з них вертоліт підняв на 4 м корисний вантаж вагою 450 кг.

Розробка квадрокоптера велася на гроші армії США. Мета – створити літаючий апарат з вертикальними зльотом і посадкою. Однак проект був закритий через низку проблем. Наприклад, щоб просто летіти вперед, був потрібен попутній вітер.

Були й пізніше певні спроби створення таких апаратів, але друге життя ця ідея отримала у авіо-моделістів в 2000-х роках, коли стала широко доступні модельна електроніка та апаратура радіоуправління.

Першими отримали поширення саморобні трікоптери завдяки тому, що для реалізації такої схеми не потрібно було ніякого специфічного контролера, тільки модельні безколекторні двигуни, регулятори обертів, вертолiтні гіроскопи і сервіс машинка для реалізації поворотного керуючого вузла (див. рис. 1.3).



Рис.1.3. Трікоптер. Один з перших мультикоптерів

Саме з цього моменту Мультикоптери почали ставати популярними. Вони були прості і не дуже затратні в виготовленні. Природно, стали робитися спроби отримати кадри з повітря, для чого стали фіксувати на БПЛА легкі і мініатюрні фотоапарати, відеокамери і навіть телефони.

У 2006 році німецькою компанією Mikrokopter був створений польотний контролер для Мультикоптера, що позолочений досягти абсолютно нових можливостей.

З цим пристроєм Мультикоптери були здатні утримувати позицію по GPS, робити автономну посадку і автоповернення в разі втрати сигналу, та й взагалі, володіли більшістю всіх тих можливостей, якими володіють сучасні мультикоптери [5].

Саме з появою цього контролера можна пов'язувати появу аерофотозйомки з безпілотних Мультикоптерів як професійного виду діяльності. Стали з'являтися професійні команди по аерофотозйомку, які пропонували якісні послуги по зйомці фото з висоти, створення відеороликів з повітря і зйомці панорам.

Контролери від Mikrokopter мали і недоліки. По-перше, вартість їх була велика, тільки один польотний контролер коштував не менше 1000 \$. По-друге, він складався з безлічі плат, які збиралися користувачем вручну, що вимагало навичок пайки і початкових знань радіоелектроніки. По-третє, на будівництво цього контролера була досить складною.

Наступний крок у розвитку цієї області був здійснений китайською компанією DJI-Innovations. Їх польотний контролер DJI Wookong-m був орієнтований на більш широке коло користувачів, і його використання не вимагало спеціальних навичок і знань. Елементи контролера потрібно було лише з'єднати коннекторами між собою без пайки, а програма настройки була легка і зрозуміла на практично кожному, при цьому можливості цього контролера перевищували по багатьма параметрами розробки німецького Mikrokopter. Вартість цього контролера була теж високою, але простота настройки і управління, а також його надійність і можливості дозволили DJI зайняти впевнену позицію на ринку польотних контролерів [5].

Ще один значний крок в історії розвитку Мультикоптера зробили знову ж DJI-Innovations, які на цей раз випустили дешевий, надійний і доступний багатьом контролер Naza для Мультикоптера, який мав більшість можливостей попередньої професійної моделі.

Завдяки цьому використання Мультикоптера стало доступно кожному, і стала активно розвиватися аерозйомка.

## 1.2 Сфери застосування квадрокоптера

Завдяки простоті в експлуатації і маневреності квадрокоптери стають інструментом для вирішення все великої кількості. проводиться величезна кількість експериментів по інтеграції такого роду літальних апаратів в різні сфери промисловості і діяльності людини.

Дрони останнім часом отримують багато негативної критики. Нерідко публікуються новини про використання квадрокоптера з метою шпигунства і вторгнення в приватне життя людей або про випадки нанесення травм дронами. Проте, є багато корисних способів застосувати безпілотні літальні апарати авіакомпанії стурбовані можливістю дронів перебувати поблизу їх повітряних суден під час рейсів, так як це може нести загрозу. Проте, EasyJet і ряд інших авіакомпаній оцінюють використання безпілотних літальних апаратів, а саме квадрокоптера, в якості інструментів для прискорення перевірки повітряних суден при профілактичних оглядах або перед введенням судна в експлуатацію.

Сьогодні інспектування літака виконується кваліфікованими фахівцями. Оглядати внутрішні частини легко, але огляд зовнішньої обшивки може виявитися важким, і вимагає рухливих платформ, які допоможуть отримати доступ до всіх частин літака. В результаті для повної інспекції буде витрачено багато часу, яке є цінним ресурсом для авіакомпаній. Тому авіакомпанії використовують квадрокоптери, оснащені камерами високої чіткості, щоб прискорити цей процес. Квадрокоптери можуть літати навколо літаків, знімаючи фотографії високої чіткості і відео, які інженер може потім переглянути замість того, щоб застосовувати складні конструкції для отримання доступу до всіх елементів повітряного судна для огляду.

Також одним з показових прикладів є їх застосування в пошуково-рятувальних роботах. Застосування спеціалізованих дронів для пошуку рятувальними команди під час надзвичайних ситуацій ведеться на протязі декількох років.

Цьому сприяють такі можливості дронів:

- літати невисоко над землею, не уявляючи небезпеки для людей;
- маневрувати і літати в важкодоступних зонах;
- виробляти фото і відеозйомку з повітря по значно меншій ціні в порівнянні з класичними вертольотами.

Як повнорозмірні літаки, вони можуть нести камери високої чіткості і навіть тепловізійні системи, щоб допомогти знайти людей і тварин. У зв'язку з цим дрони використовуються все частіше і частіше в рамках пошуково-рятувальних робіт.

Для квадрокоптера знайшли застосування і в медицині. Microsoft проводить дослідження з використанням безпілотних літальних апаратів попередження без корисних. Дрони оснащуються пристроєм для збору комах, а потім пролітають в різних галузях, що становлять інтерес для дослідників. Дрон обертається з зібраними комахами, які потім використовуються вченими для аналізу. Результати аналізу використовуються для прогнозування спалахів в локальних областях.

Зрозуміло, сам аналіз є дуже трудомістким завданням. По-перше, дрони і пов'язані з ними пристрої збору комах не можуть відрізнити одної комахи від іншої, і не можуть зібрати тільки комарів, в яких вчені зацікавленні найбільше. Ці комахи повинні бути відсортовані вручну, і москити відібрані для досліджень. Потім, витяг зразків крові і їх аналіз є дуже складним процесом. Але, незважаючи на складність цієї методики, в недалекому майбутньому вона отримає більш широке поширення, і вчені зможуть публікувати зведення, попереджує людей, що живуть в умовах підвищеного ризику або віддалених районах, про можливість заразитися малярією та іншими загрозливими для життя захворюваннями. Це дозволить людям вжити захисних заходів, перш ніж ситуація посилиться, і станеться спалах захворювання.

Також БПЛА застосовуються для вивчення вулканів, обробка відомостей про яких дає можливість більш точного прогнозування

виверження, допомагає при дослідженні мінералів всередині і навколо лави, дослідженні газів, що випускаються вулканом, а також дозволяє дізнатися більше про ядро Землі.

Звичайно, основною проблемою при вивченні вулканів є наявність високих температур і токсичних газів. Термокостюми вирішили більшу частину цієї проблеми, але в них важко пересуватися. Отримання знімків з повітря разом з вимірами було практично неможливо, використовуючи класичну авіаційну техніку, так як ця техніка не могла літати досить близько. Тому без пілотні літальні апарати почали використовувати для аерофотозйомки вулканів і збору зразків повітря поблизу них по всьому світу. Це дозволило вченим отримати додаткові дані, а також створити більш точні віртуальні моделі кратерів вулканів. Віртуальні моделі дозволяють вченим вивчати вимірювання в кратерах з плином часу для прогнозування наступного виверження вулкану.

Квадрокоптера все більше застосування знаходять БПЛА в області безпеці і спостереження. Вони можуть швидко дістатися до зони, що охороняється і оглянути її, повністю виключаючи всі ризики для зовнішнього пілота квадрокоптера використовуються для:

- боротьби з бракон'єрами;
- охорони будівель і споруд;
- патрулювання кордонів;
- спостереження за тюремними територіями;
- спостереження за скупченнями великої кількості людей на протестах і демонстраціях;
- спостереження за ситуацією на дорогах в зонах сильно жвавого руху і повчання відомостей про ДТП.

Використання безпілотників для безпеки і спостереження стає популярним, в зв'язку з чим кількість компаній, що спеціалізуються на цьому, зростає з кожним днем.

Квадрокоптери починають все більше і більше використовувати при видобутку корисних копалин. Дрони запускаються для виконання завдань, які є важкими або небезпечними для працівників. Як і в інших галузях промисловості, безпілотні літальні апарати виявляються дуже цінними при інспектуванні інфраструктурної частини гірничодобувної системи.

Дрони витісняють застосування «ручної» перевірки і дорогих в експлуатації вертольотів при регулярних оглядах таких об'єктів, як лінії електропередач, дороги і обладнання.

Щоб забезпечити безпеку співробітників кар'єрів, безпілотні літальні апарати також використовуються для періодичної перевірки потенційно небезпечних зон, таких як стіни ям і входи в шахти.

Квадрокоптера також можуть бути використані для складання карт і моделювання, що має велике значення для гірничодобувних компаній, причому застосування безпілотних літальних апаратів в цій області забезпечує більш точні карти і моделі, і набагато дешевше в порівнянні з традиційними методами.

Можливо, саме фермерська індустрія більше всіх дозріла для застосування безпілотних літальних апаратів. Наприклад, завдяки GPS, квадрокоптер може облетіти ферму і відстежити ділянку, на якому не вистачає зрошення або поживних добрив. Потім, він відправить точні координати господареві, який за допомогою трактора проведе його добриво. Або якщо розглядати цю задачу більш глобально, квадрокоптер може сам провести обробку поля, облетівши всю його площу. Також БПЛА застосовуються, наприклад, для моніторингу апельсинових дерев на предмет наявності хвороб, небезпечних для цитрусових.

Це далеко не повний список можливих способів застосування квадрокоптер, проте він наочно демонструє їх універсальність для вирішення завдань найширшого спектра.

### 1.3 Можливості квадрокоптера

Використання квадрокоптера в таких сферах, як моніторинг довкілля, сільське і комунальне господарство, побутова сфера і дозвілля, ліквідація наслідків техногенних аварій, аерофото і відеозйомка.

Можливі завдяки ряду можливостей квадрокоптера, що дає їм перевагу по відношенню до інших видів безпілотних літальних апаратів.

#### 1.4.1 Базові можливості

У базовій комплектації квадрокоптера володіють наступними можливостями:

- піднімати на висоту до 5 кілометрів корисне навантаження вагою до 7 кг. в якості корисного навантаження може бути фото, відеообладнання, датчики, тепловізори, листівки для оповіщення населення про надзвичайні події;
- зависати на заданій оператором висоті з можливістю її плавного збільшення і зменшення;
- переміщатися в усіх напрямках зі швидкістю до 110 км / год на відстань до 12000 метрів;
- перебувати в повітрі в межах від 7 до 50 хвилин - залежить від конфігурації апарату і його корисного навантаження;
- експлуатуватися в широкому діапазоні температур зовнішнього повітря від 30С до 55С, а також при швидкості повітря до 20 м / с.

#### 1.4.2 Можливості при розширеній апаратній базі

При оснащенні апарату додатковим обладнанням, крім вище перерахованих можливостей, апарат здатний:



- здійснювати автономний політ по маршруту, позначеному точками на карті з зупинками в даних точках на заданий оператором час, із заданою точністю утримання позиції;
- утримувати задану оператором висоту і положення;
- повертатися до місця зльоту від будь-якої точки маршруту і від будь-якого утримуваного положення;
- здійснювати політ із зафіксованою в певному напрямку віссю апарату;
- трансляція відеопотоку з борта апарата, для візуального контролю місцевості з борта апарата.
- наявність можливості телеметричного контролю оператором на землі всіх параметрів летить апарату (його положення за координатами GPS, заряд батареї, струм споживання, витрачена ємність батареї, польотний час, орієнтацію по сторонах світу, кількість супутників в системі GPS);
- дані виводяться на екран РС з можливістю втручання в параметри, а також у вигляді накладеної текстової інформації на відео потік з борта апарата;
- запуск виконавчого механізму на борту апарату по команді з землі.

#### 1.4.3 Можливості при введенні додаткових програмних компонентів

При оснащенні апарату додатковим програмним забезпеченням, крім вищевказаних можливостей, апарат здатний:

- здійснювати автономний політ по маршруту, позначеному точками на карті з зупинками в даних точках на заданий оператором час, із заданою точністю утримання позиції і на заданій висоті, а також фіксація осі апарату на заданий об'єкт, що дозволяє знімати об'єкт при обльоті його по точках в повністю автоматичному режимі;

- реагувати на події, серед яких, розряд батареї, перевищення дистанції або висоти, втрата зв'язку з оператором. Реакцією може служити повернення на місце зльоту;
- здійснювати запис траєкторії польоту з супутніми параметрами на карту пам'яті;
- виводити голосові повідомлення на комп'ютер, який є наземної станцією, про найбільш критичних параметрах серед яких, розряд батареї, перевищення дистанції або висоти, втрата зв'язку з оператором, польотний час, дистанція до будинку і до мети;
- управляти наземним поворотним механізмом з базовими спрямованими антенами для здійснення кращої радіозв'язку з рухомих об'єктом;
- компенсувати гіроскопічними стабілізованою підвісом фото і відеообладнання нахилу літаючої платформи в 4-х напрямках, для забезпечення горизонтальності знімків і відеозйомки.

Можливості конкретного квадрокоптера багато в чому залежать від характеристик системи управління. На сьогоднішній день існує великий вибір польотних контролерів з різними характеристиками і в широкому ціновому діапазоні. Вибір електроніки залежить від того, вирішення яких завдань покладається на квадрокоптер.

#### 1.4 Висновки до першого розділу

Багато області науки і промисловості вимагають наявності гнучкого інструменту, що володіє великою кількістю функцій, для виконання найрізноманітніших завдань.

У зв'язку з цим особлива увага приділяється розробці польотних контролерів, що представляють собою систему управління квадрокоптера. Вони повинні бути надійними, мати малі масо-габаритні показники, високу

потужність, можливість адаптації алгоритмів польоту для вирішення поставлених цілей.

Поєднання цих вимог призводить до того, що польотні контролери мають високу цінову категорію (сотні доларів), але виробники стараються забезпечити контролер максимальною кількістю функцій при меншій вартості. При вирішенні різного роду завдань і організації технологічних процесів необхідно в умовах обмежених апаратних ресурсів забезпечити максимальну продуктивність, що веде до пошуку способів найбільш ефективно використовувати апаратуру.

В цілому вимоги до системи управління квадрокоптера можна сформулювати так:

- гнучкість – система повинна мати можливість легкого перепрограмувати під інший тип виконуваних для квадрокоптера робіт;
- універсальність – система може підходити до різних типів мультимоторних БПЛА, з урахуванням найменшої часу настройки;
- невисока вартість – система повинна бути легко доступна на ринку, з метою масового використання.

## РОЗДІЛ 2

### ОГЛЯД АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ

#### 2.1 Огляд контролерів

Існує велика безліч польотних контролерів, проте необхідно визначити та проаналізувати, який з них краще підходить для вирішення поставлених завдань. Перед тим як зробити порівняння польотних контролерів, варто назвати які найбільш часто згадуються в літературі [3, 5, 6] (див. табл. 2.1).

*Таблиця 2.1*

#### Моделі польотних контролерів

Польотні контролерри	Країна	Виробник	Конструкція	Ціна, грн
SP Racing F3 EVO	Китай	ReadyToSky	Моноблок; без корпусу	410
NAZE32	Японія	MultiWii	Моноблок; без корпусу.	410
MultiWii	Японія	MultiWii	Моноблок; без корпусу.	450
Lite V1.0;				
DJI Naza-M Lite	Китай	DJI	Моноблок; в корпусі.	2543
Pixhawk 3DR.	США	3DR	Моноблок; в корпусі.	2963

Є три найбільш поширених типи застосування БПЛА: спортивний політ, автономний політ і політ з відеозйомкою [4].

На основі аналізу типів застосування специфікації польотних контролерів, виявляються деякі важливі особливості, які є принциповими при виборі польотного контролера.

## 2.2 Порівня спеціфікацій контролерів

Основні технічні характеристики польотних контролерів наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

### Технічні характеристики польотних контролерів

Контроллер	Особливості	Застосування
SP Racing F3 EVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Підключення до 6 колекторних моторів (до 10А на канал);</li> <li>• Підтримує прошивку CleanFlight, BetaFlight; Крихітні розміри і вага;</li> <li>• Підтримка приймачів SBUS, PPM, DSM;</li> <li>• Підтримка живлення системи 1-2S (вибирається перемичкою);</li> <li>• Послідовний порт UART2, UART2, UART3, з висновком зовнішнього живлення до 500мА;</li> <li>• Вбудований датчик напруги батареї і вихід для буззера.</li> </ul>	Спортивні польоти
NAZE32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 вхідних радіоканалів;</li> <li>• вбудований перетворювач даних телеметрії FrSky;</li> <li>• 32-бітний процесор STM32;</li> <li>• (3.3V / 72MHz).</li> </ul>	Спортивні польоти

MultiWii Lite V1.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FTDI / UART TTL роз'єм для налагодження, завантаження програмного забезпечення або підключення ДК-дисплея;</li> <li>• I2C інтерфейс для зовнішній датчиків;</li> <li>• Окремі регулятори напруги для 3.3 і 5В;</li> <li>• MPU6050 осьовий інерційних датчик;</li> </ul>	Автономний політ
DJI Naza-M Lite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• інтелектуальний контроль орієнтації;</li> <li>• вбудовані функції стабілізації механізованих підвісів;</li> <li>• підтримка Sbus і PPM;</li> <li>• можлива зміна параметрів системи віддалено під час польоту.</li> </ul>	Відеозйомка
3DR Pixhawk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 32-бітний процесор ARM Cortex M4;</li> <li>• працює під управлінням операційної системи NuttX;</li> <li>• 14 вихідних каналів ШІМ;</li> <li>• microSD карта пам'яті для запису даних польоту;</li> </ul>	Автономний політ

Відеозйомка польоту вимагає контролер, який забезпечує плавний рух. Автономний політ вимагає наявність контролера з відкритим вихідним кодом, щоб користувач міг змінити ті чи інші особливості польоту квадрокоптера.

Спортивні польоти можуть бути реалізовані при наявності польотного контролера, який задовольняє вимогам по швидкості реагування. Контролери також не повинні коштувати дорого.

### 2.3 Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3B+

Raspberry Pi – одноплатний комп'ютер розміром приблизно з банківську карту, спочатку розроблявся як бюджетна система для навчання інформатики, що згодом одержав набагато більш широке застосування [7, 8] і розповсюдження (див. рисунок 2.1).



Рис. 2.1 Raspberry Pi 3B+

Випускається Raspberry Pi в декількох версіях, дані про яких наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

### Моделі Raspberry Pi

Моделі	Процесор	Частота	ОЗП	GPIO	USB	Ціна, грн
Zero	ARM1176JZ-F	1GHz	512 Мб	40 пінів	1 порт miniUSB OTG	137
2B	ARM Cortex-A7	900MHz	1 Гб	40 пінів	4 порти	906
3A+	ARMCortex-A53 x64	1.5 GHz	512 Мб	40 пінів	1 порт	616
3B+	ARMCortex-A53 x64	1,4GHz	1 Гб	40 пінів	4 порти	870
4B	ARMCortex-A72 x64	1.5 GHz	1-4 Гб	40 пінів	4 порти	870

Для пропонованого польотного контролера обраний комп'ютер Raspberry Pi 3 B+.

На відміну від інших має характеристики:

- розміри 85 × 56 × 17 мм;
- маса 45 гр;
- напруга живлення 5В;
- споживаний струм 700-1500 мА в залежності від підключеного периферії.

Відеосигнал можливо реалізувати через роз'єм RCA або через цифровий порт HDMI.

В даній моделі Raspberry Pi 3B+ є можливість підключення за допомогою портів GPIO. Тому ця модель комп'ютера може управляти різними пристроями. У моделі «B» 26 портів, а в моделі «3B +» і «2B» 40 портів GPIO.



При роботі на частоті 700 МГц (за замовчуванням), перше покоління Raspberry Pi забезпечив реальну продуктивність приблизно еквівалентно 0,041 GFLOPS. Графічний процесор забезпечує 24 GFLOPS продуктивності.

Raspberry Pi 2 заснований на Broadcom BCM2836, який включає в себе чотирих ядерний процесор Cortex-A7 з тактовою частотою 900 MHz і 1 Гб оперативної пам'яті. Він в 4-6 разів потужніший, ніж його попередник. Графічний процесор замінений не був.

Пристрій живиться через порт мікро-USB від джерела 5V. скільки точноструму потрібно Raspberry Pi залежить від того, що буде до нього підключатися.

Найчастіше застосовуються джерела живлення на 1200 мА.

Як правило, модель 3В+ споживає 700-1000 мА в залежності від того, які периферійні пристрої підключені; Максимальна споживана потужність Raspberry Pi може досягати 1 ампера.

Споживання потужності збільшується в міру використання різних інтерфейсів на Raspberry Pi. Виходи GPIO можуть безпечно споживати 50мА, розподілених по всім контактам; одиночний GPIO контакт може безпечно використовувати 16 мА. Цифровий порт HDMI використовує 50мА, модуль камери вимагає 250мА, підключені клавіатури і миші можуть споживати від 150мА до 1500мА.

Raspberry Pi дозволяє програмувати GPIO, щоб взаємодіяти з реальним світом. Вхідні сигнали можуть надходити з датчика або від іншого комп'ютера або пристрою.

Вихідний сигнал може використовуватися для різних цілей від включення світлодіода до передачі даних на інший пристрій.

Якщо Raspberry Pi знаходиться в мережі, ви можете управляти пристроями, які підключені до нього, з будь-якої точки світу, і ці пристрої можуть передавати данні назад.

## 2.4 Польотний контролер NAVIO 2

Navio 2 є платою розширення для Raspberry Pi A + / B +, завдяки якій Raspberry Pi знаходить повну функціональність польотного контролера (див. рис. 2.2 ).



Рис. 2.2. Польотний контролер NAVIO 2

Navio 2 був розроблений для призначених для користувача робототехнічних проектів і в якості платформи для Linux версії APM (ArduPilot). APM це платформа для без пілотних літальних апаратів з відкритим вихідним кодом.

Navio 2 також може забезпечувати WiFi або 3G з'єднання, необхідно тільки підключити відповідний адаптер в порт USB, стискати відео з камери або навіть запускати програму розпізнавання зображень. Navio 2 дозволяє управляти усіма видами рухомих роботів: автомобілями, човнами, літаками, мультикоптерами [9]. Для отримання точних знань про становище і орієнтації Navio 2 оснащена інерціальним вимірювальним пристроєм GPS, ГЛОНАСС, Beidou приймачем (див. рис. 2.3 ).

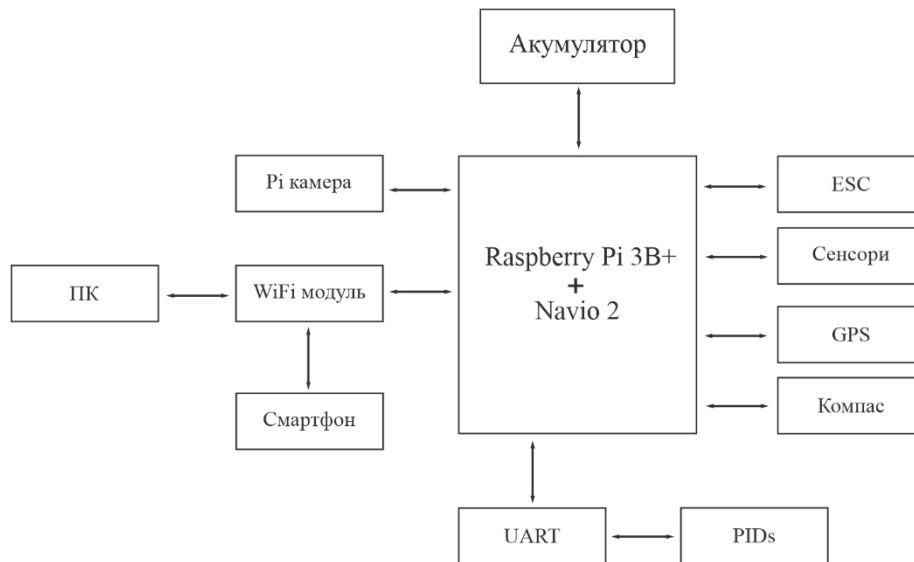


Рис. 2.3. Блок схема контролер NAVIO 2, Raspberry Pi 3B+

На борту Navio 2 знаходяться:

- вимірювальний пристрій з дев'ятьма ступенями свободи;
- MPU9250, LSM9DS1;
- барометр MS5611;
- GPS, Глонасс, Beidou;
- АЦП ADS1115;
- FRAM-пам'ять MB85RC;
- ШІМ генератор PCA9685;
- RGB світлодіод;
- 12 вихідних каналів ШІМ.

Navio 2 використовує добре зарекомендувала себе платформу APM і може працювати в різних режимах польоту, включаючи ручне управління, режим стабілізації, режим переслідування і автоматичний режим. Код виконується безпосередньо на Raspberry Pi в режимі реального часу Linux ядра, і можливість запускати кілька додатків разом.

#### 2.4.1 ШІМ генератор

PCA9685 - генератор ШІМ на Navio 2, який може бути використаний для управління сервоприводами і світлодіодами.

Він має:

- 16 каналів з окремим управлінням;
- 12-бітове дозвіл;
- змінювати частоту;
- можливість використовувати I2C на частоті до 1 МГц;

PCA9685 тактується генератором 24.576MHz TCXO і дозволяє змінювати частоту за допомогою реєстра PRE\_SCALE.

#### 2.4.2 Інерційний вимірювальний пристрій

MPU9250 є одним з кращих інерційних датчиків в своєму класі, який поєднує в собі гіроскоп, акселерометр і магнітометр в одному пристрої.

Сімейство датчиків MPU є не тільки популярним в складі польотних контролерів для БПЛА, але також широко використовується в таких пристроях, як мобільні телефони, планшети.

#### 2.4.3 Приймач GPS

На бору Navio 2 розташовується GPS приймач NEO-M8N. цей приймач володіє найбільшою функціональністю в сімействі NEO-M8 і має кращі показники за такими параметрами як чутливість (-167 дБм), енергоспоживання (22 мА в режимі безперервного пошуку супутників) і швидкість оновлення навігаційної інформації. Підключається NEO-M8N по SPI, відправляє повідомлення, що містять інформацію про місцезнаходження.

#### 2.4.4 Аналого-цифровий перетворювач

ADS1115 є прецизійний аналого-цифровий Перетворювач (АЦП) з дозволом 16 біт. Дані передаються через послідовний інтерфейс I2C. ADS1115 може виконувати перетворення зі швидкістю до 860 вибірок в секунду. І великі і малі сигнали можуть бути виміряні з високою роздільною здатністю в діапазоні від 156mV до 3,3. ADS1115 також має вхідний мультиплексор, що забезпечує два диференціальних або чотири не симетричних входи. ADS1115 працює або в режимі безперервного перетворення, або в режимі одиночної вибірки.

#### 2.5 Функціональне призначення польотних контролерів

Головною відмінністю польотних контролерів, основним застосуванням яких є спортивні польоти, полягає в здатності забезпечувати маневреність літального апарату. Але ці контролери не призначені для автономних переміщень апарату або при виконанні відеозйомки .

Вони не мають компаса і барометра, що унеможливорює реалізацію функції утримання висоти, і не мають GPS модуля, через що БПЛА не здатен виконувати політ по заданих точках на карті або повертатися в точку при зниженні рівня заряду акумулятора. Таким чином, контролери для спортивних польотів непридатні для вирішення більш серйозних завдань.

Функціональність контролерів, цільовим призначенням яких є польоти з відеозйомкою, мають більший функціонал в порівнянні з контроллерами попереднього класу. Вони використовують більш складні алгоритми стабілізації польоту, що забезпечує плавний рух БПЛА.

Також програмні компоненти доповнені модулями, що дозволяють «накладати» дані телеметрії (про стан заряду акумулятора, про висоту польоту) на відеоряд, що дає повне уявлення про характеристики літального апарату і власне польоту, і модулями, що реалізують функції проходження за зйомки або обльоту його по колу заданого радіуса при збереженні орієнтації об'єктива на об'єкт.

Вони здатні забезпечувати як відеозйомку, так і виконання технологічних процесів. Основні можливості таких контролерів:

- автоматичний зліт і посадка;
- самостійний політ по заданих точках на мапі;
- функція failsafe – набір дій при розряді акумулятора, перешкоди, або втрати зв'язку з наземною станцією;
- програмовані кордону, за які дрон не може вилетіти;
- режими утримання висоти і позиції;
- обліт заданої площі;
- можливість підключення додаткових периферійних пристроїв.

Контролери для автономних польотів є найбільш багатофункціональними і дорогими (див. таблицю 2.2), хоча є й винятки. Наприклад, контролер MultiWii Lite V1.0 має вартість близько 700 грн і здатний здійснювати політ по заданих точках на мапі. Однак набір його функцій сильно обмежений (немає функції failsafe, польоту над заданою площею, автоматичного зльоту і приземлення), і використовуються електронні компоненти дуже чутливі до вібрацій, що відбивається на показаннях датчиків.

Одним з лідерів серед польотних контролерів для автономних польотів є 3DR Pixhawk. Він функціонує під управлінням операційної системи реального часу NuttX, що дозволяє змінювати програмні компоненти системи і вносити правки в гнучку систему даних польоту. Pixhawk володіє всіма перерахованими вище функціями контролерів свого класу.

Завдяки тому, що Navio 2 функціонує під управлінням операційної системи на основі ядра Linux і є можливість вносити правки в програмне забезпечення, функціонал контролера може розширюватися користувачем.

Navio 2 має всі переваги польотних контролерів для автономних польотів і здатний виконувати всі необхідні для цього функції. При цьому перевагою перед іншими контролерами є наявність портів інтерфейсу USB, які дозволяють здійснювати зв'язок з великою кількістю пристроїв. Наприклад, до Navio 2 можна підключити систему комп'ютерного зору, що дозволяє вирішувати широкий спектр завдань.

Для літальних апаратів, керованих дистанційно, в першу чергу застосовується управління по радіоканалу за допомогою пульта ручного керування. При цьому відбувається завдання декількох параметрів руху (наприклад, кутів крену, тангажу і ристання, висоти польоту) і впливу на додаткові механізми (наприклад, на підвіс з камерою). Тому всі сучасні системи радіоуправління є багатоканальними.

Пакети сигналу радіоканалу мають фіксовану довжину, і містять інформацію відразу про кілька каналів у вигляді послідовності імпульсів.

Обробка даних, що надходять повністю лягає на польотний контролер і в більшості випадків виконується бортовим процесором.

Контролер Navio 2 має контакт для підключення радіоприймача з метою передачі комбінованого сигналу. Цей контакт безпосередньо пов'язаний з одним з контактів GPIO порту Raspberry Pi, тому про його стан можна дізнатися, зчитуючи регістр GPIO, який містить інформацію про всі контакти. Кожен пакет радіосигналу має фіксовану довжину 20 мс, і щоб здобути достовірні дані про кожному каналі, необхідно зчитувати стан ніжки GPIO кожену мікросекунду.

Програмна реалізація циклу зчитування з такою частотою позбавлятиме центральний процесор можливості виконувати інші ресурсомісткі завдання.

Щоб позбавити центральний процесор Raspberry Pi від необхідності регістра GPIO з високою частотою, як було проаналізовано найкращим рішенням буде скористатися контролером прямого доступу до пам'яті (DMAC), який є частиною процесора Raspberri Pi . Його завданням в даному випадку є пересилання даних з регістра GPIO в виділений буфер пам'яті кожену мікросекунду. Таким чином, буфер буде заповнений інформацією про поточний стан пакету сигналу, що надходить з приймача, і CPU може обробляти вже накопичені дані з меншою частотою (1 кГц).

## 2.6 Регулятор обертів двигуна

При дослідженні регуляторів обертів двигуна серія Skywalker яка розроблена в основному для літаків [3], але також чудово працює з моделями дронів. Регулятори двигуна підходять для додатків RTF та для новачків, щоб збільшити продуктивність або мати спрощений запуск (див. рисунок 2.3).



Рис. 2.3. Регулятор обертів двигуна

Особливості:

Функція безпеки: Незалежно від положення дросельної заслінки, мотор не буде крутитися після підключення акумулятора.

Функція калібрування дросельної заслінки: Діапазон дросельної заслінки може бути відкалібрований таким чином, що буде сумісний з різними передавачами.

Підтримуються кілька програмних методів: паличка передавача, карта програми LED, дуже легко запрограмувати ESC вдома або на політному майданчику, сумісний з акумулятором Lipo та NiMH.

Терміни можна змінити, щоб вони підходили для різних безщіткових двигунів.



Повний захист: Захист від відключення низької напруги, захист від перегріву, захист від втрати сигналу дросельної заслінки.

Специфікації:

Вихід: безперервний 80А, 100А до 10 секунд.

Вхідна напруга: 2-6S Lipo, 5-18 комірок NiMH.

ВЕС: 5А / 5V Режим перемикання ВЕС.

Частота оновлення сигналу дросельної заслінки: від 50 Гц до 432 Гц.

Максимальна швидкість: 210000 об / хв для 2-х полюсних безщіткових двигунів, 70000 об / хв на 6 полюсів безщіткових двигунів, 35000 об / хв на 12 полюсів безщіткових двигунів.

Розмір: 68 мм x 38 мм x 12 мм Вага: 82 г.

## 2.7 Безщітковий двигун для дрона

Двигун серії EMAX GT забезпечує високу продуктивність і низьку температуру.

Мотори серії GT мають кращу сумісність з більш різними регуляторами швидкості та гвинтами, серія GT використовує імпорتنі підшипники, порівняно з іншими серійними двигунами, більш точна, легша у вазі та вища за ефективністю. (див. рисунок 2.4).



Рис. 2.4. Безщітковий двигун для дрона

Технічні характеристики: Тип: GT2215 / 09.

Тип: GT2215 / 09.

RPM / V: 1180 RMP / V.

Вага: 70 г Розмір: 28,5 мм (Діа) x 33,5 мм (Довжина)

Діаметр вала: 4 мм. Максимальна тяга: 1100 г.

Номер комірки: 2-3S Ліро.

Рекомендований розмір опори: 11x3 .8 10x4.7.

## 2.8 Висновок до другого розділу

Проведено аналіз властивостей які серійно випускаються польотних контролерів, як було проаналізовано найкращим рішенням будуть ті контролери, що розширюють функціональність за рахунок застосування контролера прямого доступу до пам'яті, що є частиною процесора Raspberry Pi 3B+.

Показано переваги польотного контролера Navio 2 перед іншими контролерами для автономних польотів. Модульна конструкція даного контролера дозволяє нарощувати його апаратну базу, розширюючи продуктивність.

Navio 2 здатний виконувати польотні місії по заданому маршруту, але при цьому має недостатній набір апаратних засобів, щоб реалізувати традиційний метод (метод з використанням переривань) обробки даних, надходять по радіоканалу.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЦЕС ОБ'ЄДНАННЯ РОЮ ДРОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТНО – ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 3.1 Рій дронів

Під «роєм» роботизованих пристроїв прийнято розуміти групу з кількох машин, що діють в рамках загального завдання [10, 11]. Такий рій може відрізнятися за ступенем автономності своїх елементів, по їх спеціалізації (зустрічаються гомогенні і гетерогенні групи, що складаються, відповідно, з однотипних або різних «учасників»), за рівнем взаємодії роботів (в ряді випадків у «рою» є центральний комп'ютер, керуючий окремими пристроями, а іноді машини орієнтуються в просторі, враховуючи виключно своє місце розташування відносно інших елементів рою).

Переваги технології очевидні – при бажанні, масштаби «рою» можна змінювати, збільшуючи або зменшуючи число елементів, а в разі будь-яких проблем, втрата одного з пристроїв не буде настільки критичною, як у випадку з єдиним дорогим і високотехнологічним апаратом. При цьому «рій» може покривати значну територію - наприклад при пошуку людей чи моніторингу сільськогосподарських угідь. Три базових правила, що регламентують поведінку дронів в групі - поділ, вирівнювання і згуртованість.

Множаться приклади оригінального використання груп безпілотників – наприклад, для створення барвистих світлових шоу.

#### 3.2 Розробка рою дронів

Було проаналізовано проєкт з управління групою з пари дронів на яких використовуються, контролери Raspberry Pi 3B+ і приймачі.

Програмне забезпечення ArduPilot модифіковано таким чином, щоб контролер міг знімати дані про місцезнаходження дрона в просторі з автопілота Navio 2 і 4 рази в секунду передавати ці дані в ефір, щоб учасники «рою» могли коригувати своє становище в «строю» що до «ведучого» і «сусідів».

Найбільш проста методика [9], яка використовується при управлінні роєм безпілотників зводиться до управління одним апаратом.

Решта дронів при цьому утримують позицію щодо сусідів. Для позиціонування використовуються GPS системи, проте дрони обмінюються один з одним типовими даними, а саме:

- своїми GPS-координатами;
- параметром похибки DOP (зниження точності в горизонтальній площині) в метрах, багато GPS-приймачів визначають його самостійно;
- даними про вектор руху.

Кожен учасник рою постійно коригує курс з урахуванням отриманих даних. Наприклад, якщо бажана відстань між двома БПЛА становить 10 м, а похибка утримується в рамках одного метра, безпілотники не здійснюватимуть ніяких додаткових дій. Це триватиме доти, поки дистанція не скоротиться до 8 або не збільшиться до 12 метрів (похибка стосується кожного апарату і, відповідно, враховується двічі). Функція введення поправок в курс БПЛА не повинна бути лінійною - чим вище відхилення від курсу, тим жорсткіше повинно бути коригування.

Деякі алгоритми можуть переривати стандартні процеси коригування наприклад, в разі посадки. Логіка може бути різноманітною. Дрони передають один одному свої координати і «вирішують», який з апаратів знаходиться ближче інших до однієї з точок «безпечної посадки». Після цього вони сідають один за іншим, причому кожний наступний очікує сигналу від попереднього, що підтверджує факт приземлення.

Найпримітивніший спосіб маневрування зводиться до обертання кожного дрона навколо осі z при збереженні дистанції між апаратами.

Більш складні маневри враховують місце розташування дрона в формації [10].

Кожен БПЛА містить параметр, який може змінюватися користувачем, який визначає відстань кожен дрон повинен підтримувати від інших дронів. Реалізація цієї поведінки на технічному обслуговуванні на відстані передбачає два простих принципи, перелічені нижче.

- Якщо дрони занадто далеко один від одного, вони повинні автономно просуватися ближче.

- Якщо дрони занадто близько один до одного, вони повинні автономно рухатися далі один від одного.

Завдяки цьому поведінка з технічного обслуговування на відстані вбудована в дрони, більш складні та елегантні форми поведінки легко слідуватимуть. Деякі приклади складної поведінки будуть більш детально розглянуто далі.

Для здійснення цього було розглянуто кілька варіантів поведінки. RSSI вважався можливістю оцінювати відстань між коперами, але його краще не використовувати оскільки RSSI досить галасливий. Сонар – ще один потенційний варіант де кожен дрон міг скласти карту об'єктів, що знаходяться поблизу та на їх відстані. Однак максимального діапазону доступних сонарих пристроїв недостатньо для цього додатка, і зазвичай вони становлять приблизно від 5 до 11м. Технології комп'ютерного зору можна використовувати, кожен коптер може оглянути оточуючих дронів за допомогою бортової камери. Однак це може стати набагато складніше і дорого, тому що нам знадобляться камери для зйомки всіх напрямків з кожного дрона.

Натомість методика, яка використовується, зосереджена навколо GPS координати. Зокрема, кожен дрон знає про розташування сусідніх дронів, маючи знання про свої GPS координати. Це не обходиться без власних проблем, і одна з них полягає в тому, що GPS – це не завжди надійний

фрагмент технології. З цієї причини перед кожним польотом, важливо перевірити, чи обчислювана відстань між дронами є точна.

Зміни та доповнення, внесені до прошивки та апаратне забезпечення можна розділити на два розділи: додавання способу для декількох дронів спілкуватися та проектувати як дрони повинні використовувати отримані дані для підтримання послідовної відстані один від одного.

### 3.3 Синхронізація дронів

Було встановлено, що дрони спілкувалися між собою через 2,4 ГГц бездротові приймачі. Один приймач разом із Raspberri Pi 3B+ вже вбудований, а Raspberri Pi 3B+ діяв як міст зв'язку між автопілотом Navio 2 та трансивером (див. рисунок 3.1) Протягом опису експериментів обидва дрони будуть позначатися як дрон 1 та дрон 2.

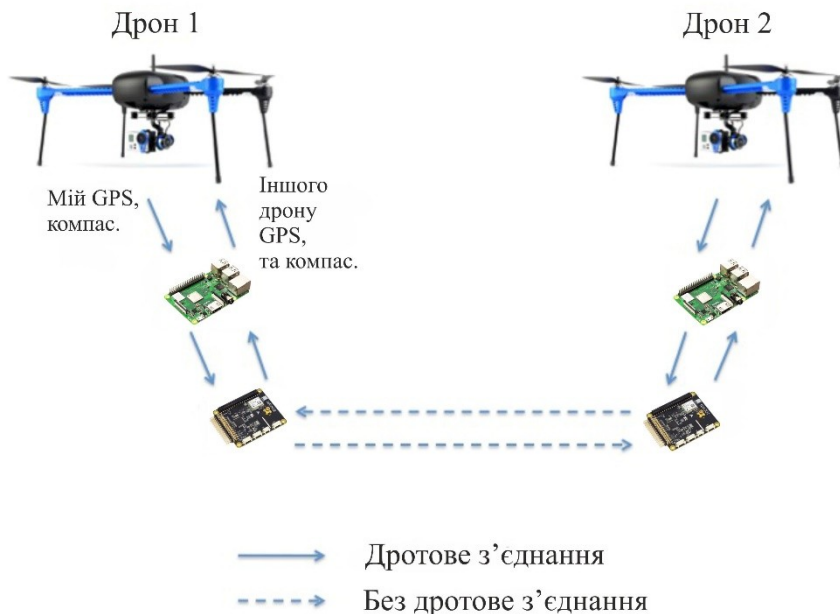


Рис. 3.1. Синхронізація дронів



У 4 Гц Navio 2 посилає дані на Raspberry Pi 3B+, Raspberry Pi 3B+ приймає отриману інформацію та надсилає його іншому дрону через приймач 2,4 ГГц. Як тільки Raspberry Pi 3B+ отримує цю інформацію, Raspberry Pi 3B+ зберігає дані і чекає, поки Navio 2 буде готовий їх прочитати(див. рисунок 3.2).

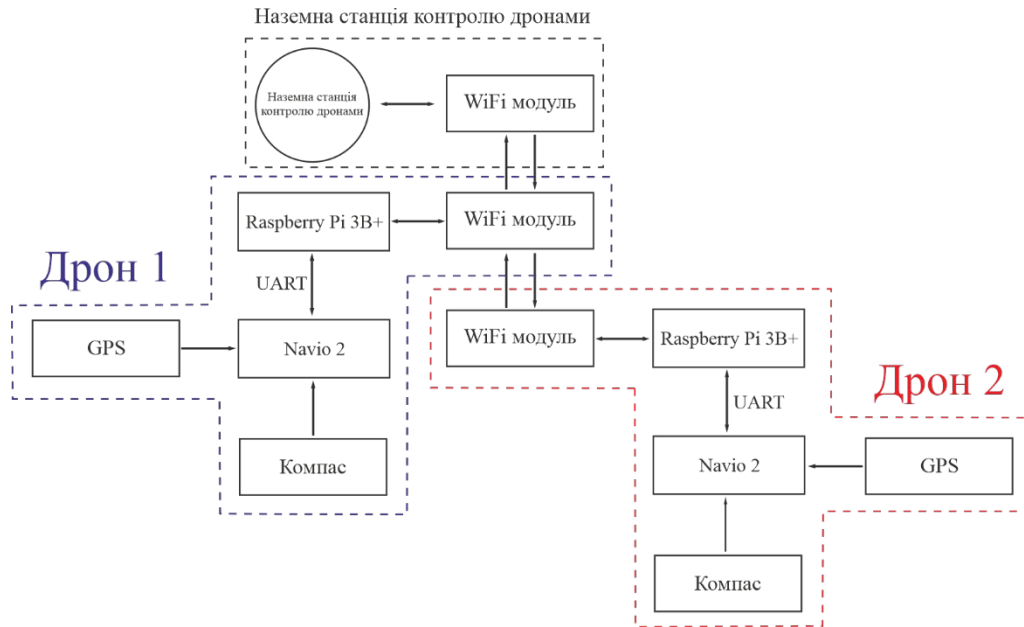


Рис. 3.2. Блок схема синхронізації дронів

Дані, які передаються до сусідніх дронів зазвичай включають таку інформацію:

- широта gps;
- довгота gps;
- висота gps;
- gps hdop1;
- орієнтація компаса;

Зображення того, як дрони спілкуються один з одним [10]. Дані спочатку передаються Raspberry Pi 3B+. Потім дані передаються через приймач 2,4 ГГц на приймач другого дрона. Хоча орієнтацію на компас не обговорювали більше того, це важлива частина, що дозволяє перевозити дрони від одного пульта дистанційного керування. Повітряні казани повинні залишатися вирівняні між собою, оскільки, наприклад, коли пілот збільшує

крок котлів, котри повинні рухатися той же загальний напрямок. Тому орієнтація на компас завжди надсилається разом з даними про місцезнаходження, щоб дрон при необхідності автоматично вирівняє їхні гвинти. У цій процедурі автоматичного вирівнювання лідером виступає один дрон тому будь-який дрон, який не є лідером, автоматично виправить його вирівнювання щоб відповідати тому, що ведучий. Крім інформації про компас, інша важлива частина поведінки на технічному обслуговуванні на відстані – GPS.

Важливо зазначити, що отримані GPS – дані вважаються дійсними якщо показник HDOP нижче 1,5 метра. Якщо дійсні дані GPS отримані з іншого дрона, то ця інформація про GPS та HDOP зберігається разом із п'ятьма останніми відповідними значеннями. Ці значення неодноразово використовуються разом з GPS координати поточного дрона, щоб переконатися, що в повітрі дрони залишаються на визначеній відстані. При розрахунку відстань між дронами, в середньому найсвіжіша. Якщо дрони знаходяться занадто далеко один від одного, потрібно знизити швидкість кроку змінюється, щоб вони рухалися ближче один до одного. Якщо дрони знаходяться занадто близько один до одного, швидкість кроку змінюється, тому вони рухатимуться далі. Його важливо зазначити, що як HDOP вказує на помилку навколо GPS – координат дрона, жодних виправлень що до позицій дронів будуть зроблені, якщо різниця між обчисленою відстані та бажаною відстаню не буде більшою ніж сума HDOP – дронів. Наприклад, припустимо бажана відстань між дронами - 10 метрів дрони мають кожен HDOP 1 метр. У цьому випадку жодних виправлень у позиції жодного з дронів не слід вносити, якщо тільки немає розрахункової відстані між ними менше 8 метрів або більше 12 метрів ( $10 \pm 2 * HDOP$ ). Крім того, сума корекції, доданої до позиції дронів, становить не лінійні щодо їх зміщення від бажаної відстані. Натомість використовується квадратна функція, щоб дрони більше штрафувалися за більші зрушення з потрібної відстані.

Використовувані дрони були зміненою прошивкою. Для того щоб поступово перевірити модифіковану прошивку, було проаналізовано ряд експериментів з успішними результатами, які описані нижче. Крім того, дрони налаштовані на підтримку відстані 10 метрів, що також було їх початковою дистанцією для кожного експерименту.

### 3.4 Наземна станція контролю дронами

Як було вже досліджено, автопілот дозволяє БПЛА діяти в автономному режимі, проте в ряді завдань потрібна взаємодія БПЛА з наземної базовою станцією, або з іншими БПЛА при польоті в групі. Це робить можливим обмін даними телеметрії в режимі реального часу між літальним апаратом і базовою станцією або між одним літальним апаратом і іншими літальними апаратами групи, динамічне перевизначення завдання під час польоту (наприклад, завдання нових шляхових точок). Для обміну даними телеметрії і відправки команд з землі, для яких час доставки не є критичним, часто використовується повільний цифровий канал. Для забезпечення ручного пілотування наприклад, при посадці, в безпілотні літаки встановлюється також приймач пульсового сигналу [8]. Слід зазначити, однак, що використання описаних інтерфейсів радіозв'язку пов'язане з рядом проблем. Перш за все швидкість передачі даних по цих каналах сильно обмежена. Енергоспоживання передавачів що скорочує час польоту БПЛА. Нарешті, в разі застосування БПЛА цивільними організаціями, часто виникає проблема ліцензування радіочастот, що сильно обмежує діапазон допустимих частот і потужність передавача. У зв'язку з цим в даний час в ряді проектів робляться спроби доповнити безпілотні системи іншими пристроями зв'язку. Таким пристроєм, є, наприклад, стільниковий модем, здатний забезпечувати досить стабільний канал цифрового зв'язку. Зона покриття стільникових мереж збільшується з кожним роком, що робить цілком можливим використання стільникового інтернету

для передачі даних телеметрії і команд при польоті над населеною місцевістю. Для передачі великих обсягів даних можна використовувати також канал, який працює по одному із стандартів сімейства 802.11 (WiFi). Слід зазначити, що модель мікрокомп'ютера Raspberry Pi 3B+ обладнана вбудованим WiFi-приймачем, і звичайно має USB-порти. Беручи до уваги, що на цьому пристрої використовується операційна система Linux, до нього може бути з легкістю підключено майже будь-які споживчі пристрої зв'язку з USB-інтерфейсом. Єдиною обов'язковою функціональністю базової станції є, мабуть, можливість з'єднання (проводового або бездротового) з автопілотом і бортовим комп'ютером для установки параметрів завдання. Для цієї мети можуть бути використані USB-порти пристроїв, проте в тому випадку, коли необхідно запрограмувати кілька БПЛА, можна використовувати також Bluetooth або WiFi-інтерфейс. Типовий пристрій базової станції – ноутбук з ПЗ, що дозволяє будувати маршрут польоту і зберігати його в автопілот, і радіомодем.

### 3.5 Проведення експериментів

Для перевірки ефективності спільної роботи та координації дронів рою доцільно використовувати набір стандартизованих експериментів. Було обрано та проаналізовано ряд експериментів [10], які пояснюють як відбувається синхронізація та керування роєм дронів.

- Експеримент 1: Вирівнювання компаса з одним нерухомим дроном на землі;

Дрон 1 стояв нерухомо на землі, тоді як автопілот керував дроном 2. Компаси двох дронів були вказані в різних напрямках. Автопілот підняв дрон 2 з землі. Коли дрон 2 був щонайменше на 4 метри вище землі, він автоматично підлаштувався, щоб вирівняти свій компас на дроні 1.

- Експеримент 2: Технічне обслуговування на відстані з нерухомим одним дроном на землі;

Дрон 1 стояв нерухомо на землі, тоді як автопілот керував дроном 2. Автопілот підняв дрон 2 від землі.

Перший автопілот перемістив дрон 2 далі від іншого дрона щоб він автоматично виправив себе і повернувся назад в межах налаштованого діапазону відстані. Потім автопілот перемістив дрон 2 ближче до іншого дрона, щоб він автоматично виправив і повернув його назад в межах налаштованої відстані.

- Експеримент 3: Технічне обслуговування на відстані та вирівнювання компаса за допомогою двох автопілотів;

Перш ніж намагатися керувати обома дронами з одного дистанційного пульта, наступний експеримент включав тестування модифікованої прошивки з 2 автопілотами, один керує кожним дроном. Компаси дронів не вирівнювалися під час їх початку на землі. Потім автопілоти підняли обох дронів з землі. Одного разу дрони піднялися щонайменше на 4 метри вище землі, дрон 1 автоматично похилився до тієї ж орієнтації, що і дрон 2. Коли другий автопілот змінить орієнтацію дрона 2 (тобто зміна орієнтації компаса), дрон 1 автоматично слідкує за відповідним оновленням компаса. Після цього перший автопілот перемістив дрон 1 далі від дрона 2, щоб підтвердити, що два дрони будуть автокорегуватись і рухатися назустріч один одному. Потім, дрони були переміщені ближче один до одного, щоб підтвердити, що дрони автокоригуватимуться, щоб перевірити що вони будуть відштовхуватися один одного.

- Експеримент 4: Технічне обслуговування на відстані та вирівнювання компаса з одним автопілотом;

Цей експеримент повторює бажану мету, де є автопілот який керує декількома дронами з єдиного пульта. І той й інший дрон 1 і дрон 2 знаходилися на землі та на віддаленому місці контролер першого автопілота прив'язаний до обох дронів, так що вони обидва відповіли б на команди

першого автопілота. Компаси дронів не вирівнювалися під час їх початку на землі. Автопілот підняв обидва дрони з землі. Одного разу дрони піднялися щонайменше на 4 метри вище землі, дрон 1 автоматично змінив позицію до тієї ж орієнтації, що і дрон 2. Коли автопілот оновлював позицію для дронів, вони будуть змінювати свої орієнтації разом, як вони отримували ту саму команду. Якщо була якась помилка щоб змусити повернути дрон і зміститися більше, ніж іншого, дрони автоматично вирівнюють, як описано в попередніх експериментах. Потім дрони пролітали навколо для підтвердження що вони залишаються в межах визначеної відстані.

На додаток до поведінки з технічним обслуговуванням, режим поведінки польоту який називається груповим поверненням на землю. Для того, щоб зрозуміти групове повернення тобто його функціональність, потрібно зрозуміти нормальне повернення на землю при польоті одного дрона. При режимі польоту дрона змінено на нормальний, дрон летить назад приземляється на своєму початковому положенні. У режимі з груповим поверненням, ця функція була трохи змінена. Замість кожного дрону, що повертається до свого початкового положення, дрони спочатку розраховують, який дрон, знаходиться в повітрі, та найближчий до якого з початкової позиції. Після цього дрони підтверджують (через приймачі 2,4 ГГц), які вони опрацювали координати така й відповідь. Якщо їх відповіді збігаються, найближчий дрон до початкового положення приземляється в цей момент, а інший дрон чекає. Після того, як приземлився перший дрон, він надсилає підтвердження іншому дрону, який приземлиться на незайняту початкову позицію.

Одне потенційне питання виникло з цією стратегією: якщо дрони будуть настільки далеко від своїх початкових позицій, що перший дрон приземлився, він буде занадто далеко від інших дронів (оскільки трансивери 2,4 ГГц обмежені в дальності). Ну, це виявилось неproblemним через низький рівень поведінки вбудованого обладнання на відстані.

Оскільки перший дрон рухався до своєї точки посадки, інший дрон пішов би для того, щоб підтримувати бажану відстань. Це ілюструє побудову в цьому поведінки дрона, оскільки це спрощує проблеми, які можуть виникнути зі складнішими способами поведінки.

### 3.6 Програмне забезпечення Raspberry Pi

Raspberry Pi працює в основному на операційних системах, заснованих на Linux ядрі. Запуск Windows можливий завдяки засобам віртуалізації ARM11 заснований на 6 версії ARM, на якому кілька популярних версій Linux більше не запускаються. Raspberry надає Debian і Arch Linux ARM дистрибутиви для завантаження, і просуває Python в якості основної мови програмування, з підтримкою BBC BASIC, C, C ++, Java, Perl, Ruby і багато чого іншого. Для установки операційних систем існує інструмент NOOBS.

### 3.7 Програмне забезпечення для управління декількома апаратами

Mission Planner програма проста у використанні та використовує дані про позицію телекерованого або літаючого дрону [10].

Інтерфейс програми виглядає наступним чином (див. рис. 3.2).

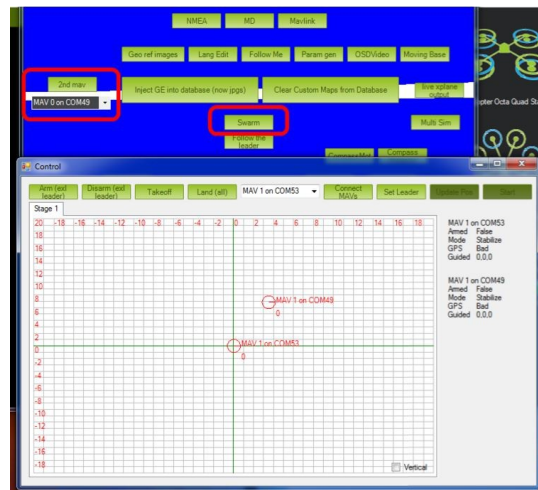


Рис. 3.2. інтерфейс програми Mission Planner

Налаштування групи досить просте оснащений кожен апарат радіопередавачем позначається «лідер» в mission planner для цього вибирається «Control-F» і вибирається опція «swarm» (рій), в ній – «set leader».

Опція «Connect MAVs» в ній ведені апарати «розтягнули» круги, що позначають БПЛА по координатній сітці, вибираючи їх положення в формації. Верхня частина сітки збігається з північчю. За командою «Start» додаток почне розсилати дані на автопілот всіх пристроїв, крім лідера.

### 3.8 Висновок до третього розділу

Було проаналізовано попередні дослідження, в яких брали участь декілька дронів, які летять разом, заздалегідь запрограмованими шляхами. Робота, що аналізується, дозволяє здійснювати політ декількох дронів з одного дистанційного пульта, даючи автопілоту набагато більше контролю над кількома дронами в режимі реального часу. Додатковою перевагою цього дослідження є те, що його можна повторити та використовувати з великою легкістю, а також з мінімальними витратами. У цьому дослідженні є багато застосувань, одне з яких – сільське господарство, де великі поля можна обробляти без необхідності заміни батарей і виконання декількох польотів,



оскільки одночасно можуть пролітати кілька безпілотників. Інший додаток - пошук та порятунок, де конкретні райони можна шукати на порядок швидше, коли безліч дронів летять разом. Якщо дрон не відповідає, дрони починають заново і перераховуватись. Однією важливою особливістю, яка може здатися корисною для автопілотів декількох дронів, є можливість дрона літати в різних формаціях. Наприклад, автопілот повинен мати можливість керувати дронами літати по лінії, або трикутнику.

Інший потенційний напрямок майбутніх досліджень може зосередитись на додаванні альтернативних методів, які можна використовувати поряд з GPS для підтримки дистанції. Використовувався GPS, щоб кожен дрон міг бути в курсі оточуючих дронів. Однак, оскільки GPS не завжди є надійним, було б досить корисно додати такі альтернативні методи, як комп'ютерний зір та сонар, на всякий випадок, якщо GPS не працює належним чином у тому місці, де використовуються безпілотники. Представлене тут дослідження є важливим складовим елементом для управління декількома дронами з одного дистанційного пульта. Найважливіша ідея, яку слід відібрати від цього дослідження, - це важливість поведінки на технічному обладнанні низького рівня. Всі інші цікаві особливості кількох дронів у польоті залежать від ефективної поведінки обладнання на відстані. Тому первинним напрямком майбутніх досліджень повинно бути забезпечення того, щоб така поведінка на обладнанні на відстані була достатньою для всіх умов, зокрема, коли GPS стає ненадійним.

## РОЗДІЛ 4

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є метою даного розділу. Даний розділ дозволяє встановити доцільність проведення науково – дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів. Саме проведення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної ефективності науково – дослідницької роботи (НДР) і прийняття рішення про її подальший розвиток та впровадження або ж недоцільність проведення відповідної розробки.

Метою дипломної роботи магістра є розробка апаратно – програмного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами.

В економічній частині дипломного проекту будуть проведені такі етапи розрахунку вартості НДР:

- описати технологічний процес розробки із зазначенням трудомісткості кожної операції;
- визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
- визначити суму матеріальних затрат;
- обчислити витрати на електроенергію для науково – виробничих цілей;
- нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
- визначити суму накладних витрат;
- скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
- розрахувати ціну НДР;
- визначити економічну ефективність та термін окупності продукту.

На основі отриманих розрахунків будуть розроблені техніко – економічні показники проектного виробництва.

Як відомо, розробка надійної і ефективної інформаційної системи вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

#### 4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції – 0,5 – 1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{\text{ес}} = \frac{(t_{\text{min}} + 4t_{\text{н.й}} + t_{\text{max}})}{6}, \quad (4.1)$$

при двох оцінках:

$$T_{\text{ес}} = \frac{(3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}})}{5}, \quad (4.2)$$

де  $T_{\text{ес}}$  – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);

$t_{\text{min}}$ ,  $t_{\text{н.й}}$ ,  $t_{\text{max}}$  – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Розробку даної інформаційної системи можна поділити на такі етапи:

- постановка задачі;
- проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням розробки апаратно-програмного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами;
- прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- аналіз математичної моделі інформаційної системи;
- проектування архітектури системи;
- розробка алгоритму роботи інформаційної системи;
- розробка макету системи координації та контролю дронами;
- написання програмного забезпечення для контролера;
- налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми;
- тестування розробленого програмного забезпечення;
- написання і оформлення документації (електронної та паперової).

Для зручного представлення і визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю 4.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 4.1

## Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ п/ п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
1	Постановка задачі	3	1
2	Проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням розробки апаратно-програмного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами	14	5
3	Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі	5	2
4	Аналіз математичної моделі інформаційної системи	12	1
5	Проектування архітектури системи	7	2
6	Розробка алгоритму роботи інформаційної системи	88	15

Продовж. таблиці 4.1

№ п/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
7	Розробка макету системи координації та контролю дронами	6	1
8	Написання програмного забезпечення для контролера	10	5
9	Налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми	5	1
10	Тестування розробленого програмного забезпечення	8	3
11	Написання і оформлення документації (електронної та паперової)	21	5
Разом		179	41

Отже, сумарний час виконання операцій технологічного процесу інженером становить 179 годин, а керівником 41 годину.

4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно – ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна заробітна плата складається із прямої заробітної плати та доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої заробітної плати. При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів в місяці слід приймати – 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_C \cdot K_G, \quad (4.3)$$

де  $T_C$  – тарифна ставка, грн.;

$K_G$  - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище – заокруглюються до однієї гривні.

Законом України “Про Державний бюджет України на 2019 рік” від 23.11.2018 р. №2629 – VIII із змінами, внесеними згідно із Законом № 2696-VIII від 28.02.2019, ВВР, 2019, № 14, ст.66 та № 149-IX від 02.10.2019, встановлено у 2019 році мінімальну заробітну плату: у місячному розмірі: з 1 січня - 4173

гривні; у погодинному розмірі: з 1 січня - 25,13 гривні. Прийmemo 65 грн. для інженера, для керівника — 81 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 81 грн./год., інженер – 65 грн./год.

Тоді скориставшись формулою 4.3 розрахуємо основну заробітну плату для інженера та керівника проекту.

Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 81 \cdot 41 = 3321 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн} = 65 \cdot 179 = 11635 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10 – 15% від суми основної заробітної плати:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot K_{додл}, \tag{4.4}$$

де  $K_{додл}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 3321 \cdot 0,1 = 332,1 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн} = 11635 \cdot 0,1 = 1163,5 \text{ грн.}$$



Звідси загальні витрати на оплату праці ( $B_{оп.}$ ) визначаються за формулою, і становлять:

$$B_{оп.} = Z_{осн} + Z_{дод}, \quad (4.5)$$

Керівник проекту:

$$B_{о.п.} = 3321 + 332,1 = 3653,1 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$B_{о.п.} = 11635 + 1163,5 = 12798,5 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна сума становить 16451,6 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб – 18%;
- військовий збір – 1,5%;
- єдиний соціальний внесок – 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5 %. Отже, сума відрахувань на соціальні заходи розраховуємо за формулою:

$$B_{с.з.} = \Phi ОП \cdot 0,415, \quad (4.6)$$

де  $\Phi ОП$  – фонд оплати праці в гривнях.

Тоді, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$B_{с.з.} = 16451,6 \cdot 0,415 = 6827,41 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

## Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/ п	Категорія працівникі в	Основна заробітна плата, грн.			Додат -кова зароб- тна плата, грн.	Нарах. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 6=3+4+5
		Тарифн а ставка, грн.	К-сть відпрацьов . год.	Фактичн о нарах. з/пл., грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
А	Б	1	2	3	4	5	6
1	Керівник проекту	81	41	3321	332,1	1516,0 4	5169,14
2	Інженер	65	179	11635	1163,5	5311,3 8	18109,8 8
Разом				14956	1495,6	6827,4 2	23279,0 2

## 4.3 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_E = W \cdot T \cdot S, \quad (4.7)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;

$T$  – кількість годин роботи обладнання;

$S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕ України від 05.10.2018 року № 1177 вартість електроенергії становить 308,25 коп./кВт·год.

Потужність ноутбука – 45Вт з підключеним маршрутизатором і комутатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 220 год.

$$Z_E = 0,045 \cdot 220 \cdot 3,0825 = 30,52 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

#### Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю грн	Затрати матеріалів грн	Транс-портно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4 ZOOM	Пачка	1	82	82	-	82
Ватман	Штук	10	10	100	-	100
Квадрокоптер	Штук	1	1499	1499	45	1544
Кабель	Штук	5	15	75	-	75
Акселерометр	Штук	1	37	37	-	37
З'єднувальні провідники	Пачка	2	15	30	-	30
Антенa	Штук	2	50	100	-	100
Разом						1968

#### 4.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення. Для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва підприємства роблять амортизаційні відрахування, тобто відрахування певних грошових сум відповідно до розмірів фізичного і морального зносу засобів виробництва.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100}, \quad (4.8)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.

$B_B$  – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.

$H_A$  – норма амортизації, %.

Для роботи використовується один ноутбук (вартість якого становить 28000 грн.), який працює 220 годин.

$$A = \frac{28000 \cdot 15\%}{100\%} = 4200 \text{ грн.}$$

#### 4.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_B = B_{O.P.} \cdot 0,2, \quad (4.9)$$

$$H_B = 16451,6 \cdot 0,2 = 3290,32 \text{ грн.}$$

#### 4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 4.4. Собівартість ( $C_B$ ) НДР розрахуємо за формулою:

$$C_B = B_{O.P.} + B_{C.З.} + Z_{M.B.} + Z_E + T_B + A + H_B, \quad (4.10)$$

$$C_B = 16451,6 + 6827,41 + 1968 + 30,52 + 4200 + 3292,32 = 32787,85 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4

## Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	У % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	16451,6	50,18
Відрахування на соціальні заходи	6827,41	20,82
Матеріальні витрати	1968	6,00
Витрати на електроенергію	30,52	0,09
Амортизаційні відрахування	4200	12,82
Накладні витрати	3292,32	10,06
Собівартість	32787,85	—

## 4.8 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.11)$$

де  $P_{рен}$  – рівень рентабельності, 30 %;

$K$  – кількість замовлень;

$ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, 20 %.

$B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн.

$$Ц = \frac{32787,85 \cdot (1 + 0,3) + 1 \cdot 7}{1} \cdot (1 + 0,2) = 51167,05 \text{ грн.}$$

Таким чином ціна рівна 51167,05 грн.

Визначимо величину прибутку за формулою:

$$П = Ц - C_B, \quad (4.12)$$

$$\Pi = 36389,28 - 27986,37 = 8402,91 \text{ грн.}$$

Згідно даної формули отримаємо 18379,20 грн.

#### 4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу. Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{\Pi}{C_B}, \quad (4.13)$$

де  $\Pi$  – прибуток;

$C_B$  – собівартість.

$$E_p = \frac{18379,20}{51167,05} = 0,36.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = \frac{1}{E_p}, \quad (4.14)$$

$$T_p = \frac{1}{0,36} = 2,77 \text{ роки.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні критеріїв, які наведено у таблиці 4.5

*Таблиця 4.5*

### Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн.	32787,85
2	Плановий прибуток, грн.	23180,68
3	Ціна, грн.	51167,05
4	Економічна ефективність	0,36
5	Термін окупності, рік	2,77

#### 4.10 Висновки до розділу

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,36 і термін окупності становитиме більше двох років (2,77 роки). Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.



## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 5.1 Охорона праці

Тематика дипломної роботи магістра пов'язана з розробкою апаратно-програмного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами. При цьому дотримання правил та норм охорони праці і вимог техніки безпеки при експлуатації апаратно-програмного засобу є невід'ємною частиною при проведенні цього дослідження.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Під час проектування і тестування програмно-апаратного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами були враховані вимоги нормативних документів галузі охорони праці, зокрема, вимоги до приміщень, освітлення, шуму та вібрацій, які викладено у НПАОП 0.00-7.15-18 “Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2-007-98 “Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин”. Згідно НПАОП 0.00-7.15-18 площа на одне робоче місце, обладнане ПК, повинна становити не менше ніж  $6,0 \text{ м}^2$ , а об'єм – не менше ніж  $20 \text{ м}^3$ .

Приміщення, де передбачається експлуатація ПК, не повинні межувати з будівлями, у яких рівні шуму і вібрації перевищує допустимі значення за нормативними документами ДСН 3.3.6.037-99, ДСН 3.3.6. 039-99. Крім цього, необхідно передбачити звукоізоляцію огорожувальних конструкцій

приміщень з ПК від шуму, що задовольняє вимогам ДСТУ 2325-93, ДСТУ 3130-95.

Для внутрішнього оздоблення приміщень з ПК дозволено використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі – 0,7, для стін – 0,6, а покриття підлоги виконують з матової керамічної плитки, коефіцієнт відбиття якої становить 0,4. При цьому потрібно забезпечити антистатичні властивості підлоги.

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з ЕОМ включають вимоги до мікроклімату, освітленості, шуму та вібрації, неіонізуючих та іонізуючих електромагнітних випромінювань та ряду інших.

У приміщеннях з експлуатації програмного засобу на робочих місцях потрібно забезпечити оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря, згідно з ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ЕОМ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам ДБН В.2.2-28-2010. Для забезпечення безпеки ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, ремонту і налагодження, електропроводи і кабелі за виконанням і ступенем захисту повинні відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження виконується як окрема групова трьохпровідна мережа, шляхом прокладки фазного, нульового робочого і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для занулення (заземлення) електронних пристроїв. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Площа перетину нульового робочого і нульового захисного провідника в груповій трьохпровідній мережі повинна бути не менше площі перетину фазного провідника.

Якщо у приміщенні, де проводиться проектування і тестування програмно-апаратного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами, одночасно експлуатується чи обслуговується понад п'ять персональних ПК, на видному і доступному місці необхідно встановити

аварійний резервний вимикач, що може цілком відключити електричне живлення приміщення крім освітлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки, крім контактів фазного і нульового робочого провідників, повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх повинна бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазного і нульового робочого провідників.

Особливо неприпустимим є підключення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження до звичайної двопровідної електромережі. Приміщення з ЕОМ повинні бути обладнані системою автоматичної пожежної сигналізації із димовими пожежними сповіщувачами з розрахунку 2 шт. на кожні  $20 \text{ м}^2$  площі приміщення. В інших приміщеннях допускається встановлювати теплові пожежні сповіщувачі. Також, приміщення повинні бути оснащені переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 1 на  $20 \text{ м}^2$ , але не менше 2 на приміщення. Підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними.

Таким чином, визначено основні вимоги охорони праці і техніки безпеки при проектуванні та тестуванні програмно-апаратного забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронами, що дало змогу при їх дотриманні забезпечити збереження здоров'я та мінімізувати негативний вплив ПК.

5.2 Стійкість роботи суб'єкта господарювання до дії проникаючої радіації і радіоактивного забруднення.

Суттєвість дослідження полягає у всебічному вивченні умов, які можуть скластися при НС, а також їхнього впливу на стійкість роботи СГ. При цьому всі розрахунки здійснюються на вражаючі фактори ударної хвилі (УХ) вибуху, та теплового випромінювання пожежі.



Оскільки вважається, якщо СГ буде стійким до впливу цих факторів, то він, в основному, буде стійким і при будь – яких інших НС (за необхідністю приймаються до уваги й інші вражаючі фактори: радіаційне забруднення місцевості, вплив НХР тощо). Мета дослідження – виявити усі вразливі місця в роботі СГ при НС та відпрацювати найбільш ефективні рекомендації з підвищення його стійкості. Дослідження здійснюється силами інженерно-технічного персоналу СГ з залученням за необхідністю науково-дослідницьких установ ПКБ.

Дослідження стійкості роботи об'єктів при НС містить три етапи:

- 1 етап – підготовчий (термін 1...2 тижні) – організація, планування, створення працюючих розрахунково-дослідницьких груп, постановка завдання.
- 2 етап – основний (до 3-х місяців) – проведення безпосередньо дослідження з оцінки стійкості роботи СГ в цілому або окремих його елементів.
- 3 етап – заключний (1...2 тижні) – узагальнення підсумків роботи та розробка переліку (плану) заходів з підвищення стійкості роботи СГ або його окремих елементів (наприклад, цеху).

Вихідними даними при дослідженні є: можливий вплив на СГ конкретні вражаючі фактори НС (якщо розрахунок ведеться для конкретного елемента дії НС); повна характеристика СГ в цілому та його окремих елементів (цехів, захисних споруд, КЕМ) (конструкція, міцність, вогнестійкість); характеристика найбільш можливих метеоумов, місцевості, де розташовані СГ сусідніх об'єктів (особливо ПНО).

Порядок проведення дослідження на першому етапі. Розробляються керівні документи, визначається склад виконавців дослідження і зорганізується їх підготовка. Основними документами для організації дослідження є: наказ керівника підприємства, календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження, план проведення дослідження. Тривалість дослідження залежить від обсягу робіт, підготовки виконавців, що залучаються до роботи. Для його проведення створюються дослідницькі групи за основними

напрямами дослідження в кількості 5...10 чол. і група керівника дослідження на чолі з головним інженером для узагальнення отриманих результатів, а також вироблення загальних пропозицій щодо підвищення стійкості роботи СГ. У підготовчий період з керівниками дослідницьких груп проводиться спеціальний інструктаж, на якому керівник СГ доводить до виконавців план роботи, завдання та терміни проведення дослідження.

Порядок проведення дослідження на другому етапі. Докладно вивчається характеристика СГ та його окремих елементів (наприклад, окремого цеху) за заводською документацією та безпосередньо на об'єкті кожною розрахунково-дослідницькою групою здійснюється інженерна оцінка елемента, що досліджується (систем, будівель, споруд і ті, тобто його відповідність вимогам ДБН), вивчається можливість впливу зовнішніх первинних та вторинних вражаючих факторів (сусідній об'єкт, стихійні лиха). Визначаються можливі вражальні фактори, що виникають при НС. Здійснюється оцінка стійкості роботи СГ послідовно з кожного виду можливого ураження. В кожному (послідовному) розділі дослідження наводяться повні розрахунки, робиться висновок, надаються конкретні пропозиції (заходи) з підвищення стійкості елемента, що досліджується. Усі розрахунки, висновки та пропозиції повинні бути аргументовані та обґрунтовані з посиланням на діючі норми та вимоги.

Порядок проведення дослідження на третьому етапі. Після узагальнення всього матеріалу досліджень розробляється зведений перелік (план) заходів з підвищення стійкості роботи СГ в цілому або його окремого цеху (елемента). На підставі цього переліку визначаються вартість втілення цих заходів, джерела фінансування, сили і засоби, термін виконання робіт. План затверджується відповідним міністерством або відомством. В плані переліку повинні міститися тільки ті заходи, що не виконані або виявлені в процесі дослідження.

Порядок оцінки стійкості роботи об'єкту до вилливу вражаючих факторів НС). Послідовно оцінюється можливий вплив кожного вражаючого фактора НС та робиться загальний висновок щодо потрібності підвищення стійкості

елемента (об'єкту), який досліджується, до впливу цього фактора. За необхідністю надаються конкретні пропозиції (заходи) з підвищення стійкості до впливу конкретного вражаючого фактора

Оцінка стійкості до впливу проникаючої радіації та радіоактивного забруднення. За критерій стійкості приймається граничне допустима доза радіації, яку можуть отримати робітники та службовці під час роботи зміни у конкретних умовах.

Послідовність оцінки: визначається сутність захисту робітників та службовців, коефіцієнт ослаблення радіації будівель та ЗС, де буде знаходитися виробничий персонал; визначаються дози радіації, які персонал може отримати від дії ПР; визначається зона РЗ, до якої може потрапити СГ; визначаються можливі рівні радіації та можливі дози опромінювання від РЗ; оцінюється ступінь герметизації виробничих приміщень; встановлюється наявність приладів, матеріалів, чутливих до впливу радіації, і ступінь їх чутливості; за необхідністю визначаються (розраховуються) режими роботи об'єкту та захисту виробничого персоналу в умовах РЗ; робиться загальний висновок та окреслюються необхідні заходи.

### 5.3 Приведення аварійно відновлюваних робіт на комп'ютерних та електричних мережах

При аваріях на повітряних комп'ютерних та електричних мережах найбільш небезпечними є електричні мережі, оскільки комп'ютерні мережі прокладаються оптоволоконними або сигнальними кабелями, які не мають небезпечних напруг. Однак комп'ютерні мережі прокладають на електричних опорах і при пошкодженні можливі обриви усіх проводів на опорах.

Аварійно відновлювальні роботи на електричних мережах проводяться після відключення напруги електромережі.



Відключення окремих ділянок електромережі застосовується з метою виключити небезпеку ураження струмом рятувальників і постраждалих при проведенні аварійно-рятувальних робіт в зруйнованих будівлях і спорудах, а також на території, що оточує їх, де пошкоджені мережі низької напруги, що живляться від високовольтної лінії, що збереглася.

Відключення проводиться шляхом перерізання проводів, виключення рубильників і масляних (повітря) вимикачів. Робота відповідну виконується кваліфікаційну 2–3 спеціалістами-електриками, групу з безпеки праці, з що мають обов'язковим використанням діелектричних рукавичок, бот (калош) і інструменту з ізольованими ручками. В умовах дощової сирієї погоди повинні застосовуватися сухі гумові килимки або дерев'яні пастили.

Відключення необхідності шляхом знеструмлення перерізання проводів окремого об'єкту застосовується (місця) при проведенні аварійно-рятувальних робіт.

Робота виконується в наступній послідовності:

- визначення місць перерізання проводів;
- проведення заходів безпеки праці;
- почергове перерізання проводів;
- ізоляція перерізаних проводів;
- перевірка відсутності напруги на відключеній ділянці (місці) робіт

за допомогою лампочки-індикатору.

Робота виконується одним спеціалістом-електриком, другий знаходиться в готовності до надання допомоги у виконанні роботи й страхує дії першого на випадок виникнення небезпечної ситуації.

Дроти перерізаються з двох сторін електролінії, кожен дріт окремо з негайною ізоляцією перерізаних кінців.

Відключення електромережі шляхом виключення рубильника проводиться при необхідності відключення електропостачання на великих ділянках ведення аварійно-рятувальних робіт.

Відключення проводиться в наступній послідовності:

- розчищення підходів до місця розташування рубильника, масляного (повітря) вимикача;
- виконання заходів щодо безпеки праці;
- відключення рубильника (вимикача);
- перевірка відсутності напруги на відключеній ділянці з використанням лампочки-індикатору.

Виключення масляних (повітря) вимикачів здійснюється в аналогічному порядку. Заземлення обірваних проводів ЛЕП проводиться з метою виключення поразки рятувальників і постраждалих електричним струмом і здійснюється за допомогою мідного крученого дроту перетином не менше 25 мм<sup>2</sup> і металевого стрижня (лому). Заземлення встановлюється по обидві сторони від місця обриву (на обох кінцях дроту).

Роботи виконуються 4–5 фахівцями – електриками з обов'язковим застосуванням діелектричних рукавичок і бот (калош), при цьому 2 людини страхують дії тих, що працюють, в готовності надати їм негайну допомогу при виникненні аварійної ситуації.

Робота включає наступні основні операції:

- уточнення місць обриву лінії й устаткування заземлень;
- підготовку місць пристрою заземлень і виконання заходів безпеки перед початком робіт;
- забивання металевих стрижнів (ломів) на глибину не менше 1 м;
- приєднання до забитих стрижнів (ломів) мідного крученого дроту, завдовжки, достатньою для з'єднання з обірваними проводами (приєднання проводиться простим закручуванням з обмоткою ізолятором);
- кріплення на кінцях мідного крученого дроту заземлюючих наконечників;
- з'єднання заземлень (заземлюючих наконечників) з обірваними проводами лінії електропередачі за допомогою ізольованої штанги.

При заземленні обірваних проводів на металевих опорах заземлення проводиться на опорі, для чого вона в місці з'єднання очищується від фарби і в цьому місці простим закручуванням приєднується заземлювач – мідний дріт. До його кінців кріплять заземлюючі наконечники, які потім накладають на лінію електропередачі, що заземлюється.

Тимчасове відновлення обірваних ліній електропередачі проводиться при необхідності забезпечити цілодобове безперервне ведення аварійно рятувальних робіт, а також в цілях життєзабезпечення населення в зоні надзвичайних ситуацій.

Залежно від характеру пошкоджень лінії електропередачі її відновлення може включати наступні технологічні операції:

- при значних пошкодженнях лінії – установка тимчасових опор, з'єднання обірваних проводів; прокладка нових повітряних ліній; прокладка тимчасових кабельних ліній;

- при незначних пошкодженнях – з'єднання обірваних проводів, прокладка окремих ділянок повітряних ліній або кабелю.

Для встановлення тимчасових опор замість пошкоджених застосовуються одностійкові дерев'яні опори з траверсами і без них.

Опори встановлюються уручну (у вириті котловани) або із застосуванням механізмів – в пробурені котловани.

З'єднання обірваних проводів проводиться при тимчасовому відновленні окремих пошкоджених ділянок мережі електропостачання.

Основні способи з'єднання обірваних проводів повітря ЛЕП:

- однодротових проводів – накладенням бандажа з тонкого дроту;
- однодротових і багатожильних проводів – скручуванням з подальшим паянням місця з'єднання;
- за допомогою овального з'єднувача і обжимання;
- за допомогою овального з'єднувача і скручування;
- за допомогою петельних затисків.

Технологія з'єднання обірваних проводів повітрі ЛЕП включає наступні операції:

- установку кінців проводів в затиски;
- обрізання кінців проводів;
- промивку, зачистку від мастила кінців проводів і з'єднувача технічним вазеліном;
- укладання кінців проводів в з'єднувач;
- кріплення кінців проводів в з'єднувачі (обтиск або скручування, стягування затискних болтів);
- підготовка підйомного пристосування (штанги);
- підйом проводів і установка їх на опори;
- кріплення проводів на монтажних роликах або траверсах.

Аварійні роботи на електричних мережах дозволяється проводити тільки після того, як електролінії будуть відключені й заземлені з обох боків.

Всі роботи з електричними проводами й сполученими з ними металевими предметами повинні проводитися з використанням захисних засобів (діелектричні рукавички, галоші, боти, що ізолюють підставки й тому подібне). Особовому складу без захисних засобів забороняється підходити до лежачих на землі електропроводів і торкатися до електротехнічних пристроїв. Особовий склад формувань, зайнятий аварійними роботами на мережах електропостачання, крім знання правил і заходів безпеки повинен уміти надавати першу медичну допомогу постраждалим від поразки електричним струмом.

5.4 Висновок до розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»

В даному розділі були розглянуті три питання:

1. Таким чином, визначено основні вимоги охорони праці і техніки безпеки.

2. Стійкість роботи суб'єкта господарювання до дії проникаючої радіації і радіоактивного забруднення.

3. Приведення аварійно відновлюваних робіт на комп'ютерних та електричних мережах.

В першому питанні розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» було визначено основні вимоги охорони праці і техніки безпеки.

В другому питанні розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» було проведено огляд стійкість роботи суб'єкта господарювання до дії проникаючої радіації і радіоактивного забруднення.

В третьому питанні розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» було проведено огляд приведення аварійно відновлюваних робіт на комп'ютерних та електричних мережах.

## РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1. Організаційні форми, види і способи статистичного спостереження в екології

Форми спостереження. У статистичній практиці застосовують дві організаційні форми спостереження: звітність і спеціально організовані статистичні спостереження.

Звітність — це форма статистичного спостереження, при якій статистичні дані надходять у статистичні органи від підприємств і установ у вигляді обов'язкових і таких, що мають юридичну силу звітів про їх роботу.

Звітність підприємств, установ та організацій є поки що основним джерелом статистичної інформації. У ній передбачається система твердо регламентованих показників, які характеризують діяльність підприємств, установ та організацій. Зміст звіту, форма і термін подання також встановлюється вищим статистичним органом. Звітність складають на основі документів первинного оперативно – технічного і бухгалтерського обліку. Вірогідність гарантується також юридичною відповідальністю керівників підзвітних підприємств та організацій.

Перелік усіх форм із зазначенням їх реквізитів називають табелем звітності.

За різними ознаками статистичну звітність поділяють на окремі види. Насамперед розрізняють типову і спеціалізовану звітність:

- типова звітність має єдину форму і зміст для всіх підприємств окремої галузі або всього народного господарства.
- спеціалізована звітність властива тим підприємствам чи окремим виробництвам, що мають свої специфічні особливості.

За періодичністю подання звітність буває тижнева, двотижнева, місячна, квартальна, різна; за способом подання - термінова (телеграфна) і поштова. Вид звітності впливає на техніку збору і зведення статистичної інформації. Удосконалення статистичної звітності на сучасному етапі відбувається у напрямі скасування термінової звітності та скорочення кількості поштових звітів.

За порядком проходження звітність поділяють на централізовану і децентралізовану:

- централізована звітність проходить через систему державної статистики, де обробляється і передається відповідним органам управління;
- децентралізована опрацьовується у відповідних міністерствах чи відомствах, а зведення подають статистичним органам.

Другою за значенням організаційною формою спостереження є спеціально організоване статистичне спостереження. Застосовують його у випадках, коли не можна застосувати звітність або скласти звітність нераціонально; коли необхідно детально вивчити явище поряд з вивченням його у формі звітності або потрібно перевірити вірогідність даних звітності.

Спеціально організоване статистичне спостереження поєднує в собі такі організаційні форми: а) перепис, б) суцільне і несучільне обстеження.

Види і способи спостереження. Різноманітність соціально-економічних явищ потребує різних видів спостереження.

Різновид спостереження визначається ознакою групування: охоптом одиниць сукупності, часом проведення, способом одержання статистичних даних.

За охоптом одиниць сукупності спостереження поділяють на суцільне і несучільне: при суцільному спостереженні обстеженню і реєстрації підлягають усі без винятку елементи сукупності; прикладами суцільного спостереження є статистична звітність, яку складають і подають державні і кооперативні підприємства чи установи, а також перепис населення;

при несуцільному спостереженні обліку підлягають не всі елементи сукупності, наприклад обстеження бюджетів населення.

Несуцільні спостереження поділяють на такі види: спостереження основного масиву, вибіркове, монографічне і анкетне:

спостереження основного масиву охоплює переважну частину елементів сукупності, обсяг значень істотної ознаки у яких визначає розмір явища. Цей метод використовують при вивченні екологічного стану регіонів.

При вибіркового спостереженні також обстежуються не всі елементи сукупності, а певна, випадково відібрана їх частина. Таке спостереження застосовують для вивчення якості природних сфер, екологічного стану НПС, забрудненості об'єктів середовища тощо;

монографічне спостереження передбачає детальне обстеження лише окремих типових елементів сукупності. До цього вдаються з метою поглибленого вивчення тих сторін екологічних явищ, які не були висвітлені масовим обстеженням;

анкетні спостереження розповсюджені в соціальних і демографічних, при вивченні громадської думки щодо різноманітних соціальних питань, таких як умови праці і відпочинку, житлові умови, організація громадського харчування тощо. Це відносно дешевший вид спостереження, але менш точний, оскільки відповіді на питання анкети дають переважно зацікавлені особи.

## 6.2. Рівні та види моніторингу навколишнього середовища

В залежності від критеріїв оцінки стану навколишнього середовища існують різні види моніторингу:

- біоекологічний (санітарно-гігієнічний);
- геоекологічний (природно - господарський);
- біосферний (глобальний);



- супутниковий;
- геофізичний;
- кліматичний;
- біологічний та ін.

Супутниковий моніторинг використовує дистанційні (незбурювальні) методи і дозволяє за космічними знімками стежити за змінами, що відбуваються на поверхні Землі та в атмосфері.

Геофізичний моніторинг передбачає виконання спостережень за забрудненням, ступенем прозорості атмосфери, метеорологічними і гідрологічними характеристиками середовища та інтерпретацію отриманих даних. Проводиться також моніторинг неживої складової біосфери, конструкцій і будинків.

Кліматичний моніторинг включає в себе моніторинг стану кліматичної системи (атмосфера – океан – літосфера – кріосфера – біота). Його метою є оцінка можливих змін клімату.

Біологічний моніторинг передбачає визначення стану біоти, її реакції на антропогенний вплив, а також функцію стану і відхилення цієї функції від нормального природного стану на різноманітних рівнях: молекулярному, клітинному, організмовому, популяційному, на рівні спільноти. Як підсистема сюди відноситься санітарно – гігієнічний моніторинг (визначення стану здоров'я людини під впливом навколишнього середовища).

Залежно від призначення здійснюється загальний, оперативний та фоновий моніторинг навколишнього природного середовища.

Загальний (стандартний) моніторинг навколишнього природного середовища – це оптимальні за кількістю параметрів спостереження в пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно – технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінки й прогнозування стану навколишнього середовища регулярно розробляти управлінське рішення на всіх рівнях.

Оперативний (кризовий) моніторинг навколишнього природного середовища – це спостереження спеціальних показників на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами - джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, що їх визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварії зі шкідливими екологічними наслідками, з метою забезпечення оперативного реагування на призові ситуації та створення безпечних умов для населення.

Фоновий (науковий) моніторинг навколишнього природного середовища - це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими навколишнього середовища, а також за характером, складом, колообігом та міграцією забруднювальних речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери в цілому. Фоновий моніторинг здійснюється в природних та біосферних заповідниках, на інших територіях, що охороняються, на базових станціях.

В залежності від масштабів об'єкта спостереження розрізняють три рівні екологічного моніторингу навколишнього природного середовища: глобальний, регіональний та локальний.

Локальний моніторинг – це коли об'єктами спостереження є окремі точки і зони, розміри яких не перевищують десятків квадратних кілометрів. Локальний моніторинг проводиться на території окремих об'єктів (підприємств), міст, на визначених ділянках ландшафтів.

Якщо об'єктами спостереження є локальні джерела підвищеної небезпеки, наприклад території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, хімічні заводи, тощо, то такий моніторинг називається імпактним.

При збільшенні масштабів спостереження до тисяч квадратних кілометрів здійснюється регіональний моніторинг.

Спостереження за загальносвітовими процесами і явищами в біосфері Землі та в її екосфері є предметом глобального моніторингу.

Цілі, методичні підходи та практика моніторингу на різних рівнях суттєво відрізняються.

Найбільш чіткий критерій якості навколишнього середовища визначений на локальному (імпактному) рівні.

Ціль регулювання тут – забезпечити таку стратегію, яка не виведе концентрації визначених пріоритетних антропогенних забруднюючих речовин за граничний діапазон, що є свого роду стандартним. Він представляє собою граничнодопустимі концентрації (ГДК). Задачею моніторингу на локальному рівні є визначення параметрів моделей "поле викидів – поле концентрацій". Об'єктом впливу на локальному рівні є людина.

Так наприклад, для ефективного контролю за забрудненням атмосфери в містах із населенням до 100 тис. доцільно мати принаймні три контрольні станції; від 100 до 300 тис. – не менше п'яти, від 300 до 500 тис. – сім. У містах з населенням понад 1 млн. передбачається 11 – 24 моніторингових контрольних пунктів. Промислові системи екологічного моніторингу контролюють викиди промислових підприємств, рівень забруднення промислових майданчиків і прилеглих до них районів.

Регіональний моніторинг організується і проводиться в межах адміністративно – територіальних одиниць, на територіях окремих економічних і природних регіонів. На регіональному рівні підхід до моніторингу заснований на тому, що забруднюючі речовини, потрапляючи в навколишнє середовище, розсіюються, включаються в колообіг речовин в біосфері. Внаслідок цього змінюється стан абіотичної складової навколишнього середовища, і як наслідок, виникають зміни в біоті (екзогенні сукцесії). Кожен господарчий захід, який відбувається в масштабі регіону, відображається на регіональному фоні – змінює стан рівноваги абіотичної та біотичної складової.

Національним називають екологічний моніторинг, що здійснюється на національному рівні або на території країни. В цілому такий моніторинг означає статистичну обробку та аналіз даних про забруднення навколишнього середовища від регіональних систем, зі штучних супутників

Землі та космічних орбітальних станцій. Вони функціонують разом зі службою погоди, держкомгідромету України і здійснюють прогноз якості навколишнього середовища на великих територіях країни.

### 6.3 Висновок до розділу «Екологія»

В даному розділі були розглянуті два питання:

1. Організаційні форми, види і способи статистичного спостереження.

2. Рівні та види моніторингу навколишнього середовища.

В першому питанні розділу «Екологія» було проведено огляд організаційні форми, види і способи статистичного спостереження.

В другому питанні розділу «Екологія» було проведено огляд рівні та види моніторингу навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

У Вступі обґрунтовано актуальність теми дипломної роботи, сформульовано її мету та завдання, що вирішуються, наведено об'єкт, предмет, методи дослідження, практичне значення отриманих результатів.

В розділі 1 дипломної роботи проведено аналіз предметної області, розглянуто основні технології систем позиціонування дронів, а також проведена класифікація методів, які для цього використовуються.

В розділі 2 зроблено огляд апаратної бази, компонування та принципів проектування, які доцільно застосовувати для розв'язання завдання роботи.

В розділі 3 визначено ефективні методи побудови систем координації та контролю поведінки рою дронів а також засоби та методи програмної реалізації такої системи, подано практичні рекомендації для забезпечення надійної реалізації системи керування рою дронів.

В розділі «Обґрунтування економічної ефективності» розкрито питання обґрунтування економічної ефективності від впровадження результатів дослідження, проведеного в дипломній роботі.

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» присвячений вимогам з охорони праці та техніки безпеки відповідно до нормативних документів щодо протипожежних заходів, виробничої санітарії та гігієни, проведено оцінку дії електромагнітного поля на людину та способів захисту від нього.

Також розглянуто питання оцінки стійкості системи управління і постачання суб'єктів господарювання, підготовка до відновлення порушеного виробництва.

В розділі «Екологія» проведено ознайомлення з основними статистичними показниками екологічних явищ, а також вимогами до проведення державної та громадської екологічної експертизи.

В дипломній роботі розглянуто апаратно-програмне забезпечення комп'ютерної системи координації та контролю дронів при об'єднанні в динамічні мобільні системи (рої), зроблено порівняльний аналіз доступних технологій, апаратних компонентів та програмних реалізацій для створення інтуїтивно зрозумілої, надійної та простої в реалізації системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rao Mogili U.M., Deepak B.B.V.L. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. / U.M. Rao Mogili, B.B.V.L. Deepak // Procedia Computer Science, 2018. – vol. 133. –p.502–509.
2. Kyaw Myat Thu, Gavrilov A.I. Designing and modeling of quadcopter control system using L1 adaptive control. / Kyaw Myat Thu, A.I. Gavrilov. // Procedia Computer Science. -vol. 103. - p. 528 – 535, 2017.
3. Полетные контроллеры, автопилоты, OSD, датчики. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://rc-heli.com.ua/ProductsPrice.aspx?cat\\_id=442](http://rc-heli.com.ua/ProductsPrice.aspx?cat_id=442). Дата доступа: 3 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.
4. Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1805.00881>. Дата доступа: 5 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.
5. Multicopter Aerial Platforms - Flight Controllers [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rctoyz4bigboyz.com/motors-parts.html#.XgIfEtlS9xA>. Дата доступа: 20 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.
6. Spinka O., Kroupa S., Hanzálek Z. Control System for Unmanned Aerial Vehicles. / O. Spinka, S. Kroupa, Z. Hanzálek // IEEE International Conference on Industrial Informatics 1, 2007. – pp. 455 - 460.
7. Табунщик Г. В., Миронова Н. О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Проектування інформаційних систем» для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» освітньої програми «Інформаційні технології проектування» всіх форм навчання / Г. В. Табунщик, Н. О. Миронова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017.– 22 с.
8. Система управління квадрокоптером на базі платформи Raspberry Pi. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/v16-1655.pdf>. Дата доступа: 3 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.

9. Разработка алгоритма перехвата управления квадрокоптером. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018013880>. Дата доступа: 17 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.

10. Безродний П. П. Підвищення ефективності програмного забезпечення дронів з використанням програми Mission Planner при моніторингу в сільському господарстві: дипломна робота магістра спеціальності 122 Комп'ютерні науки. - Дніпро, 2018 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/151460/>. Дата доступу: 23 жовтня 2019. – Заголовок з екрану.

11. Луцький, М.Г. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів [Текст] / М.Г. Луцький, В.П. Харченко, Д.О. Бугайко // Вісник НАУ. – 2011. – No 2. – С. 5-14.



Додаток А  
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



11–12 грудня 2019 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2019

<b>І. Тишко, О. Пастух</b>	РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА СОЦІАЛІЗАЦІЇ МОВОЮ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA SCRIPT, ФРЕЙМВОРК METEOR JS	165
<b>І. Урманець, Д. Михалик</b>	РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ НА ОСНОВІ .NET ТЕХНОЛОГІЙ	166
<b>Т. Чомко, А. Лупенко, В. Гой, А. Гусак</b>	ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ БАГАТОСЕКЦІЙНОГО РЕЗОНАНСНОГО ІНВЕРТОРА	167
<b>СЕКЦІЯ 5. НОВІТНІ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ТА ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>		
<b>І. Гінсіровська, Л. Джиджора</b>	ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКЛАДАННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ У ТЕХНІЧНИХ ЗВО	169
<b>В. Довганич</b>	АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ДРОНАМИ	170
<b>В. Снявський</b>	АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	171
<b>Ю. Скоренький, Л. Цюка</b>	АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ЖЕСТОВОГО КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРОМ	172
<b>Алфавітний покажчик</b>		173
<b>Зміст</b>		177



УДК 625.717

**В. Довганич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ДРОНАМИ**

UDC 625.717

**V. Dovhanych**

(Ternopil I.Pulyu National Technical University, Ukraine)

### **HARDWARE AND SOFTWARE OF DRONE COORDINATION AND CONTROL COMPUTER SYSTEM**

Безпілотні повітряні транспортні засоби, зокрема квадрокоптери, широко використовуються для спостереження та пошуково-рятувальних місій. Керування таким повітряним засобом вимагає врахування законів аеродинаміки а для забезпечення автономної роботи квадрокоптера програмне забезпечення повинно розв'язувати задачу контролю переміщення в залежності від показів вбудованих датчиків та поставленого завдання. Як правило, квадрокоптери використовують дві пари однакових гвинтів; два обертаються за годинниковою стрілкою і два – проти годинникової стрілки. Вони використовують незалежні зміни швидкості кожного ротора для досягнення контролю. Змінюючи швидкість кожного ротора, можна спеціально генерувати бажану загальну тягу та слідувати визначеному маршруту.

На даний час проблеми контролю місцезнаходження дрона та переміщення по заданому маршруту можна розв'язати з допомогою доступних апаратно-програмних засобів. Маршрут - це набір координат, між якими безпілотник переміщається по прямій із заданою швидкістю, по дорозі виконуючи певні дії. Важливо зазначити, що в ньому як мінімум відсутня синхронізація за часом. Важко змусити дрон бути в заданій точці в потрібний час, що для групового польоту критично. У маршрутах дронів планується виділити точки, де дрон зупинявся б і чекав команди з землі, щоб продовжити політ їх можна назвати точками синхронізації. Оператор повинен переконатися, що всі дрони дісталися до точок синхронізації, і відправити їм команду для продовження польоту.

Для управління повітряним потоком з метою контрольованого переміщення планується використовувати ультразвукові, оптичні датчики та акселерометр і датчик висоти. Геолокація буде реалізована за допомогою GPS-трекерів. Для координації дрони у рою будуть використовувати передачу даних по протоколу Wi-Fi. Смуги радіочастот, призначені для обміну даними та керування дронами 2,4 ГГц.

Основними вимогами до такої мережі є надійність, захищеність і мінімальне споживання електроенергії. Для захисту мережі від несанкціонованого втручання необхідно використовувати шифрування AES-64, яке підтримується апаратно.

У якості управління апаратним забезпеченням вибраний достатньо потужний одноплатний комп'ютер Raspberry Pi який в повністю відповідає вимогам та задачам які на нього поставлені та програмного забезпечення, яке дозволяє будувати гнучкі та надійні системи керування квадрокоптерами та дронами. На основі спроектованої системи в подальшому будуть розроблені засоби дистанційного контролю польотних характеристик та координації дронів про об'єднанні в динамічні мобільні системи (рої).

Рій квадрокоптерів, керований розробленою комп'ютерною системою, може використовуватися для огляду будівель, обладнання, проводів високої напруги, вітрогенераторів, сільського господарства та інших задач.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
 Національна академія наук України  
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
 Маріборський університет (Словенія)  
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
 Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
 Шауляйська державна колегія (Литва)  
 Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
 Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
 Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
 Наукове товариство ім. Шевченка  
 ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені  
 Івана Пулюя»

# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## Збірник

### тез доповідей

## Том II

### VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів

27-28 листопада 2019 року



УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2019

12.	<b>С.О. Галан, В.В. Яцишин</b> ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ В СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ ЦІННИК»	17
13.	<b>І.О. Гарасимів, Д.В. Дмитрів</b> ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ОБЩИН	18
14.	<b>Ю.Л. Голояд</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РОСПІЗНАВАННЯ КНИГ НА ФОТОГРАФІЯХ	19
15.	<b>Н.В.Грабовський, С.М.Квач, О.Б. Назаревич</b> АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПИВА	20
16.	<b>Д.О. Гракова</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНИХ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ В МОБІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	21
17.	<b>Є.І. Григчук, П.П. Данів, Д.П. Стухляк</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	23
18.	<b>Р.А. Склярів, Губич І.В.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОДІЛУ ПРУТКІВ НА ШТУЧНІ ЗАГОТОВКИ	24
19.	<b>Р.А. Склярів, І.В. Гуцалюк</b> ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ЗАТИСКУ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗАГОТОВОК	26
20.	<b>В.О. Дармограй А. М. Луцків</b> АНАЛІЗ БІБЛІОТЕК ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ BLOKCHAIN-ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ СИСТЕМ ІОТ	27
21.	<b>М.І. Паламар, А.З. Джинджиристий</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИКИ КОСИНУСА КУТА ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	29
22.	<b>О.А. Дідуник, М.В. Дрозд, А.П. Заблоцький, А.М. Курко</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ	30
23.	<b>Л.Р. Цьока, В.І. Довганич</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ТА ДРОНАМИ	31
24.	<b>М.М. Долік</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦИФРУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ	32

УДК 625.717

Л.Р. Цьока, В.І. Довганич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ТА ДРОНАМИ

L.R. Tsoka, V.I. Dovhanych

### IMPROVEMENTS OF COMPUTER SYSTEMS FOR QUADCOPTERS AND DRONES CONTROL

Стрімкий розвиток комп'ютерної та мікропроцесорної техніки зумовив сучасне широке застосування дронів, квадрокоптерів, дистанційно керованих та самокерованих засобів в багатьох галузях [1]. Для систем керування квадрокоптерів, як і для інших літальних апаратів, слід враховувати складні аеродинамічні процеси, які утруднюють повноцінну реалізацію самокерованості. Метою даного дослідження є розробка надійної та ефективної системи контролю та керування квадрокоптерами та дронами.

На даний час в значній мірі розв'язані проблеми контролю місцезнаходження дрона з допомогою датчиків (ультразвукових та інфрачервоних) та управління повітряним потоком з метою контрольованого переміщення [2]. Для координації дронів у рою можна використовувати передачу даних по протоколах Wi-Fi, ZigBee, bluetooth. Геоолокація може бути реалізована за допомогою GPS-трекерів. Смути радіочастот, призначені для обміну даними та керування дронами 900 МГц; 1,2 ГГц; 2,4 ГГц.

Для застосувань, які не потребують значних обчислювальних ресурсів, сучасні мікроконтролери та сенсори з малими розмірами та енергоспоживанням дозволяють досягнути суттєвої мініатюризації. В свою чергу, це дає можливість гнучко поєднувати в мобільні групи (swarm — рій) велику кількість мініатюрних квадрокоптерів. Всі вони об'єднуються в безпроводну мережу, що забезпечить мобільність та динамічні характеристики рою. Основними вимогами до такої мережі є надійність, захищеність і мінімальне споживання електроенергії. Для захисту мережі від несанкціонованого втручання необхідно використовувати шифрування AES-64, яке підтримується апаратно.

Нами проведено порівняльний аналіз застосовності доступних компонент загального призначення (мотори, сенсори, мікроконтролери, процесори, модулі зв'язку, одноплатні комп'ютери типу Raspberry Pi) та програмного забезпечення, яке дозволяє будувати гнучкі та надійні системи керування квадрокоптерами та дронами. На основі спроектованих систем в подальшому будуть розроблені засоби дистанційного жестового контролю польотних характеристик та координації дронів про об'єднанні в динамічні мобільні системи (рої).

#### Література

1. U.M. Rao Mogili, B.B.V.L. Deepak. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science* — vol. 133. - p.502–509, 2018.
2. Kyaw Myat Thu, A.I. Gavrillov. Designing and modeling of quadcopter control system using L1 adaptive control. *Procedia Computer Science*. -vol. 103. - p. 528 – 535, 2017.