

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра кібербезпеки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Омелянчука Богдана Васильовича

на здобуття ступеня вищої освіти Бакалавра


Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

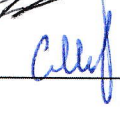
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма Програмування та захист комп'ютерних систем і мереж

Шифр КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ

Виконав студент 4 курсу група КІ-20-1  Богдан ОМЕЛЯНЧУК

Керівник канд. техн. наук, доцент  Ігор МУЛЯР

Нормоконтролер старший викладач  Сергій МОСТОВИЙ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри кібербезпеки  Юрій КЛЬОЦ

18 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Інформаційних технологій

Кафедра Кібербезпеки

Рівень вищої освіти Бакалавр

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма Програмування та захист комп'ютерних систем і мереж

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
кібербезпеки

Юрій КЛЬОЦ

15 лютого 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Омелянчуку Богдану Васильовичу

1 Тема роботи Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА

Керівник роботи Ігор Муляр.

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 № 8

2 Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру

3 Вихідні дані до роботи розроблено модель працюючого БПЛА та розроблена правильна прошивка для стабільної роботи БПЛА


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

Аналіз розробки на прикладах сучасних БПЛА де були виявленні просто помилки які допускають при збірці

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Блок схема роботи БПЛА, структурна схема, принципова схема та фізична схема, загальна схема

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Мостовий С.В., старший викладач кафедри кібербезпеки		

7 Дата видачі завдання 16 лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Вибір і затвердження теми кваліфікаційної роботи	Січень-Лютий	Виконано
Ознайомлення з предметною областю	Лютий	Виконано
Дослідження існуючих рішень	Лютий	Виконано
Постановка задачі	Березень	Виконано
Визначення загальних принципів рішення задачі	Березень	Виконано
Деталізація принципів рішення задачі	Квітень	Виконано
Розробка проектних рішень	Квітень	Виконано
Апробація проектних рішень	Травень	Виконано
Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	Травень	Виконано
Оформлення графічної частини	Червень	Виконано
Захист КР	Червень	Виконано

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи



Богдан ОМЕЛЯНЧУК

Ігор МУЛЯР

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА.

Автор роботи: Омелянчук Богдан Васильович.

Керівник роботи: Муляр Ігор Володимирович.

Пояснювальна записка: 65 с., 2 додатка, 21 рис, 40 джерел.

Графічна частина: 4 плакати.

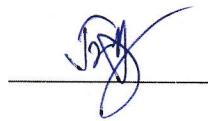
БПЛА, RADIOMASTER, ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ДРОНА НА ARDUINO , ДРОН, ВІДЕОПЕРЕДАВАЧ, МЕТОДИ ЗВ'ЯЗКУ, РОЗРОБКА ТА ПРОШИВКА БПЛА ЧЕРЕЗ BETAFLIGHT.

Метою цієї роботи була розробка робочого прототипу мікропроцесорного контролера на базі Arduino. Головним завданням було виготовити, зібрати та налаштувати цілий БПЛА який буде працювати.

Для досягнення цих цілей було проведено багато аналізів та досліджень у галузі безпілотних літальних апаратів та вивченням основи конструювання, а також теоретичної частини яка теж відіграє багато ролі у цьому проекту.

Розроблено модель БПЛА яка працює успішно та бездоганно показала себе у реальних тестах на відкритому просторі, ця розробка перевершила свої можливості .

11.06.2024



ЗМІСТ

Вступ	3
1 Приклади застосування БПЛА	5
1.1 Застосування БПЛА в сільському господарстві	5
1.2 Використання БПЛА в екстрених та техногенних ситуаціях	9
1.3 БПЛА у воєних конфліктах та на війні	10
1.4 Постановка задачі	16
2 Створення БПЛА на мікропроцесорі arduino	18
2.1 Перші етапи створення БПЛА на arduino	18
2.2 Методи зв'язку між БПЛА та апаратурою	24
2.3 Тестування підключення та сумісності усіх компонентів	30
2.4 Висновок	35
3 Експериментальне дослідження та аналіз результатів дрона на arduino	38
3.1 Проведення експериментів для оцінки ефективності розробленого БПЛА	38
3.2 Проектування схеми електричної структурної	43
3.3 Алгоритм роботи пристрою	46
3.4 Виявлення переваг та недоліків розробленого БПЛА, та рекомендації щодо подальшого вдосконалення	47
3.5 Висновок	56
Висновки	60
Перелік джерел посилань	62
Додаток А Програмний код	66
Додаток Б Графічна частина	75

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Омелянчук Б.В.		19.06.24				
Перевір.		Муляр І.В.		19.06.24			2	65
Н.контр.		Мостовий С.В.		19.06.24		ХНУ, КІ1-20-1		
Затвер.		Кльоц Ю.П.		19.06.24				

ВСТУП

У сучасному світі безпілотні літальні апарати (БПЛА) стають дедалі популярнішими завдяки своїй універсальності та широкому спектру застосувань. Вони використовуються в різних галузях, від сільського господарства та інспекції інфраструктури до розваг і наукових досліджень [1]. Одним із доступних і відносно простих способів створення власного БПЛА є використання платформи Arduino. Arduino – це відкрита електронна платформа, яка базується на легкодоступному апаратному та програмному забезпеченні, що дозволяє ентузіастам і професіоналам створювати різноманітні інтерактивні проекти.

Створення БПЛА на базі Arduino надало мені унікальну можливість вивчати основи електроніки, програмування та механіки [2]. Це також відкриває шлях до розуміння більш складних систем автоматизації та робототехніки. У цьому проекті ми розглянемо основні етапи створення БПЛА, починаючи від вибору компонентів і закінчуючи налаштуванням програмного забезпечення для керування польотом. Дотримуючись цих кроків, ви зможете створити власний функціональний БПЛА та розширити свої знання в галузі сучасних технологій. Результати даної роботи можуть мати конкретні застосування у сфері телекомунікацій, вирішенні військових конфліктів, та допомагаючи вирішувати певні завдання та проблеми:

БПЛА зі встановленою системою контролю висоти може використовуватися для інспекції телекомунікаційних веж та мереж. Він здатен швидко та точно оцінити стан антен та з'ясувати можливі проблеми, такі як пошкодження або перешкоди, що сприятиме швидкому виявленню та усуненню несправностей.

БПЛА може бути використаний для надання підтримки у екстрених ситуаціях, таких як природні катастрофи або аварії. Він може швидко оцінювати пошкодження інфраструктури та забезпечувати зв'язок для рятувальних служб та команд управління кризовими ситуаціями.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

З моменту свого виникнення, БПЛА змінили підхід до багатьох завдань, які раніше вимагали значних ресурсів і часу [3]. У сільському господарстві вони використовуються для моніторингу стану полів, внесення добрив та зрошення. В будівництві та інфраструктурі – для інспекції важкодоступних об'єктів і виявлення дефектів.

Ці приклади демонструють лише деякі можливості безпілота. Залежно від конкретних потреб і вимог, ця літальна техніка може бути застосованим в різних галузях промисловості для вирішення конкретних завдань та проблем.

У цьому проєкті я постарався виконати свою мету, а це правильне виготовлення БПЛА та це мене навчило багатьом аспектам у його збірці в якій як здалось було дуже багато цікавих та не дуже моментів які дуже допоможуть у майбутній збірці дрона. Я взнав багато цікавих фактів про БПЛА та галузь в яких вони застосовуються, яких навіть більше ніж я вказав та описав. Це був цікавий життєвий опит який приніс багато настрою та ще більше цікавих ідей по вдосконаленню цих безпілотних літальних апаратів.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА

1.1 Застосування БПЛА в сільському господарстві

Застосування БПЛА в сільському господарстві є потужним інструментом для підвищення ефективності аграрного виробництва [4]. Завдяки високоточним даним, можливостям моніторингу та інспекції, фермери можуть краще розуміти стан своїх угідь, оптимізувати агротехнічні заходи та підвищувати врожайність. Використання БПЛА сприяє зменшенню витрат та мінімізації впливу на навколишнє середовище, роблячи сільське господарство більш стійким та технологічно розвиненим.

БПЛА використовуються для регулярної інспекції та контролю сільськогосподарських угідь [5]. Вони дозволяють виявляти проблеми на ранніх стадіях, такі як: пошкодження посівів, ерозія ґрунту, неправильно функціонуючі зрошувальні системи. Завдяки цьому фермери можуть швидко вживати заходів для усунення проблем і запобігання їх поширенню.

Переваги використання БПЛА в сільському господарстві;

– БПЛА забезпечують високу точність збирання даних і виконання агротехнічних заходів, що дозволяє підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва;

– завдяки точному дозуванню ресурсів (води, добрив) та оперативному виявленню проблем, знижуються витрати на вирощування культур;

– точне внесення добрив і зрошення допомагають зменшити негативний вплив на навколишнє середовище;

– швидке отримання та аналіз даних дозволяють оперативно реагувати на зміни умов і вживати необхідних заходів.

БПЛА оснащені камерами та різноманітними сенсорами, які дозволяють отримувати високоякісні зображення та дані про стан посівів. Завдяки цьому фермери можуть оперативно отримувати інформацію про стан здоров'я рослин, рівень вологості ґрунту, наявність шкідників і хвороб. Це дає змогу швидко реагувати на проблеми та вживати необхідних заходів для збереження врожаю.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

Застосування БПЛА дозволяє створювати високоточні карти полів, що допомагають у плануванні та оптимізації агротехнічних заходів. Приблизний вигляд агро-дрога на рисунку 1.1 За допомогою програмного забезпечення для обробки зображень, отриманих з дронів, можна створювати карти рельєфу, карти вегетації та карти продуктивності, які допомагають фермерам краще розуміти специфіку своїх угідь та приймати обґрунтовані рішення щодо обробки полів. БПЛА можуть використовуватися для точного зрошення та внесення добрив.



Рисунок 1.1 – Застосування БПЛА для кроплення на полях [6]

Оснащені спеціальними системами розпилення, вони здатні точно дозувати кількість води чи добрив, що дозволяє зменшити витрати ресурсів і підвищити ефективність агротехнічних заходів [6]. Точне зрошення допомагає уникнути пересушування або перезволоження ґрунту, а точне внесення добрив знижує їх перевитрати та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

БПЛА використовуються для регулярної інспекції та контролю сільськогосподарських угідь. Це я показав на рисунку 1.1 Вони дозволяють

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

виявляти проблеми на ранніх стадіях, такі як пошкодження посівів, ерозія ґрунту, неправильно функціонуючі зрошувальні системи. Завдяки цьому фермери можуть швидко вживати заходів для усунення проблем і запобігання їх поширенню.

Дрони, або безпілотні літальні апарати (БПЛА), стали важливим інструментом у сучасному сільському господарстві, особливо для кроплення полів. Використання дронів для цих цілей забезпечує ефективність, точність та економію ресурсів, що робить їх незамінними для фермерів по всьому світу. Давайте детально розглянемо, як ці дрони працюють і які переваги вони приносять. БПЛА для кроплення полів обладнані спеціальними резервуарами для хімікатів або добрив, а також системами розпилення, які дозволяють рівномірно розподіляти рідини над полями. Вони можуть бути запрограмовані для точного кроплення заданих ділянок, що мінімізує втрати та зменшує вплив на навколишнє середовище.

Сучасні дрони оснащені GPS і системами автоматичного керування, які дозволяють їм точно слідувати заданим маршрутам. Фермери можуть попередньо налаштувати маршрути та зони кроплення за допомогою спеціального програмного забезпечення, що робить процес максимально автоматизованим і ефективним. Дрони можуть бути обладнані різноманітними сенсорами, які дозволяють збирати дані про стан рослин, вологість ґрунту, температуру та інші важливі параметри. Це дає змогу фермерам отримувати актуальну інформацію про стан полів і приймати обґрунтовані рішення щодо догляду за рослинами.

Спочатку фермер або оператор дрона планує місію за допомогою програмного забезпечення. Визначаються межі поля, тип кроплення, кількість необхідних хімікатів або добрив і оптимальні маршрути польоту дрона. Завдяки використанню GPS і геопросторових даних, цей процес стає швидким і точним. Дрон злітає та починає рухатися за попередньо запланованим маршрутом. Системи розпилення активуються у потрібних місцях, забезпечуючи рівномірне кроплення полів. Під час польоту дрон може

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

збирати додаткові дані за допомогою сенсорів, що допомагає контролювати якість виконання завдання та стан рослин. Після завершення місії зібрані дані аналізуються. Якщо виявляються проблемні ділянки або необхідність додаткового кроплення, місія може бути повторена з урахуванням нових даних.

Це забезпечує максимальну ефективність і точність догляду за рослинами. Завдяки точному кропленню зменшується витрата хімікатів та добрив, що знижує витрати фермерів і мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище. Збір даних за допомогою сенсорів дозволяє фермерам отримувати актуальну інформацію про стан рослин і ґрунту, що допомагає приймати обґрунтовані рішення та оперативно реагувати на проблеми.

БПЛА можуть швидко обробляти поля інсектицидами та фунгіцидами, запобігаючи поширенню шкідників та хвороб. Це особливо важливо у великих господарствах, де своєчасне кроплення може врятувати значні врожаї. Точне розпилення добрив дозволяє забезпечити рівномірне живлення рослин, що підвищує їхній ріст і продуктивність. Дрони можуть працювати в умовах, коли традиційна техніка не може бути використана, наприклад, на полях з нерівним рельєфом або вологих ґрунтах.

Дрони можуть ефективно працювати на схилах, терасах і в інших важкодоступних місцях, де використання традиційної техніки є проблематичним або неможливим. БПЛА для кроплення полів представляють собою інноваційний інструмент, який революціонує сучасне сільське господарство. Їхнє використання забезпечує точність, ефективність та економію ресурсів, що дозволяє фермерам досягати високих результатів при мінімальних витратах. Завдяки постійному розвитку технологій та удосконаленню обладнання, роль дронів у сільському господарстві буде тільки зростати, приносячи ще більше переваг для аграрного сектору.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

1.2 Використання БПЛА в екстрених та техногенних ситуаціях

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) відіграють все більш важливу роль у реагуванні на екстрені та техногенні ситуації завдяки своїм можливостям оперативно надавати інформацію з місця подій, проводити моніторинг та виконувати різноманітні завдання.

Вони дозволяють значно покращити координацію рятувальних операцій, зменшити ризики для рятувальників та забезпечити більш ефективне управління ресурсами. У цьому розділі розглянемо основні способи використання БПЛА в екстрених та техногенних ситуаціях. БПЛА можуть швидко надати візуальну та теплову інформацію з місця подій, що є надзвичайно важливим для оцінки масштабів катастрофи та планування рятувальних операцій. Завдяки високоякісним камерам та тепловізорам, дрони дозволяють отримувати детальні зображення, що допомагають визначити найбільш постраждалі райони, виявити зруйновані будівлі, затоплені території та інші критичні об'єкти.

Однією з найважливіших функцій БПЛА в екстрених ситуаціях є пошук постраждалих. Дрони можуть оснащуватися тепловізорами та іншими сенсорами, які допомагають виявляти людей під завалами, в лісах або інших важкодоступних місцях [7]. Це значно прискорює процес пошуку та підвищує шанси на порятунок людей.

БПЛА можуть використовуватися для доставки медичних засобів, ліків, першої допомоги та іншого важливого обладнання до віддалених або важкодоступних місць. Це особливо корисно в умовах, коли традиційні засоби транспортування не можуть бути використані через пошкодження інфраструктури або небезпеку для рятувальників.

Дрони можуть здійснювати моніторинг лісових та міських пожеж, забезпечуючи оперативну інформацію про їхній розвиток та поширення. Це дозволяє рятувальникам краще планувати свої дії, визначати найбільш небезпечні зони та приймати ефективні рішення щодо локалізації та гасіння пожеж. Застосування БПЛА в екстрених та техногенних ситуаціях має значний

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

потенціал для покращення ефективності рятувальних операцій та управління кризовими ситуаціями вони показані на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Використання пожежниками БПЛА для оцінки ситуації [7]

Вони надають швидкий доступ до важливої інформації, допомагають у пошуку постраждалих, забезпечують доставку медичних вантажів та виконують інші важливі завдання.

Використання дронів сприяє зниженню ризиків для рятувальників та покращує координацію дій, що в кінцевому результаті рятує життя та зменшує наслідки катастроф.

1.3 БПЛА у воєнних конфліктах та на війні

Масове використання безпілотників FPV у бойових діях між українськими та російськими військами радикально змінило образ сучасної війни. Успішне використання одного або декількох недорогих безпілотників може знищити техніку вартістю в мільйони доларів.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

Про це свідчать численні відеоролики про бойове застосування таких безпілотників на фронті [8, 9]. FPV дрон - це тип безпілотника, який управляється за допомогою функції "вид від першої особи"(в перекладі з англійської аббревіатура означає FPV - First person view). Це функція передачі відео в реальному часі з камери, встановленої на передній панелі безпілотника. На рисунку 1.3 БПЛА з автопілотом.



Рисунок 1.3 – Використання БПЛА військовими

Оператор керує БПЛА дистанційно і використовує спеціальні окуляри, щоб бачити місцевість навколо нього в режимі реального часу, як якщо б ви знаходилися всередині самого БПЛА в якості пілота. Це не військова техніка, такі дрони використовуються в цивільному житті для розваг, таких як спортивні гонки. Вони можуть перевозити корисне навантаження, але безпілотники FPV не мають автопілота і літають без GPS.

Безпілотник має відмінну маневреність і може швидко змінювати напрямок. Це вимагає високого рівня майстерності та підготовки. Через те, що оператору доводиться вручну управляти всіма процесами польоту. Характеристики залежать від конкретної моделі, FPV - дрон може розвивати

швидкість більше 100 кілометрів на годину. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) здебільшого використовуються у військових операціях через їхні унікальні переваги у порівнянні з традиційними літальними апаратами з пілотом. Ось деякі з основних сфер застосування БПЛА на війні.

БПЛА використовуються для збору розвідувальної інформації, такої як: зображення з висоти, відеозаписи, радіоелектронні та інші дані, що допомагають зрозуміти ситуацію на полі бою без потреби вводити пілота в небезпечні умови. БПЛА здатні оперативно виявляти рухи противника, розташування військових об'єктів, амбуші та інші загрози, що дозволяє команді швидко реагувати і приймати відповідні рішення. Деякі типи БПЛА, особливо збройовані, використовуються для точних ударних дій. Вони можуть бути озброєні ракетами, бомбами або іншими типами зброї, що дозволяє знищувати важливі цілі противника без прямого участі пілота. БПЛА можуть забезпечувати підтримку з повітря в бойових операціях, надавати огляд з повітря, координувати вогонь і підтримувати власних військових під час бойових дій.

Деякі БПЛА можуть використовуватися для доставки ліків, боєприпасів або медичного обладнання в труднодоступні райони або на передові позиції. У надзвичайних ситуаціях БПЛА можуть бути використані для евакуації поранених військових з ворожої зони, що зменшує ризик для медичного персоналу та зберігає людські життя.

БПЛА дозволяють виконувати завдання в небезпечних умовах без ризику втрати пілота. БПЛА можуть бути застосовані для продовження тривалості польотів та швидкого реагування на змінні обставини. Завдяки передовим системам навігації і точним засобам боротьби можливі точні атаки та збір розвідувальної інформації.

Існує загроза кібератак та перехоплення сигналів управління, що може призвести до втрати контролю над БПЛА. Використання збройових БПЛА підпадає під міжнародне право, що вимагає дотримання правил та норм ведення війни. Безпілотні літальні апарати на війні відіграють ключову роль у сучасних військових стратегіях, забезпечуючи рішучу перевагу за рахунок їхніх

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

технологічних можливостей та ефективності в бойових умовах. Додаткові застосування БПЛА на війні: їх використовують для виявлення і придушення ворожих дій у сфері радіоелектронного розвідування (РЕЗ). Вони здатні виявляти сигнали радіоелектронної активності, локалізувати джерела і співпрацювати з електронними протидією (ЕПР) системами. БПЛА можуть бути використані для психологічного тиску на противника, наприклад, за допомогою звукових або оптичних засобів, що передають повідомлення або пропагандистські матеріали на ворожі позиції [9, 14].

В БПЛА можуть бути встановлені ретрансляційні системи, які підсилюють радіочастотні сигнали для покращення зв'язку на місцевості або у зоні бойових дій. БПЛА використовуються для моніторингу морських шляхів і раннього виявлення піратських дій, що забезпечує безпеку судноплавства та реагування на небезпеку. Показав на рисунку 1.4 БПЛА з корисним вантажем або вагою.

БПЛА можуть здійснювати патрулювання і надавати захист логістичним конвоям, а також служити для контролю за логістичними потоками і військовими поставками. Застосування штучного інтелекту (ШІ) дозволяє розширити можливості автономної роботи БПЛА, зокрема в автономних місіях з виявлення та знищення цілей.



Рисунок 1.4 – БПЛА з корисним вантажем

Вдосконалення у важливих аспектах, таких як збільшення часу польоту, поліпшення камер і сенсорів, а також зменшення габаритів і ваги, роблять БПЛА більш ефективними і маневреними [10]. Розвиток систем зброї для БПЛА дозволяє їм виконувати точні удари з використанням різноманітних збройових систем. Мережеві з'єднання дозволяють координацію дій групи БПЛА та обмін даними у реальному часі.

В українсько-російській війні вони стали ключовим інструментом, який допомагає українським військовим виконувати різноманітні завдання з максимальною ефективністю і мінімальними ризиками. Розглянемо детальніше кожен із способів їх використання. FPV дрони дозволяють військовим збирати важливу розвідувальну інформацію, яка раніше була недоступною або вимагала великих зусиль і ризиків. Оператори можуть відправляти дрони в райони, контрольовані ворогом, для зйомки фотографій та відео, визначення позицій противника, аналізу оборонних споруд та руху техніки. Це дає змогу командирам ухвалювати обґрунтовані рішення і планувати операції з урахуванням реальної ситуації на полі бою.

FPV дрони дозволяють артилерійським підрозділам більш точно наводити вогонь на ціль. Зображення з камери дрона передаються в режимі реального часу, що дає можливість коригувати траєкторію снарядів і забезпечувати точні удари. Це особливо важливо для зниження кількості промахів і мінімізації шкоди цивільній інфраструктурі. Дрони можуть бути оснащені невеликими вибуховими пристроями, що дозволяє здійснювати точкові удари по важливих цілях. Такі дрони використовуються для знищення техніки, складів боєприпасів, командних пунктів та інших стратегічних об'єктів противника. Їх застосування знижує ризики для військових, оскільки атаки здійснюються дистанційно. В умовах активних бойових дій доставка вантажів на передову може бути небезпечною. FPV дрони можуть швидко доставляти медикаменти, боєприпаси, продукти харчування та інші необхідні речі в місця, де традиційні методи транспортування є ризикованими або неможливими.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

Це забезпечує безперебійне постачання та підтримку бійців на передовій. Приблизний рисунок показаний на 1.5 Постійна присутність дронів у повітрі може мати значний психологічний вплив на противника. Вороги змушені бути постійно напоготові, що підвищує рівень стресу і виснажує їх морально.



Рисунок 1.5 – Запуск БПЛА на бойову місію

Крім того, невидимий контроль з боку дронів може деморалізувати противника, знижуючи його бойовий дух. FPV дрони стали невід'ємною частиною сучасної військової стратегії завдяки своїй ефективності, універсальності та відносно невисокій вартості. Вони значно покращили можливості військових у виконанні розвідувальних, наступальних та логістичних завдань, забезпечуючи перевагу на полі бою. Використання цих технологій дозволяє зберігати життя солдатів та підвищувати ефективність військових операцій.

FPV дрони стали невід'ємним інструментом для коригування вогню артилерії під час бойових дій. Їхнє використання значно підвищує точність і ефективність артилерійських ударів, мінімізуючи ризик промахів та непотрібних руйнувань. FPV дрон запускається в район бойових дій і піднімається на оптимальну висоту для спостереження. Завдяки камері високої роздільної здатності оператор може спостерігати за полем бою в реальному часі, передаючи

зображення командному пункту. Це дозволяє отримувати актуальні дані про розташування цілей і їхнє переміщення. Оператор дрона визначає точні координати ворожих позицій та передає їх артилерійському підрозділу. Це може бути зроблено за допомогою вбудованої GPS системи або інших засобів навігації. Точність визначення координат є критично важливою для успішного влучання. Після першого залпу артилерії оператор дрона спостерігає за результатами удару та передає коригування, якщо потрібно. Завдяки цьому артилерійські підрозділи можуть швидко і точно налаштувати вогонь, що значно підвищує ймовірність успішного ураження цілей. Коригування може включати зміни в напрямку, куті підйому або потужності залпу.

Це допомагає підтвердити знищення цілі або виявити необхідність додаткових ударів. Така оцінка дозволяє швидко приймати рішення щодо подальших дій. Завдяки високій роздільній здатності камер та можливості реального часу коригувати вогонь, артилерійські удари стають значно точнішими. Використання дронів знижує ризик для військових, які інакше могли б бути залучені в небезпечні розвідувальні операції. Передача даних у реальному часі дозволяє швидко реагувати на зміни в обстановці та оперативно коригувати вогонь. Зменшується кількість промахів і витрата боєприпасів, що підвищує загальну ефективність артилерійських підрозділів.

Завдяки цим перевагам FPV дрони стали незамінним інструментом у сучасних збройних конфліктах, підвищуючи ефективність та точність артилерійських ударів і забезпечуючи значну перевагу на полі бою.

1.4 Постановка задачі

Мій детальний план постановки задачі БПЛА, який буде ефективнішим та дешевшим за готові варіанти. Треба провести детальний аналіз існуючих моделей БПЛА, їх характеристики, переваги і недоліки. Визначити основні параметри, за якими буде оцінюватися ефективність та вартість нашого БПЛА

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16

(вага, дальність польоту, тривалість польоту, вартість виробництва, тощо).

Визначити основні характеристики та функції вашого БПЛА, враховуючи аналіз ринку. Розробити кілька варіантів дизайну та виберіть оптимальний з точки зору аеродинаміки та матеріалів.

Обрати легкі та міцні матеріали, які допоможуть зменшити вагу та вартість конструкції (наприклад, композитні матеріали, вуглепластик тощо). Вибрати енергоефективні електронні компоненти та сенсори для навігації та контролю польоту.

Розробити або адаптувати існуюче ПЗ для автономного управління, з урахуванням можливості оновлення та модернізації. Побудувати прототип для тестування основних функцій та характеристик. Провести серію тестів в реальних умовах, щоб перевірити ефективність та надійність систем. Внести необхідні зміни на основі результатів тестів.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

2 СТВОРЕННЯ БПЛА НА МІКРОПРОЦЕСОРІ ARDUINO

2.1 Перші етапи створення БПЛА на Arduino

Створення безпілотного літального апарату БПЛА на базі платформи Arduino є захоплюючим проектом, який поєднує в собі елементи електроніки, програмування та механіки. Цей процес може бути складним, але він дає можливість глибше зрозуміти роботу сучасних технологій. Нижче описані перші етапи створення БПЛА на Arduino [11]. Перш ніж почати будувати БПЛА, необхідно визначити цілі проекту та вимоги до системи. Коли з цілями ми визначились то можна приступати до вибору компонентів БПЛА та його аксесуарів.

Для початку проекту можна використовувати Arduino Uno або Arduino Mega, але для більш просунутих проектів рекомендується використовувати контролери з більшою кількістю портів і обчислювальною потужністю.

Нам знадобився спеціалізований контролер польоту, який може інтегруватися з Arduino. Популярним варіантом є MultiWii або ArduPilot, на рисунку 2.1 зображений покупний аналог Speedy Bee.

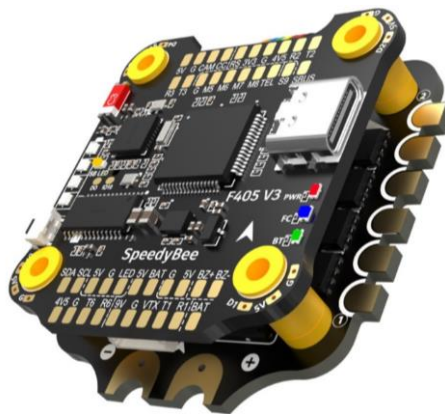


Рисунок 2.1 – Польотний контролер та регулятор моторів

Вибір двигунів залежить від розміру та ваги вашого БПЛА. Безщіткові двигуни є найкращим вибором для нашого проекту, найкращим варіантом був безщітковий мотор фірми Brother Hobby який зображений на рисунку 2.2

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18



Рисунок 2.2 – Мотори для БПЛА

Кожен двигун потребує регулятора швидкості для контролю обертів та правильний вибір пропелерів залежить від характеристик двигунів та ваги БПЛА. Ми могли купити готову раму або зібрати її самостійно вона показана на рисунку 2.3. Важливо, щоб рама була міцною та легкою то вибір припав на готову карбовану раму яку я чудово використав для свого проекту, бо вона є відносно не дорогою та надійною ніж саморобний аналог.



Рисунок 2.3 – Карбонова рама МАРК 4 10 дюймова

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ

Арк.

19

Я купив раму MARK 4 розміром 10 дюймів яка дуже надійна та легка. Композитна рама дуже легка так надійна її порівняння на рисунку 2.4 Для стабілізації та навігації нам знадобився гіроскоп, акселерометр, барометр та GPS-модуль. Для дистанційного керування БПЛА вам знадобився радіопередавач та приймач.

Arduino Uno - це базова модель мікроконтролера, яка часто використовується для простих проектів і навчальних цілей. Він йде на базі процесора ATmega з частотою 16 MHz та пам'яттю 32 kb і з цифровими виходами яких 14 шт, та аналоговими яких налічується 6 шт.

Сама протформа Arduino Uno дуже легка у використанні, наведу пару прикладів того що він легкий у налаштуванні та програмуванні, що робить його ідеальним для початківців: багато прикладів коду та проектів, які можна використовувати як основу, доступний за ціною, що дозволяє експериментувати.

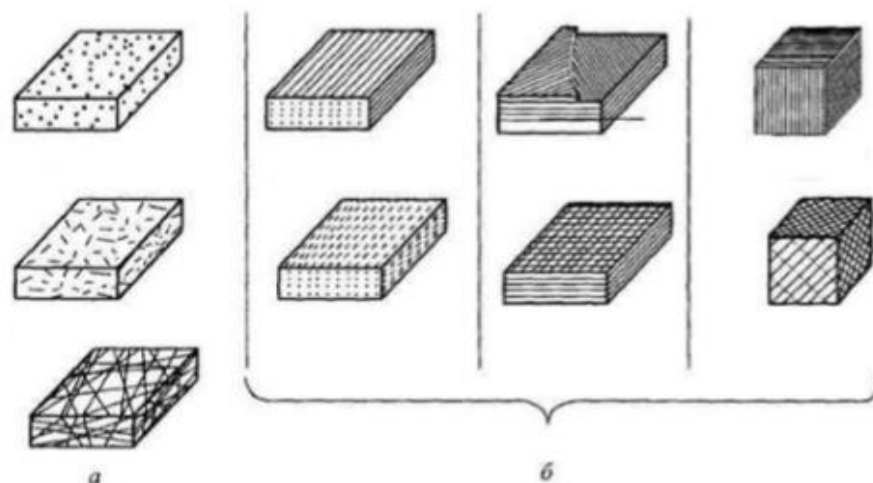


Рисунок 2.4 – Конструктивні відмінності композиційних матеріалів;
а)хаотичні, б)пропорційно армовані.

Обираючи регулятор швидкості (ESC) для безпілотного літального апарата (БПЛА), ключовою є правильність вибору, оскільки від цього залежить не лише ефективність роботи моторів, а й загальна надійність і безпека польотів.

Ось кілька важливих аспектів, які роблять обраний ESC хорошим варіантом. Обраний ESC повинен відповідати потужності та току вашого мотора.

Наприклад, якщо у вас потужний мотор, ESC повинен мати достатню максимальну потужність і здатність керувати високими токами, щоб уникнути перегріву і несправностей в роботі.

Хороший ESC від відомого виробника забезпечує надійну роботу і довгий термін служби [12]. Це важливо для забезпечення стабільності польоту і уникнення випадкових відмов в екстремальних умовах. Деякі ESC мають розширені програмовані налаштування, які дозволяють налаштувати параметри, такі як режими гасання, реакція на команди керування і інші параметри, що підвищують контроль і ефективність польоту.

ESC повинен бути сумісний з вашим контролером польоту і іншою електронікою, щоб використовувється в нашому проекті. Це важливо для правильної інтеграції і синхронізації роботи всіх компонентів.

Вибраний ESC має мати прийнятні параметри ваги і розміру в контексті вашого БПЛА, щоб не перевантажувати його і забезпечити оптимальні польотні характеристики.

Вибір моторів для безпілотного літального апарата (БПЛА) на ESC є важливою складовою процесу створення ефективної і надійної системи. Ось кілька ключових аспектів, які варто враховувати при виборі моторів.

Ми розрахували необхідну тягу для вашого БПЛА, виходячи з його ваги і вимог до продуктивності. Мотори мають достатню потужність для підняття ваги БПЛА та виконання запланованих завдань. Деякі застосунки вимагають високої швидкості або швидкого розгону. Ми вибрали мотори з відповідними характеристиками, які відповідають вашим потребам у швидкості і маневреності. Переконалися, що мотори підходять до напруги і току, які підтримує обраний

ESC. Неправильний підбір міг призвести до перегріву ESC або недосягнення максимальної ефективності моторів. Вибрали мотори з оптимальною ефективністю, що дозволяє максимально використовувати енергію акумуляторів і забезпечує тривалий час польоту. Мотори відповідають розмірам і вазі нашого БПЛА. Легкі, але потужні мотори забезпечать кращі польотні характеристики і збільшать загальну продуктивність. Мотори від надійних

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

виробників з відомою репутацією. Це забезпечить тривалий термін служби і мінімізує ризик відмов під час експлуатації.

Літій-полімерні (LiPo) акумулятори дійсно є одними з найбільш популярних і ефективних виборів для безпілотних літальних апаратів (БПЛА) через їхні вагомні переваги. Ось детальніше про їхнє використання у таких системах. Порівняно з іншими типами акумуляторів, такими як нікель-метал-гідридні (NiMH) або літєві (Li-ion), LiPo акумулятори мають найвищу щільність енергії. Приблизний вигляд стандартного для БПЛА я покажу на рисунку 2.5 Це означає, що вони можуть забезпечувати більше енергії при меншому об'ємі і вазі, що є критичним для БПЛА, де кожен грам і кубічний сантиметр обладнання має значення для максимального часу польоту і продуктивності. LiPo акумулятори відомі своєю легкістю та компактністю.

Це дозволяє їм ідеально підходити для використання в БПЛА, де важливо зберігати вагу на мінімальному рівні для досягнення найкращих польотних характеристик і маневреності. LiPo акумулятори здатні швидко видавати великі потоки струму, що є необхідним для живлення моторів і систем керування в БПЛА, особливо під час старту і маневрування. Ця характеристика дозволяє БПЛА бути швидкими і маневреними, забезпечуючи необхідну ефективність. LiPo акумулятори мають короткий час зарядки і високу ефективність, що є важливим для зменшення часу, необхідного для підготовки БПЛА до наступної місії. Це підвищує продуктивність і зменшує час простою БПЛА [13].



Рисунок 2.5 – Літій-полімерний акумулятор для дрона (LiPo)

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

При роботі з LiPo акумуляторами необхідно дотримуватися правил безпеки, оскільки вони можуть бути чутливі до перегріву, перевантаження і неправильного заряду. Дотримання виробником рекомендацій та використання спеціалізованих зарядних пристроїв і захисних систем є ключовим для збереження безпеки експлуатації. Використання LiPo акумуляторів в безпілотних літальних апаратах є доречним і ефективним рішенням, яке забезпечує високу енергоефективність, легкість і безпеку експлуатації. Вони ідеально підходять для застосування в БПЛА різних класів, від невеликих дослідницьких пристроїв до професійних апаратів для розвідки, навчання або військових операцій.

Складання рами є важливим кроком, який забезпечує міцність і надійність конструкції вашого безпілотного літального апарата. Ось покрокова інструкція, як ми це зробити.

Ми переконались, що всі компоненти, необхідні для складання рами, на місці. Це включає центральні пластини (верх і низ), всі чотири промені, кріплення для моторів, стяжки і всі необхідні гвинти та гайки. Помістили центральну пластину на робочій поверхні. Ця частина буде основою вашої рами. Встановили і закріпили стійки на центральній пластині, якщо рама має багат шарову конструкцію то використовуйте відповідні гвинти, щоб забезпечити міцне з'єднання. Розклали промені рами поруч із центральною пластиною. Переконайтеся, що ви знаєте, де будуть розташовані кожна з них (передні, задні).

Закріплення до центральної пластини: Прикріпили кожен промінь до центральної пластини за допомогою гвинтів. Вставили гвинти через отвори в них і закрутіть їх у відповідні отвори на центральній пластині використовуючи фіксатор різьби. І взагалі фіксатор ми використовуємо на протязі усього процесу збірки окрім верхньої кришки, бо якщо ми щось не так зробили або хочемо щось змінити на краще то зірвати болти буде дуже важко. Використовували гайки для надійного закріплення, якщо це передбачено конструкцією. Переконавшись, що всі промені закріплені рівномірно і симетрично.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		23

Це важливо для забезпечення стабільного польоту. Ми взяли кріплення для моторів і переконайтеся, що вони підходять до кінців променів. Встановіть кріплення для моторів на кінцях променя. Використовуйте гвинти, які постачаються з кріпленнями, щоб забезпечити надійне кріплення. Якщо конструкція передбачає використання додаткових стяжок або кріплень для зміцнення, встановіть їх на місце. Це можуть бути стяжки, що з'єднують промені між собою або додаткові пластини, що підвищують жорсткість рами. Перевірте всі гвинти і з'єднання, переконайтеся, що все надійно закріплено та закручено на фіксатор різьби. Підтягніть гвинти, якщо це необхідно, але не перетягуйте їх, щоб не пошкодити матеріали або не зірвати різьбу.

2.2 Методи зв'язку між БПЛА та апаратурою

Для стабілізації та навігації безпілотного літального апарата (БПЛА) важливо використовувати різні датчики, які забезпечують точне позиціонування та стійкість в польоті. Ось докладний опис основних датчиків, які вам знадобляться.

Гіроскопи вимірюють кутову швидкість або обертання апарата навколо його осей (X, Y, Z). Це дозволяє контролеру польоту визначати, як швидко апарат обертається і в якому напрямку. Використовується для стабілізації польоту, утримання рівня і корекції положення. Гіроскоп допомагає підтримувати стабільність БПЛА, коригуючи будь-які небажані зміни в положенні. Буде зображений на рисунку 2.6

Акселерометри вимірюють лінійне прискорення по осях X, Y і Z. Вони виявляють зміни в швидкості та напрямку руху. Використовується разом з гіроскопом для стабілізації і визначення положення БПЛА в просторі. Акселерометри допомагають контролеру польоту визначати, чи знаходиться апарат в горизонтальному положенні, і коригувати його для підтримання рівноваги. Барометри вимірюють атмосферний тиск, який змінюється з висотою.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

Використовується для визначення висоти польоту. Барометричний датчик дозволяє БПЛА утримувати стабільну висоту і виконувати точні вертикальні маневри, що важливо для автономних польотів і стабільної зйомки.



Рисунок 2.6 – Акселерометр та барометр

Для більш точного визначення положення і стабілізації польоту, контролери польоту часто використовують комбінацію даних з гіроскопів, акселерометрів і барометрів.

Це дозволяє фільтрувати шуми і помилки окремих датчиків, отримуючи більш точну інформацію. Всі ці датчики підключаються до контролера польоту, в ролі якого в нас буде виступати Arduino з датчиками, який обробляє отримані дані і приймає рішення щодо управління моторами для стабілізації і навігації апарата. Вибирайте якісні датчики від надійних виробників, які забезпечують

високу точність і стабільність вимірювань. Перед використанням датчиків обов'язково проведіть їх калібрування.

Це допоможе уникнути похибок і забезпечить правильну роботу системи стабілізації і навігації. Використовуйте відповідне програмне забезпечення для налаштування і тестування датчиків. Наприклад, Betaflight, iNav, або ArduPilot мають інструменти для роботи з датчиками. На рисунку 2.7 показана одна із найпопулярніших та найкращих програм для повного налаштування БПЛА

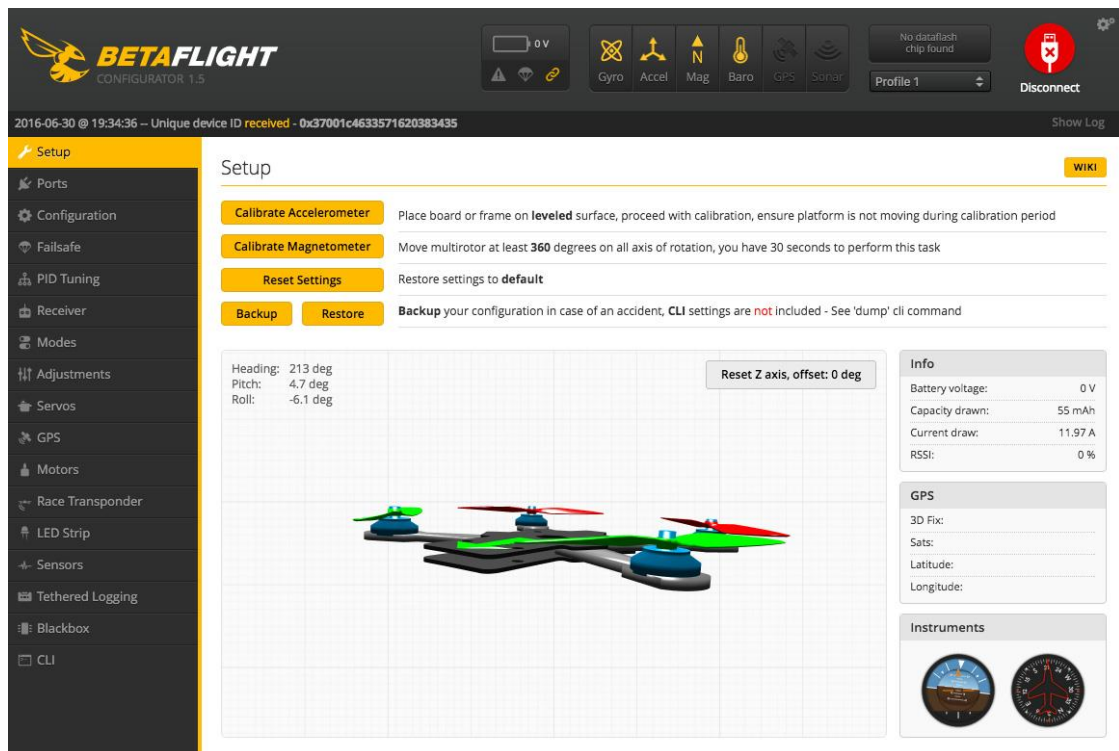


Рисунок 2.7 – Програма для налаштування Betaflight

Датчики відіграють ключову роль у стабілізації та навігації безпілотних літальних апаратів. Гіроскопи, акселерометри, барометри забезпечують необхідну інформацію для точного контролю положення і руху БПЛА, що дозволяє йому виконувати складні завдання з високою точністю і надійністю [14].

Спробуємо підключити відеоапаратуру до польотного контролера щоб була трансляція зображення на екран. Витягуємо непотрібні піни контакти на FPV-камері. Зазвичай камери мають три контакти: живлення (VCC), земля (GND) і відео (Video out). З'єднайте відеовихід (Video out) камери з відеовходом

(Video in) на VTX. Стандартну відеоапаратуру на рисунку 2.8 я придбав доволі не дорого та вона дійсно виконує свої функції на всі 100%.

Підключіть живлення і землю камери до відповідних контактів на VTX або до джерела живлення, яке використовує ваш БПЛА. Наприклад, можна використовувати акумулятор 3S LiPo (11.1V) з ВЕС для зниження напруги до 5V, якщо це потрібно для камери. Підключіть живлення VTX до акумулятора БПЛА.



Рисунок 2.8 – Відеопередавач iFlight BLITZ Whoop 5.8G [12]

Переконайтеся, що використовуєте правильну напругу, яку підтримує ваш VTX (наприклад, багато VTX працюють з напругою від 7V до 24V). Переконайтеся, що земля (GND) підключена правильно для уникнення перешкод у відеосигналі.

Потім спробуємо перевірити правильність підключення відеопередавача. Підключіть живлення і землю VRX до джерела живлення. Зазвичай це може бути той самий акумулятор або інше джерело живлення, яке підтримує приймач. Підключення до Arduino (опціонально)

Якщо ви хочете керувати каналами VTX або іншими параметрами за допомогою Arduino, вам знадобиться підключити сигнальні дроти VTX до Arduino. Підключіть сигнальний пін (якщо є) VTX до одного з цифрових входів/виходів (GPIO) на Arduino. Програмуйте Arduino для керування цим сигналом. Наприклад, можна використовувати цифрові виходи для перемикання каналів VTX або регулювання потужності передачі, якщо це підтримується вашим VTX.FPV-настройки: Переконайтеся, що VTX і VRX налаштовані на один і той самий канал і частоту. Це можна зробити, використовуючи кнопки або перемикачі на пристроях або через програмне забезпечення, якщо ваші компоненти підтримують таку функцію.

Перевірте всі з'єднання і переконайтеся, що всі компоненти підключені правильно. Увімкніть живлення і перевірте, чи передається відео від камери до VTX, а потім до VRX і FPV-окулярів або монітора. Налаштуйте фокус і кут огляду камери для найкращої якості відео. Таким чином, ви зможете підключити відео до БПЛА на базі Arduino і забезпечити передачу відеосигналу в реальному часі. Однак, майте на увазі, що Arduino в цьому випадку виконує роль контролера і не обробляє відеосигнал безпосередньо.

Зв'язок між дроном на Arduino Uno та пультом управління який зображений на рисунку 2.9 може бути забезпечений за допомогою бездротових модулів.

Основні компоненти для забезпечення зв'язку включають радіомодулі для передачі даних, такі як модулі на основі RF (наприклад, модулі на основі NRF24L01) або модулі на основі Bluetooth (наприклад, HC-05 або HC-06). Для модуля RF, підключіть пін модуля (наприклад, NRF24L01) до відповідних пінів Arduino (SPI і цифрові пін для керування). Для Bluetooth модуля (наприклад, HC-05 або HC-06), підключіть TX модуля до RX Arduino і RX модуля до TX Arduino. Також підключіть VCC до +5V і GND до землі Arduino.

Використовуйте відповідну бібліотеку для комунікації з обраним модулем (наприклад, RF24 для NRF24L01 або SoftwareSerial для Bluetooth модулів).



Рисунок 2.9 – Пульт керування фірми RadioMaster [15]

Програму для передачі даних з Arduino Uno на пульт управління і навпаки можна знайти у вільному доступі. Наприклад, можна передавати сигнали керування (такі як сигнали керування моторами або команди для камери). Аналогічно підключіть модуль до пульта управління (якщо він підтримує зовнішні модулі). Переконався, що з'єднання відповідають з'єднанням на Arduino (VCC до +5V, GND до землі, TX до RX і RX до TX). На рисунку 2.10 показана стандартна ELRS на дві антени яка має частоту 900MHz та дуже чудово показала себе в тестах на дальність зв'язку. Програму, що читає дані з модуля приймача і виконує відповідні дії на пульті (наприклад, керування важелями або відображення на екрані). Розробив логіку управління відповідно до сигналів, які отримуються від БПЛА. Використовував передачу даних для відправки команд керування з пульта на Arduino у БПЛА

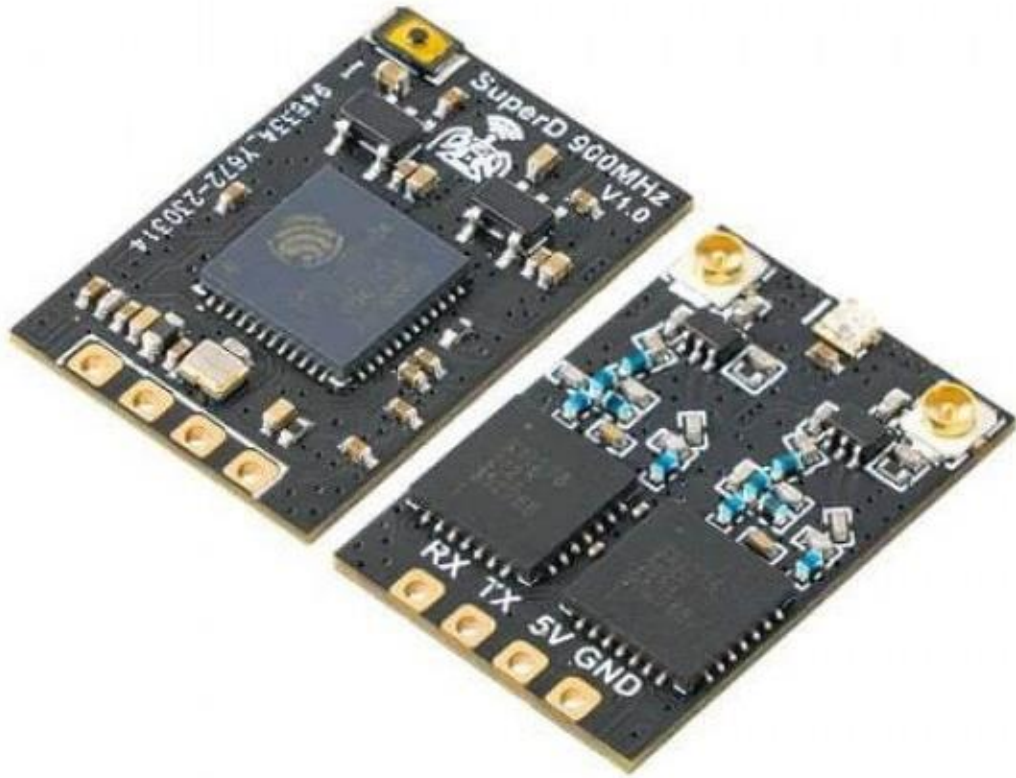


Рисунок 2.10 – ELRS SuperD 900MHz [17]

Якщо необхідно, можна налаштувати зворотній зв'язок, щоб БПЛА повертав інформацію на пульт управління (наприклад, статус батареї або телеметрія). Після підключення і програмування перевірів, що правильно працюють всі зв'язки. Виконав тестові польоти та управління, щоб переконатися, що БПЛА реагує на сигнали з пульта управління належним чином.

Цей підхід дозволяє забезпечити надійне бездротове з'єднання між БПЛА на Arduino Uno та пультом управління, використовуючи доступні модулі RF або Bluetooth.

2.3 Тестування підключення та сумісності усіх компонентів

Зв'язок між дроном на Arduino Uno та пультом управління може бути забезпечений за допомогою бездротових модулів. Основні компоненти для

забезпечення зв'язку включають радіомодулі для передачі даних, такі як модулі на основі RF (наприклад, модулі на основі NRF24L01) або модулі на основі

Bluetooth (наприклад, HC-05 або HC-06). Для модуля RF, підключіть пін модуля (наприклад, NRF24L01) до відповідних пінів Arduino (SPI і цифрові пін для керування). Для Bluetooth модуля (наприклад, HC-05 або HC-06), підключіть TX модуля до RX Arduino і RX модуля до TX Arduino. Також підключіть VCC до +5V і GND до землі Arduino. Використовуйте відповідну бібліотеку для комунікації з обраним модулем (наприклад, RF24 для NRF24L01 або SoftwareSerial для Bluetooth модулів).

Потрібно було написати програму для передачі даних з Arduino Uno на пульт управління і навпаки. Наприклад, ви можете передавати сигнали керування (такі як сигнали керування моторами або команди для камери) [15]. Аналогічно підключіть модуль до пульта управління (якщо він підтримує зовнішні модулі). Переконайтеся, що з'єднання відповідають з'єднанням на Arduino (VCC до +5V, GND до землі, TX до RX і RX до TX).

Напишіть програму, що читає дані з модуля приймача і виконує відповідні дії на пульті (наприклад, керування важелями або відображення на екрані).

Розробляйте логіку управління відповідно до сигналів, які отримуються від дрона. Використовуйте передачу даних для відправки команд керування з пульта на Arduino у дроні.

Якщо необхідно, можна налаштувати зворотній зв'язок, щоб дрон повертав інформацію на пульт управління (наприклад, статус батареї або телеметрія). Після підключення і програмування перевірте, чи правильно працюють всі зв'язки. Виконайте тестові польоти та управління, щоб переконатися, що дрон реагує на сигнали з пульта управління належним чином.

Цей підхід дозволяє забезпечити надійне бездротове з'єднання між дроном на Arduino Uno та пультом управління, використовуючи доступні модулі RF або Bluetooth. Тестування зібраного дрона в домашніх умовах є важливим етапом для перевірки його працездатності та безпеки перед польотами на відкритому повітрі. Ось кілька кроків, які допоможуть вам правильно провести тестування-

Переконайтеся, що всі компоненти дрона добре зібрані і змонтовані. Перевірте, чи всі проводи підключені правильно і чи немає жодних механічних пошкоджень.

Підключіть акумулятор до дрона. Впевніться, що положення підключення акумулятора забезпечує збалансованість дрона і не перешкоджає роботі пропелерів. Завантажте програмне забезпечення (скетч) на Arduino Uno або інший мікроконтролер, що керує дроном. Переконайтеся, що програма працює належним чином і не містить помилок. Увімкніть дрон і випробуйте його реакцію на команди з пульта управління (якщо ви використовуєте бездротове з'єднання). Переконайтеся, що дрон рухається відповідно до команд і відповідає на сигнали правильно.

Підніміть дрона на невелику висоту і перевірте, чи зберігає він стабільність. Він не повинен дрімати або підвішуватися нерівномірно. Якщо ваш дрон оснащений камерою, перевірте її роботу. Включіть передачу відео на пульт управління і переконайтеся, що зображення передається без перешкод і якості. Проведіть короткі злітно-посадкові випробування, піднімаючи дрон на невелику висоту і знову спускаючи на землю.

Перевірте, чи утримується стабільність під час злітання і посадки. Якщо у вас є достатньо місця і умови для цього, випробуйте керування дроном в повітрі на низькій висоті. Виконуйте маневри (повороти, рухи вперед і назад) і перевірте, як дрон відповідає на команди з пульта.

Завжди дотримуйтеся правил безпеки під час тестування дрона. Розташовуйтеся в безпечному відстані від пропелерів і не підходьте занадто близько до дрона під час його роботи. Переконайтеся, що ви відповідаєте всім місцевим правилам і вимогам, що стосуються реєстрації дрона та отримання необхідних ліцензій для польотів. Правильне тестування дрона в домашніх умовах допоможе вам впевнитися в його працездатності і безпеці перед переходом до польотів на відкритих площах [16].

Зважаючи на важливість тестування дрона перед польотами, ось ще кілька додаткових порад і кроків для правильного проведення тестів в домашніх

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		32

умовах. Якщо ваш дрон має функції автономного керування або маршрутизації, переконайтеся, що вони працюють належним чином. Програмуйте маршрути або налаштовуйте точки навігації і перевіряйте, як дрон реагує на ці команди. Випробуйте реакцію дрона на втрату зв'язку або інші ситуації, які можуть призвести до втрати стабільності.

Перевірів, чи дрон вміє відновлювати стабільність і автоматично повертатися до точки старту у випадку проблем. Використовуйте термінальну відомість (якщо підтримується вашою системою) для моніторингу даних дрона під час тестування. Вона може надавати корисну інформацію про стан акумулятора, температуру, координати та інші важливі параметри. Перевірте налаштування чутливості керування дроном.

Налаштувати їх так, щоб дрон реагував на ваші команди з достатньою точністю і контролем. Перевірте реакцію дрона на аварійні ситуації, такі як втрата зв'язку або критичне зниження заряду акумулятора. Впевніться, що аварійні процедури працюють належним чином і дрон може безпечно приземлитися або повернутися до точки старту. Перевіряйте оновлення програмного забезпечення дрона і компонентів регулярно. Оновлення можуть включати виправлення помилок, поліпшення функціональності та підвищення загальної надійності системи.

Якщо ваш дрон підтримує різні режими польоту (наприклад, ручне керування, стабілізація, автономний політ), перевірте їх усі для того, щоб переконатися в їх правильній роботі. Ведіть записи про результати тестувань, зокрема про виявлені проблеми, вирішені проблеми та відповідні налаштування.

Тестування дрона в домашніх умовах є важливим кроком перед використанням його у відкритих просторах. Це дозволяє вам перевірити всі аспекти його роботи, забезпечити безпеку і підготувати дрон до успішних польотів.

Перевірка системи передачі відео (FPV): Якщо ваш дрон оснащений системою FPV (перша особа), переконайтеся, що з'єднання між камерою на дроні і приймачем на пульті управління працює належним чином. Випробуйте

з'єднання на різних відстанях і в різних умовах, щоб переконатися в стабільності передачі зображення [17]. Випробування в умовах обмеженої видимості: Якщо ви плануєте використовувати дрона в умовах обмеженої видимості (наприклад, вночі або при поганих погодних умовах), виконайте тестування в таких саме умовах. Переконайтеся, що система освітлення (якщо є) і система орієнтації працюють належним чином.

Запишіть час роботи акумулятора під час кожного тестування і аналізуйте, як цей час може змінюватися в залежності від режимів польоту і умов. Якщо ваш дрон підтримує автопілотні функції, такі як автоматична стабілізація, точне позиціонування або маршрутизація, випробуйте ці функції в умовах тестування. Переконайтеся, що вони працюють надійно і відповідають вашим очікуванням. Якщо плануєте використовувати дрона в умовах зміни висоти, температурних коливань або сильних вітрів, виконайте тестування в таких умовах. Переконайтеся, що дрон відповідає на команди, утримує стабільність і виявляє адекватну реакцію на зміни умов [16, 20].

Якщо у вашому дроні є система аварійного відключення (наприклад, в разі втрати зв'язку або низького рівня заряду акумулятора), перевірте, як вона працює. Переконайтеся, що дрон може автоматично повернутися до базової точки або безпечно приземлитися в разі потреби. Якщо ваш дрон оснащений системою GPS або іншими системами навігації, випробуйте їх працездатність. Перевірте, як точно дрон визначає своє місцезнаходження і як він коригує маршрути при необхідності. Тестуйте в різних режимах польоту і умовах, щоб забезпечити повне ознайомлення з можливостями вашого дрона і його реакцією на різні ситуації.

Я записував в журнал тестів, в якому фіксував всі результати і спостереження. Це допомогло нам здійснювати налагодження і вдосконалення в майбутньому.

Правильне тестування дрона в домашніх умовах дозволило нам не тільки перевірити його функціональність, але й забезпечити безпечність і ефективність польотів в майбутньому.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

Під час тестування дрона в домашніх умовах важливо враховувати різні аспекти його функціонування і безпеки. Ось ще деякі аспекти, які варто протестувати.

Ми переконались, що компас і акселерометр належним чином калібруються. Це важливо для точності навігації і стабілізації під час польоту.

Тестування системи видаленого керування якщо ви плануєте використовувати дрона на великій відстані, випробуйте систему видаленого керування. Переконайтеся, що з'єднання з пультом управління стійке і надійне. Тестування відгуку на екстремальні умови: Симулюйте екстремальні умови, такі як сильний вітер або швидке зміна напрямку польоту, і перевірте, як дрон відповідає на такі ситуації. Якщо ваш дрон оснащений системою уникання перешкод або сенсорами відстані, випробуйте їх роботу [18].

Підготовка до експлуатації в різних умовах. Я планував використовувати дрона в різних погодних умовах (дощ, сніг, спека), випробовую його працездатність в таких умовах і переконайтеся, що він може працювати надійно. Переконався, що система GPS надає достатньо точних координат і правильно коригує маршрути польоту при необхідності.

2.4 Висновок

Створення безпілотного літального апарату (БПЛА) на базі платформи Arduino є складним і водночас захоплюючим проектом, який поєднує в собі елементи електроніки, програмування та механіки. Це завдання може бути складним, але воно надає можливість глибше зрозуміти роботу сучасних технологій. Початкові етапи включають визначення цілей проекту та вимог до системи, що дозволяє чітко розуміти, які функції та характеристики повинні мати БПЛА. Вибір компонентів є ключовим моментом на початковому етапі проекту. Для початку можна використовувати мікроконтролери Arduino Uno або Arduino Mega. Вони є популярними через свою доступність і легкість у

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

використанні. Проте, для більш просунутих проектів, які потребують більшої кількості портів і обчислювальної потужності, рекомендується використовувати контролери з більшими можливостями. Одним із найважливіших компонентів є контролер польоту, який інтегрується з Arduino. Популярними варіантами є MultiWii або ArduPilot.

Вибір контролера польоту залежить від конкретних потреб і вимог до функціональності БПЛА. Також необхідно обрати безщіткові мотори, які є найкращим вибором для нашого проекту. Наприклад, мотори фірми Brother Hobby, які забезпечують необхідну потужність та ефективність. Кожен двигун потребує регулятора швидкості (ESC) для контролю обертів. Важливо, щоб вибраний ESC відповідав потужності та току моторів, забезпечуючи надійну роботу без перегріву.

Рама БПЛА також відіграє важливу роль у його конструкції. Ми можемо обрати готову карбонову раму, таку як MARK 4 розміром 10 дюймів, яка є надійною, легкою і відносно недорогою. Для стабілізації та навігації необхідно використовувати різні датчики, включаючи гіроскопи, акселерометри, барометри та GPS-модулі. Ці датчики забезпечують точне позиціонування та стійкість в польоті, що є важливим для безпечної та ефективної експлуатації БПЛА. Для дистанційного керування БПЛА потрібен радіопередавач і приймач. Наприклад, пульт керування фірми RadioMaster забезпечує надійний зв'язок між пілотом і БПЛА.

Важливою частиною проекту є вибір та підключення відеоапаратури для передачі зображення в реальному часі. Для цього використовуються FPV-камери та відеопередавачі, такі як iFlight BLITZ Whoop 5.8G, що забезпечують якісну передачу відеосигналу. Для забезпечення стабільного зв'язку між БПЛА та пультом управління можна використовувати бездротові модулі, такі як NRF24L01 або Bluetooth HC-05. Важливо правильно підключити ці модулі до Arduino і написати програму для передачі даних та команд між компонентами. Це дозволить забезпечити надійне бездротове з'єднання і ефективне керування БПЛА.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

Після збирання всіх компонентів та налаштування системи необхідно провести ретельне тестування. Перевірка правильності підключення, стабільності польоту та реакції на команди з пульта управління є важливими етапами перед початком польотів на відкритому повітрі. Тестування включає перевірку роботи відеосистеми, автопілотних функцій та стабільності в різних умовах. Дотримання правил безпеки під час тестування та експлуатації БПЛА є критично важливим. Переконайтеся, що всі компоненти правильно зібрані та змонтовані, всі з'єднання надійні, і немає механічних пошкоджень. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для налаштування та моніторингу системи, такого як Betaflight, допоможе оптимізувати роботу БПЛА.

Проект створення БПЛА на базі Arduino є чудовою можливістю для вивчення сучасних технологій, інженерних рішень та програмування. Він відкриває двері до подальших інновацій у галузі безпілотних літальних апаратів, дозволяючи реалізовувати складні технічні завдання та досліджувати нові можливості використання БПЛА у різних сферах.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
						37
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДРОНА НА ARDUINO

3.1 Проведення експериментів для оцінки ефективності розробленого БПЛА

Мета цього експерименту полягає у перевірці працездатності та ефективності зібраного дрона на основі контролера Arduino в різних умовах. Експеримент спрямований на тестування функціональності, стабільності та надійності дрона, а також на оцінку його здатності виконувати поставлені завдання. Перед початком робіт ми маємо переконатись, що всі компоненти дрона (контролер, двигуни, ESC, акумулятор, рама, датчики) належним чином підключені та працюють та не мають лишніх шумів які показанні на рисунку 3.1. Переконатись, що акумулятор повністю заряджений для забезпечення стабільного електроживлення протягом усього експерименту. Виконати калібрування гіроскопа, акселерометра, компаса та інших сенсорів для забезпечення точних вимірювань. Перевірити всі з'єднання та проводи на наявність пошкоджень та правильність підключення.



Рисунок 3.1 – Дія шумів від електродвигунів на коло сигналів назького рівня

Експеримент складається з кількох етапів, кожен з яких включає певні тестові завдання для дрона. Перевірка зв'язку-тестування зв'язку міжконтролером

Arduino і пультом управління. Тестування моторів та ESC-перевірка роботи всіх моторів і електронних регуляторів швидкості. Перевірка сенсорів тестування роботи гіроскопа, акселерометра, барометра та GPS. Короткі злітно-посадкові випробування-піднімання дрона на невелику висоту і його посадка для перевірки стабільності. Тестування маневреності-виконання базових маневрів (вперед, назад, вліво, вправо) для перевірки керованості. Перевірка стабілізації-тестування здатності дрона утримувати стабільний політ. Тестування GPS-перевірка роботи GPS-модуля та його здатності точно визначати місцезнаходження дрона.

Після проведення експерименту ми проаналізувати отримані результати. Записав всі вимірювання, які були зроблені під час тестування, включаючи час польоту, точність GPS, стабільність та інші параметри. Оцінив наскільки дрон відповідає поставленим завданням.

Дуже потрібно звернути увагу на стабільність польоту, точність виконання команд та роботу всіх сенсорів. Виявити проблеми або несправності, які виникли під час експерименту та аналізував причини цих проблем і визначив можливі шляхи їх вирішення.

Порівняти отримані результати з очікуваннями та початковими цілями експерименту. На основі проведеного дослідження зробіть висновки щодо працездатності дрона на основі Arduino.

Визначили наскільки дрон відповідає вашим вимогам і очікуванню. Намітили подальші кроки для розробки і тестування дрона, включаючи додаткові експерименти та випробування [19].

Цей підхід дозволив нам систематично та детально перевірити всі аспекти роботи дрона, забезпечити його надійність та підготувати до подальшої експлуатації.

Мета експерименту полягає в оцінці ефективності, стабільності та надійності дрона, зібраного на основі контролера Arduino, під час виконання різних завдань. Цей експеримент допоможе визначити, чи відповідає дрон поставленим вимогам та очікуванням, а також дозволить виявити можливі

проблеми та шляхи їх усунення. Перш ніж почати експеримент, важливо переконатися, що всі компоненти дрона належним чином підключені та функціонують та щоб він міг нести корисний вантаж як на рисунку 3.2 Контролер Arduino є центральним елементом, який керує всіма іншими компонентами, включаючи двигуни, електронні регулятори швидкості (ESC), акумулятор, раму та сенсори.



Рисунок 3.2 – Тестування дрону з корисним вантажем

Акумулятор має бути повністю зарядженим, щоб забезпечити стабільне електроживлення протягом усього експерименту. Недостатній заряд може призвести до зниження продуктивності та нестабільної роботи дрона. Сенсори, такі як гіроскоп, акселерометр, компас та GPS, потребують калібрування для точних вимірювань. Наприклад, калібрування гіроскопа дозволяє дрону точно визначати своє положення у просторі, що є критично важливим для стабільного польоту. Перевірка з'єднань включає огляд всіх проводів та з'єднань на наявність пошкоджень та правильність підключення.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

Неправильне підключення або пошкоджені дроти можуть призвести до непередбачуваної поведінки дрона. Мінімізація шумів є важливим етапом, оскільки електродвигуни можуть створювати електромагнітні перешкоди, що впливають на роботу сенсорів. Використання екранів та фільтрів може допомогти зменшити ці перешкоди. Експеримент складається з кількох етапів, кожен з яких спрямований на перевірку окремих аспектів роботи дрона. Перевірка стресової ситуації зображено на рисунку 3.3 Це включає тестування прийому та передачі сигналів, що дозволяє дрону отримувати команди та передавати дані. Наступним етапом є тестування моторів та ESC. Це включає перевірку всіх двигунів на предмет правильного обертання та відповідності заданим швидкостям. Проблеми з моторами або регуляторами швидкості можуть призвести до нестабільного польоту або навіть падіння дрона. Після цього проводиться перевірка сенсорів.



Рисунок 3.3 – Перевірка дрону в польоті на супротив вітру

Гіроскоп, акселерометр, барометр та GPS повинні бути протестовані на предмет точності та стабільності вимірювань. Наприклад, гіроскоп забезпечує дані про Орієнтацію дрона, акселерометр вимірює прискорення, а GPS визначає точне місцезнаходження. Короткі злітно-посадкові випробування дозволяють

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

перевірити здатність дрона підніматися на невелику висоту та плавно приземлятися. Це важливий етап для оцінки стабільності та керованості дрона. Тестування маневреності включає виконання базових маневрів, таких як рух вперед, назад, вліво та вправо. Це допомагає оцінити, наскільки точно дрон виконує команди та чи може він стабільно утримувати задану траєкторію. На заключному етапі проводиться тестування стабілізації та GPS-модуля. Перевірка стабілізації включає оцінку здатності дрона утримувати стабільний політ при впливі зовнішніх факторів, таких як вітер. Тестування GPS-модуля визначає точність визначення місцезнаходження та здатність дрона повертатися до заданої точки.

Після проведення всіх тестів необхідно ретельно проаналізувати отримані результати. Це включає запис всіх вимірювань, таких як час польоту, точність GPS, стабільність польоту та інші параметри. Аналіз даних допоможе виявити проблеми або несправності, що виникли під час експерименту, та визначити їх причини. На основі отриманих результатів слід оцінити, наскільки дрон відповідає поставленим завданням. Важливо порівняти результати з початковими очікуваннями та цілями експерименту. Це дозволить зробити висновки щодо працездатності дрона та його відповідності вимогам. Результати експерименту можуть стати основою для подальших розробок та вдосконалення дрона. На основі аналізу даних можна визначити напрямки для покращення стабільності, точності виконання команд та роботи сенсорів. Це може включати додаткові експерименти та випробування, які допоможуть досягти більшої надійності та ефективності роботи дрона. Систематичний підхід до тестування та вдосконалення дрона дозволить підготувати його до подальшої експлуатації та застосування в різних умовах. Це важливий етап у розвитку технологій на базі Arduino, що відкриває нові можливості для використання дронів у різних сферах, таких як дослідження, моніторинг та доставка вантажів.

3.2 Проектування схеми електричної структурної

Після проведення експериментального дослідження дрона на базі Arduino, необхідно проаналізувати результати та порівняти їх з існуючими методами і технологіями в галузі безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Це допоможе визначити переваги та недоліки розробленої системи, зображено на рисунку 3.4 а також окреслити напрями для вдосконалення.

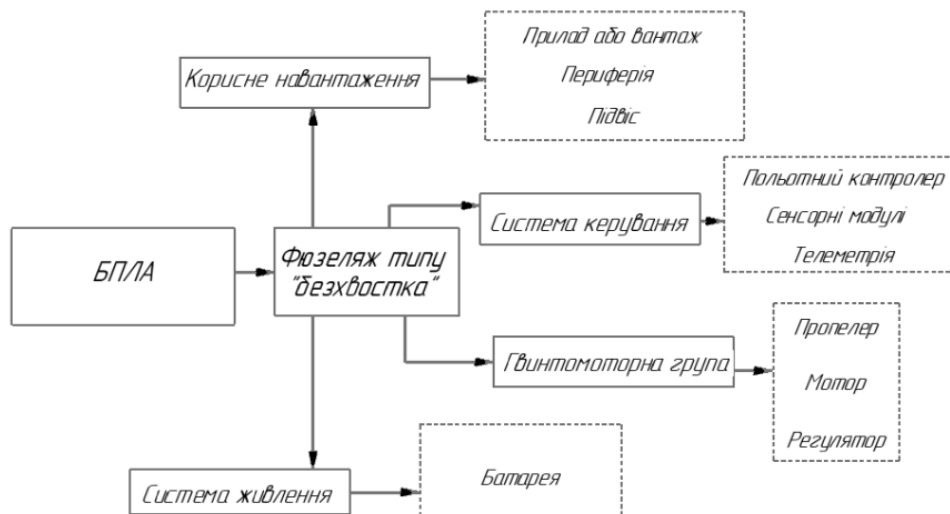


Рисунок 3.4 – Схема електрична структурна

Дрон на Arduino продемонстрував задовільну стабільність в умовах слабого вітру та на відкритих місцевостях. В умовах сильного вітру стабільність дещо погіршувалася, що вказує на необхідність оптимізації контролера стабілізації. Точність навігації GPS-модуль забезпечив прийнятну точність визначення місцезнаходження дрона.

Однак, у міських умовах із значною кількістю перешкод точність знижувалася. Час роботи дрона на одному заряді акумулятора склав приблизно 15-20 хвилин, що відповідає середнім показникам для БПЛА цього класу. Використання більш ємних акумуляторів або оптимізація енергоспоживання може збільшити час польоту [20]. Відгук на команди з пульта управління був швидким і точним, особливо в умовах прямої видимості. Дрон адекватно реагував на зміни напрямку та висоти. Системи аварійного відключення та

повернення до базової точки працювали належним чином. Дрон успішно повертався до точки зльоту у випадку втрати зв'язку або низького рівня заряду акумулятора. Використання Arduino і стандартних компонентів значно знижує загальну вартість проекту порівняно з комерційними БПЛА. Arduino дозволяє легко модифікувати і налаштовувати систему під конкретні завдання, що робить її привабливою для аматорських і дослідницьких проектів. Контролери Arduino мають обмежену обчислювальну потужність, що може впливати на продуктивність і функціональність дрона. Стабільність і точність польоту можуть бути покращені за допомогою більш просунутих контролерів польоту і сенсорів. Використання стандартних акумуляторів обмежує час польоту. Порівняно з комерційними дронами, цей параметр може бути нижчим. Іншою важливою частиною аналізу є оцінка витрат і вигод, пов'язаних із впровадженням розробленої системи. Експерименти перевірили не тільки ефективність захисту даних, а й економічні аспекти використання системи.

Це включає оцінку витрат на розробку, впровадження та підтримку системи порівняно з існуючими системами, а також визначення потенційної економії та переваг, які можуть бути результатом її використання. Результати показали, що вартість впровадження та обслуговування розробленої системи є конкурентоспроможною порівняно з аналогічними продуктами на ринку [21]. У той же час ефективність і надійність захисту, що забезпечується системою, забезпечує значні економічні переваги, зокрема. Зменшення витрат на відновлення даних через втрати через кібератаки та порушення безпеки. Крім того, система може надати додаткові переваги у вигляді підвищення довіри клієнтів і партнерів, покращення репутації компанії та забезпечення дотримання вимог законодавства щодо захисту персональних даних. Отже, результати експериментального аналізу разом з оцінкою економічних аспектів підтверджують переваги та конкурентоспроможність розробленої системи захисту інформації. Вони визначають його як ефективний інструмент для забезпечення безпеки даних і корпоративних ресурсів, який приносить значні економічні та стратегічні вигоди. Додатковим аспектом, який можна

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		44

враховувати при аналізі результатів експерименту, є вивчення впливу системи на загальну культуру безпеки в організації. Важливо оцінити, як впровадження нових систем вплине на обізнаність співробітників щодо безпеки та практику.

Цей аспект включає оцінку рівня обізнаності співробітників щодо загроз і ризиків кібербезпеки та їхньої здатності вчасно виявляти потенційні інциденти та повідомляти про них. Важливо визначити, наскільки ефективна система для покращення культури безпеки в організації шляхом надання навчальних матеріалів, навчання та своєчасного зворотного зв'язку.

Завчасне навчання персоналу та активна участь у впровадженні та використанні системи можуть значно підвищити ефективність заходів кібербезпеки та зменшити ймовірність інцидентів. Оцінка цього аспекту допоможе визначити потребу в додаткових навчальних заходах і розвинути культуру безпеки серед працівників. Такий аналіз доповнює загальну картину ефективності та використання системи та показує їхній вплив на середовище безпеки в організації. Додатковим елементом аналізу результатів експерименту є оцінка рівня сумісності та інтегрованості розробленої системи з існуючою інфраструктурою та програмними рішеннями в організації.

Це включає в себе оцінку того, наскільки легко система інтегрується з існуючими технологічними платформами та процесами організації. Оцінки сумісності допомагають визначити, наскільки швидко та гладко можна впроваджувати системи без порушення існуючих процесів і операцій.

Це може включати аналіз сумісності з різними операційними системами, базами даних, програмним і апаратним забезпеченням, які вже використовуються у вашій організації.

Забезпечення високого рівня інтеграції є ключовим аспектом успішного впровадження нових систем, оскільки дозволяє максимально використовувати існуючі ресурси та інфраструктуру. Також важливо враховувати масштабованість системи та її здатність працювати в різних середовищах та умовах. Тому оцінка рівня сумісності та інтеграції системи є важливим кроком у визначенні загальної ефективності системи та її придатності для впровадження в

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		45

конкретній організації. Дрон на основі Arduino демонструє належну ефективність для аматорських і навчальних цілей. Може використовуватися в різних умовах, але потребує вдосконалення для професійного застосування. Має перевагу в нижчій вартості порівняно з комерційними та військовими моделями. Встановлення більш ємних акумуляторів та покращення сенсорів. Використання цифрових систем для зменшення затримки і підвищення якості зображення. Проведення додаткових тестів в різних погодних умовах і місцевостях для забезпечення надійності. Цей підхід дозволить підвищити ефективність та надійність дрона, наблизивши його до рівня комерційних та військових моделей [24].

3.3 Алгоритм роботи пристрою

Мотори (1-4): Підключення до регулятора обертів моторів: Кожен мотор підключений до регулятора обертів моторів за допомогою трьох проводів. Мотор 1 підключений до виходів 1 регулятора, Мотор 2 до виходів 2, Мотор 3 до виходів 3, Мотор 4 до виходів 4. Це все зображено на рисунку 3.3 Живлення підключення до джерела живлення (24V та GND). Відповідальні за керування обертами кожного з чотирьох моторів. Підключення до польотного контролера керується польотним контролером за допомогою кількох проводів, що забезпечують сигнали управління (4V5, GND, T6, R6, 9V, VID, T5). Живлення підключення до джерела живлення (4V5 та 9V). Підключення до регулятора обертів моторів, підключений за допомогою кількох проводів для передачі сигналів управління. Підключення камери до польотного контролера через CAM, GND, Живлення підключення до 5V та GND.

Відеосигнал передача відеосигналу через CAM до польотного контролера. Живлення підключене до джерела живлення (9V та GND). Підключення до польотного контролера та передача відеосигналу від польотного контролера через VID, GND, T5. Живлення підключення до 4V5 та GND.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		46

Підключення до польотного контролера та передача сигналів управління через RX та TX центральним блоком управління, що приймає дані від камери та модулю зв'язку, обробляє їх і відправляє сигнали до регулятора обертів моторів. Камера знімає відео, яке передається через відеопередавач на наземний приймач. Посилаюсь на схему у рисунку 3.5

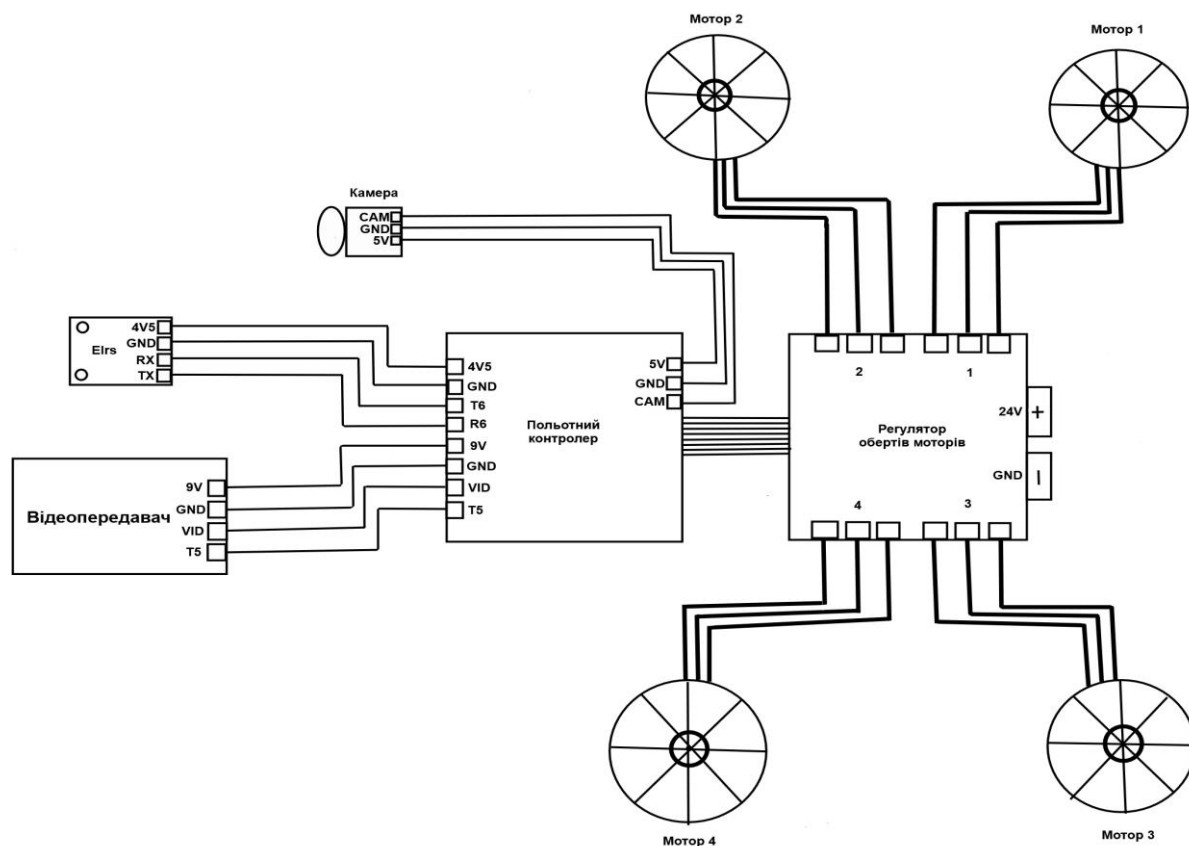


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова

3.4 Виявлення переваг та недоліків розробленого БПЛА, та рекомендації щодо подальшого вдосконалення

Використання Arduino та стандартних компонентів зменшує загальну вартість проекту, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Економічність у порівнянні з професійними рішенням, відсутність потреби у дорогому обладнанні і програмному забезпеченні робить проект більш економічним для експериментів і навчання. Простота інтеграції Arduino має простий інтерфейс, що дозволяє легко інтегрувати нові сенсори і модулі [22].

Велика спільнота користувачів Arduino забезпечує доступ до великої кількості ресурсів і документації, що спрощує розробку.

Використання Arduino сприяє навчанню основам програмування, електроніки та автономних систем, що робить його ідеальним для освітніх цілей. Проект дозволяє легко додавати нові функції і покращувати існуючі за допомогою додаткових модулів і компонентів.

Використання стандартних компонентів, які легко доступні на ринку, спрощує підтримку і ремонт.

БПЛА на базі Arduino можуть бути використані для різноманітних завдань, включаючи агрокультуру, відслідковування, рятувальні операції, картографію тощо. Інтуїтивний інтерфейс програмування та керування робить їх доступними для користувачів з різним рівнем технічної підготовки. Легко змінювати конфігурацію дрона, встановлюючи різні модулі та додаткові функції залежно від потреб проекту або задачі. Arduino забезпечує можливість інтеграції з іншими сучасними технологіями, такими як IoT, що розширює можливості застосування та подальшого апгрейду зображено на рисунку 3.6 де наглядно показана електрична схема

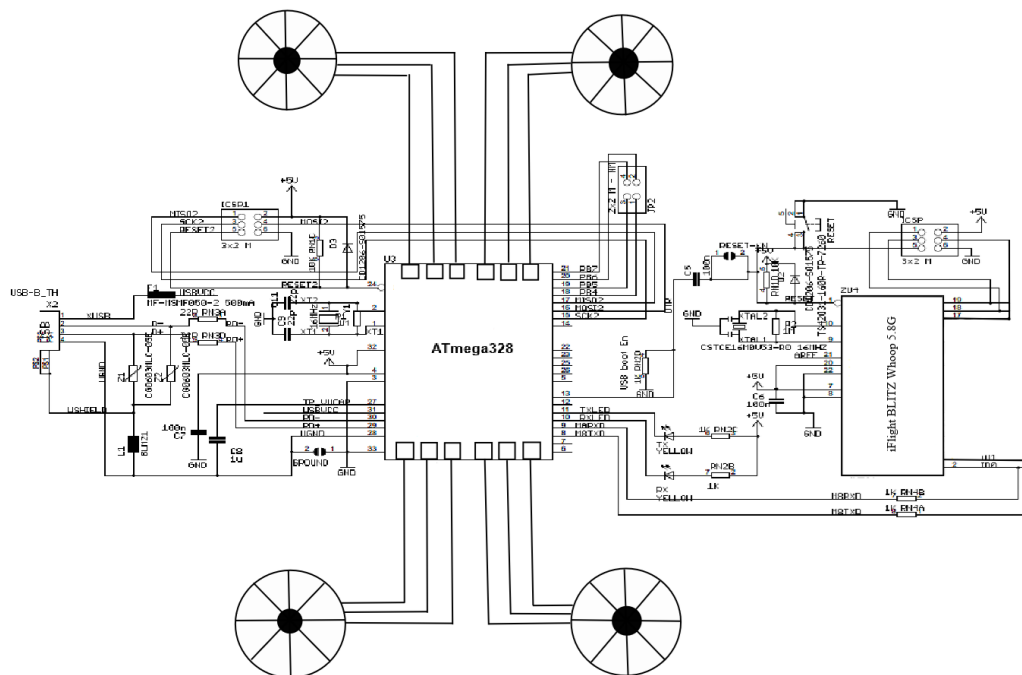


Рисунок 3.6 – Схема електрична функційна

Доступність ресурсів та відкрите програмне забезпечення сприяють інноваціям у сфері автономних систем та робототехніки. Ці переваги роблять БПЛА на базі Arduino привабливими для різноманітних застосувань, забезпечуючи гнучкість, доступність та можливість швидкої реакції на зміни у вимогах і умовах експлуатації. Перехід на більш потужні мікроконтролери або використання додаткових співпроцесорів для забезпечення більшої обчислювальної потужності.

Підбір акумуляторів з більшою ємністю або використання літій-іонних батарей для збільшення часу польоту. Перехід на цифрові системи FPV для зменшення затримки і підвищення якості зображення. Використання карбону або алюмінію для рами для збільшення міцності та довговічності [25].

Підвищення ефективності інтегрованих алгоритмів для кращої стабілізації та керування. Продовження тестування під різними умовами для виявлення можливих проблем і збору зворотного зв'язку. Вдосконалення алгоритмів управління та навігації для забезпечення більшої автономності польоту, включаючи автоматичне уникнення перешкод, розробку маршрутів та автопілота. Використання камери з високою роздільною здатністю для зйомки зображень або відео з повітря, що відкриває нові можливості у сферах моніторингу, картографування та візуальної навігації.

Впровадження більш ефективної та надійної системи передачі даних для забезпечення стабільного зв'язку з оператором та передачі великого обсягу даних. Використання оптимізованих аеродинамічних конструкцій, підбір ефективніших моторів та регуляторів швидкості для збільшення максимальної висоти та дальності польоту. Впровадження енергоефективних компонентів та систем управління енергоспоживанням для подовження часу польоту та зменшення ваги акумуляторів. Впровадження систем захисту від втрати зв'язку, відновлювання БПЛА у випадку аварійних ситуацій та забезпечення безпеки від несанкціонованого доступу. Вдосконалення дизайну рами та компонентів для забезпечення легкості обслуговування, швидкості заміни та ремонту.

Інтеграція сучасних технологій, таких як штучний інтелект для аналізу даних або автоматизовані системи для розвитку інтелектуальних функцій. Ці вдосконалення спрямовані на підвищення функціональності, продуктивності та надійності БПЛА на базі Arduino, роблячи їх більш конкурентоспроможними у різних сферах застосування від науки до комерції.

Обмежені ресурси пам'яті і обчислювальної потужності можуть обмежувати можливості у складних обчислювальних завданнях і обробці великого обсягу даних [26].

Використання стандартних літій-полімерних акумуляторів обмежує час польоту до приблизно 15-20 хвилин, що може бути недостатнім для деяких застосувань. Без підтримки RTK-GPS точність може бути недостатньою для точних навігаційних задач, особливо в умовах обмеженого сигналу або щільного забудови.

FPV Аналогові системи передачі відео можуть мати обмежену дальність і якість зображення, а також високу затримку, що може ускладнювати керування БПЛА. Використання дешевих матеріалів для рами може призвести до зниження міцності і довговічності конструкції, особливо в умовах екстремального використання.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) на базі мікроконтролерів Arduino є популярними варіантами для багатьох застосувань, від дослідницьких проєктів до комерційних систем. Однак, існують можливості для подальшого вдосконалення їхніх технічних характеристик та функціональності. Цей розділ розгляне ключові аспекти, які можна покращити для забезпечення ефективності та надійності БПЛА на базі Arduino.

Одним з важливих напрямків удосконалення є розширення автономності та покращення систем навігації.

Використання високоточних GPS-модулів, таких як RTK-GPS, може значно підвищити точність місцезнаходження та можливості автоматизованого польоту. Додавання інерціальних вимірювальних пристроїв (IMU), які

включають гіроскопи та акселерометри, дозволить досягти кращої стабілізації під час польоту та підвищити точність орієнтації [27].

Одним з основних викликів для БПЛА є обмеженість часу польоту через обмежену ємність акумуляторів. Оптимізація систем керування енергоспоживанням та використання більш ефективних акумуляторів, таких як літій-іонні, може значно підвищити час польоту.

Додатково, розробка систем зарядки через сонячні панелі або системи рекуперації енергії під час польоту може зробити БПЛА більш енергоефективними.

Інтеграція більш надійних та швидких систем передачі даних, таких як цифрові радіо модеми або використання мереж Internet of Things (IoT), дозволить вдосконалити віддалене керування та забезпечити стабільний зв'язок між оператором і БПЛА. Це особливо важливо для застосувань, де потрібна реального часу обмін інформацією, наприклад, в моніторингу довкілля або природних ресурсів.

Інтеграція високоякісних камер та систем обробки зображень дозволить використовувати БПЛА для візуальної навігації, аналізу поверхні землі та виконання інших завдань, які потребують великої точності та деталізації. Запровадження заходів безпеки, таких як системи автоматичного виявлення і уникнення перешкод, захист від несанкціонованого доступу та інші заходи безпеки, забезпечать надійність і безпеку використання БПЛА у різних умовах.

Усі ці вдосконалення спрямовані на забезпечення більшої ефективності, надійності та функціональності БПЛА на базі Arduino. Впровадження цих технічних рішень дозволить розширити сферу застосування БПЛА, забезпечити їхню конкурентоспроможність та відкрити нові можливості у сучасній робототехніці та автономних системах.

Ця розділова структура дозволить глибше розглянути кожен аспект удосконалення та зробить диплом чи наукову роботу з цієї теми вичерпнішою та інформативною. Розробка ефективних алгоритмів управління польотом для досягнення більшої стабільності і точності керування.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		51

Впровадження систем авто діагностики для раннього виявлення проблем та попередження аварійних ситуацій .Використання новітніх матеріалів для зменшення ваги і збільшення міцності конструкції БПЛА.

Розробка ефективної системи теплового управління для підтримання оптимальної температури електроніки під час тривалих польотів.

Системи для спеціалізованих завдань та впровадження спеціалізованих систем, таких як системи збору зразків для дослідницьких місій або системи доставки медичних препаратів. Розробка протоколів та інтерфейсів для співпраці з іншими автономними системами у великих мережах чи групових місіях.

Ці аспекти дозволяють розширити можливості та функціональність БПЛА, зробити їх більш адаптивними до різних умов і завдань. Вдосконалення у цих напрямках допоможе покращити ефективність та конкурентоспроможність безпілотних систем на ринку та в наукових дослідженнях [27]. Ультразвукові датчики є ефективними для виявлення перешкод на невеликій відстані. Вони вимірюють час, що проходить між відправленням сигналу і його відбиттям від перешкоди, що дозволяє визначити відстань до об'єкта. Це особливо корисно для автономних систем, які потребують уникнення статичних або рухомих перешкод, наприклад, дерев або будівель.

Інтеграція термічної камери або інфрачервоної системи дозволяє отримувати інформацію про теплове випромінювання землі та об'єктів на ній. Це особливо важливо для застосувань, де потрібно виявлення теплових аномалій, наприклад, для пошуку людей у надзвичайних ситуаціях або для моніторингу температурних змін в екологічних дослідженнях. Захист від несанкціонованого доступу до системи керування БПЛА та шифрування передачі даних є критичними для забезпечення конфіденційності і безпеки інформації. Використання сучасних методів криптографії та захисту мережі забезпечить надійність управління та перехоплення даних під час польоту.

Вдосконалення конструкції двигунів і пропелерів для зменшення шуму може зробити БПЛА менш помітними і менш важливими для довілля та людей.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		52

Це особливо важливо для застосувань, де потрібна висока ступінь конфіденційності чи де шум може впливати на довкілля або тваринний світ.

Розробка інтерфейсів для автоматизованої взаємодії з користувачем або замовником може включати створення програмного забезпечення для віддаленого моніторингу, програмування місій і аналізу даних. Це спростить процес управління і зробить БПЛА більш доступними для використання в різних сферах діяльності [28].

Використання систем штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних, прийняття рішень на основі отриманих від сенсорів даних та вдосконалення автономних функцій польоту може значно покращити ефективність та реакційність БПЛА. AI може використовуватися для автоматичної корекції траєкторій польоту, виявлення та класифікації об'єктів на землі, а також для оптимізації споживання енергії та інших параметрів.

Ці аспекти підкреслюють важливість технічного і програмного забезпечення для досягнення високої ефективності та надійності БПЛА на базі Arduino. Вдосконалення в цих напрямках можуть відкрити нові можливості для застосування в різних галузях, включаючи науку, комерцію, дослідження та розвідку.

Впровадження систем машинного навчання для навчання БПЛА розпізнавати об'єкти, робити прогнози та приймати рішення на основі отриманих від сенсорів даних. Наприклад, навчання класифікації об'єктів на землі або розпізнавання паттернів поведінки.

Розробка систем самокалібрування для автоматичної настройки і адаптації сенсорів і систем управління в залежності від умов польоту та середовища.

Використання ефективних алгоритмів управління енергоефективністю, які дозволяють триваліші польоти або більшу вагову вантажопідйомність за рахунок оптимізації споживання енергії всіма підсистемами БПЛА.

Розробка систем заряджання в польоті для безперервної роботи БПЛА в довготривалих місіях або у віддалених областях, де доступ до зарядних станцій обмежений.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53

Розробка інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів для керування, моніторингу та програмування БПЛА, що спрощує взаємодію з оператором і зменшує час налаштування перед польотами.

Для стабілізації та керування БПЛА був взятий спеціалізований контролер польоту, такий як MultiWii або ArduPilot. Ці контролери підтримують різні режими польоту, включаючи автономний та телекерований. Кожен двигун потребує регулятора швидкості для контролю обертів. ESC забезпечує плавне регулювання потужності двигунів з Arduino.

Вибір моторів був вдалий для даного типу БПЛА та його завдань. Для невеликих досягнень часто використовують безщіткові мотори з високим крутним моментом і ефективністю. Літій-полімерні (LiPo) акумулятори є стандартом для БПЛА через їхню високу щільність енергії та легкість.

Рама показала себе як легкою і міцною, враховуючи вагу компонентів і вимоги до стійкості [29]. Зазвичай рама складається з основних елементів (арматура, платформа для установки електроніки) та додаткових компонентів (розподільник живлення, монтажні елементи для ESCs). Кожен компонент (сенсори, ESCs, GPS) підключається до відповідних виходів Arduino з використанням дротів та паяльника для надійного з'єднання.

Програмне забезпечення БПЛА розробляється для керування польотом, збору даних та обробки сигналів з сенсорів. Воно включає стабілізацію, автопілот та комунікацію з оператором. Під час налаштування контролера польоту визначаються параметри стабілізації, калібруються сенсори та конфігуруються режими польоту. Перед першим польотом важливо перевірити всі електричні та програмні компоненти на землі.

Проведення тестових польотів в контрольованих умовах для оцінки стабільності, керованості та взаємодії з системою керування.

На основі результатів тестів вносяться корективи в програмне забезпечення та механічні компоненти для поліпшення продуктивності.

БПЛА на базі Arduino вимагає глибоких знань у сферах електроніки, програмування та механіки. Цей процес включає в себе вибір оптимальних

компонентів, їх збірку та програмування, а також інтенсивне тестування для забезпечення надійності та ефективності польоту [30].

Розробка БПЛА відкриває безліч можливостей для досліджень та застосувань у різних сферах, від науки до промисловості, вносячи інновації та сприяючи розвитку автономних систем управління. Інтеграція систем для віддаленого керування і моніторингу, що дозволяють операторам ефективно управляти флотом БПЛА з великої відстані та здійснювати реальний час моніторингу стану і даних польоту. Ці аспекти спрямовані на розширення можливостей, покращення надійності та ефективності безпілотних систем. Вдосконалення у цих напрямках не лише підвищує рівень автономії і функціональність БПЛА, але й робить їх більш конкурентоспроможними в різних галузях від науки до промисловості.

Впровадження подвійних систем із здвоєними сенсорами та контролерами для забезпечення резервності і аварійного відновлення функцій у разі виходу з ладу однієї системи.

Розробка імплементації систем автономної аварійної посадки, яка виявляє небезпеку або несправність і автоматично керує процесом посадки для зменшення можливих пошкоджень та загроз для навколишнього середовища та людей. Інтеграція оптичних потокових сенсорів для високоточного контролю над стабільністю польоту в умовах низьких альтитуд або обмеженого GPS-сигналу.

Вдосконалення системи навігації за допомогою диференціального GPS або інших передових методів, що забезпечують високу точність і стабільність локаційних даних. Розробка БПЛА з урахуванням стійкості до погодних умов, включаючи дощ, сильний вітер або екстремальні температури, що розширює можливості експлуатації та надійність в різних кліматичних умовах.

Використання високоякісних матеріалів і компонентів, які забезпечують довговічність і мінімальну потребу у технічному обслуговуванні, зменшуючи час та витрати на підтримку. Використання Internet of Things (IoT) для збору, передачі та аналізу великих обсягів даних з БПЛА для покращення рішень та

оптимізації виробничих процесів або наукових досліджень. Впровадження Blockchain для забезпечення безпеки та автентифікації даних, зібраних БПЛА, що має особливе значення в галузях, де важливо зберігати цілісність і недоступність даних для несанкціонованого доступу. Ці аспекти дозволяють розширити функціональні можливості, покращити надійність та ефективність БПЛА на базі Arduino, що відкриває нові перспективи для їхнього застосування в різних галузях. Кожен з цих напрямків вимагає глибокого розуміння технічних аспектів та інноваційних підходів до розробки автономних систем.

3.5 Висновок

Експериментальне дослідження дрона на основі контролера Arduino продемонструвало значні можливості та потенціал для аматорських, освітніх та деяких комерційних застосувань. Проведений аналіз результатів тестувань показав, що дрон володіє задовільною стабільністю та точністю в умовах слабкого вітру та відкритих місцевостях. Однак, в умовах сильного вітру та міських середовищ стабільність та точність навігації погіршуються, що вказує на необхідність подальшого вдосконалення контролера стабілізації та GPS-модуля. Час роботи дрона на одному заряді акумулятора складає 15-20 хвилин, що відповідає середнім показникам для БПЛА цього класу. Використання більш ємних акумуляторів або оптимізація енергоспоживання може збільшити час польоту. Відгук на команди з пульта управління був швидким і точним, особливо в умовах прямої видимості, що забезпечує адекватну керованість та маневреність дрона.

Використання стандартних компонентів значно знижує загальну вартість проекту, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Це дозволяє проводити експерименти та розробки без значних фінансових витрат, що є важливим для аматорів та навчальних закладів. Arduino має простий інтерфейс, що дозволяє легко інтегрувати нові сенсори і модулі, полегшуючи

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

розробку та вдосконалення дрона. Це забезпечує можливість швидкого адаптування системи до нових вимог та завдань. Проект сприяє навчанню основам програмування, електроніки та автономних систем, що робить його ідеальним для освітніх цілей.

Легко додавати нові функції і покращувати існуючі за допомогою додаткових модулів і компонентів. Це дозволяє швидко адаптувати дрон до різних завдань, таких як агрокультура, рятувальні операції, моніторинг та картографія. Велика спільнота користувачів Arduino забезпечує доступ до великої кількості ресурсів і документації, що спрощує розробку та вирішення проблем. Це включає приклади кодів, схеми підключення, поради щодо усунення несправностей та багато іншого. Контролери Arduino мають обмежені ресурси пам'яті і обчислювальної потужності, що може обмежувати можливості у складних обчислювальних завданнях і обробці великого обсягу даних. Для покращення продуктивності можна використовувати більш потужні мікроконтролери або додаткові співпроцесори.

Використання стандартних літій-полімерних акумуляторів обмежує час польоту, що може бути недостатнім для деяких застосувань. Оптимізація енергоспоживання та використання більш ємних акумуляторів, таких як літій-іонні, можуть значно збільшити час польоту.

Без підтримки RTK-GPS точність може бути недостатньою для точних навігаційних задач, особливо в умовах обмеженого сигналу або щільної забудови. Інтеграція високоточних GPS-модулів, таких як RTK-GPS, дозволить покращити точність місцезнаходження та можливості автоматизованого польоту.

Аналогові системи передачі відео можуть мати обмежену дальність і якість зображення, а також високу затримку, що може ускладнювати керування БПЛА. Перехід на цифрові системи FPV дозволить зменшити затримку і підвищити якість зображення. Використання дешевих матеріалів для рами може призвести до зниження міцності і довговічності конструкції, особливо в умовах екстремального використання. Впровадження високоякісних матеріалів, таких як карбон або алюміній, може значно підвищити міцність та надійність рами.

Використання більш потужних мікроконтролерів або додаткових співпроцесорів для забезпечення більшої обчислювальної потужності. Це дозволить виконувати складніші завдання і обробляти більший обсяг даних в реальному часі. Оптимізація енергоспоживання та використання більш ємних акумуляторів, таких як літій-іонні, для збільшення часу польоту. Додатково можна розробити системи зарядки через сонячні панелі або системи рекуперації енергії під час польоту. Перехід на цифрові системи FPV для зменшення затримки і підвищення якості зображення. Це забезпечить кращий контроль над дроном і підвищить точність виконання завдань. Інтеграція високоточних GPS-модулів, таких як RTK-GPS, для підвищення точності місцезнаходження та можливостей автоматизованого польоту.

Це особливо важливо для завдань, які вимагають високої точності навігації, таких як картографія та агрокультура. Інтеграція інерціальних вимірювальних зовнішніх впливів і утримувати стабільний політ. Впровадження систем автоматичного виявлення і уникнення перешкод для забезпечення безпеки польотів. Це може включати використання ультразвукових, інфрачервоних або лазерних сенсорів для виявлення і уникнення перешкод.

Використання високоякісних матеріалів для рами для збільшення міцності та довговічності конструкції. Легкі та міцні матеріали, такі як карбон або алюміній, допоможуть знизити вагу дрона та підвищити його стійкість до пошкоджень.

Дрон на базі Arduino демонструє належну ефективність для аматорських і навчальних цілей. Він може використовуватися в різних умовах, але для професійного застосування необхідно вдосконалити кілька ключових аспектів, таких як стабілізація, точність навігації та енергоспоживання. Встановлення більш ємних акумуляторів, покращення сенсорів та використання цифрових систем передачі даних можуть значно підвищити продуктивність та надійність дрона. Загалом, проект дрона на базі Arduino є перспективним напрямом, що

Відкриває безліч можливостей для досліджень та інновацій у сфері автономних систем та робототехніки. Подальше вдосконалення та

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

тестування дозволить підвищити ефективність та конкурентоспроможність таких БПЛА, розширивши сферу їх застосування від науки до промисловості. Впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект, інтернет речей (IoT) та блокчейн, дозволить значно розширити функціональні можливості дрона та забезпечити його відповідність сучасним вимогам ринку.

Сприяє розвитку знань і навичок у сфері програмування, електроніки та робототехніки.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

Висновок щодо безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на базі Arduino демонструє їхню значимість і перспективність у різноманітних сферах, від наукових досліджень до комерційного застосування. Розглянуті аспекти технічних характеристик, компонентів, програмного забезпечення та управління показують широкі можливості цих технологій.

БПЛА на базі Arduino використовують мікроконтролери Arduino для управління, що забезпечує їхню доступність та простоту розробки. Інтеграція контролерів польоту, таких як ArduPilot, забезпечує стабільність та точність у керуванні польотом. Використання сучасних сенсорів і GPS дозволяє отримувати точні дані про положення та умови навколишнього середовища.

Розвиток програмного забезпечення для БПЛА включає створення складних алгоритмів управління, які забезпечують стабільність, автономність і безпеку польоту. Використання модулів автоматичного пілотування і навігації дозволяє автономно керувати польотом, оптимізуючи ресурси і забезпечуючи ефективне виконання завдань.

БПЛА на базі Arduino мають значні переваги у високій доступності, низькій вартості та можливості індивідуальної настройки для конкретних завдань. Вони використовуються у сільському господарстві для моніторингу полів, в екстрених ситуаціях для пошуково-рятувальних операцій, а також військових цілях для розвідувальних місій.

БПЛА на Arduino є потужним інструментом для інновацій у різних сферах діяльності, сприяючи автоматизації процесів, збільшенню продуктивності і зменшенню ризиків. Їхня можливість інтеграції з передовими технологіями

На першому етапі розробки БПЛА важливо правильно вибрати компоненти, що забезпечать стабільність, безпеку та ефективність польоту. Мікроконтролер Arduino виступає центральним елементом управління, спрощуючи розробку та інтеграцію різноманітних систем, включаючи контролери польоту, сенсори та GPS-модулі. Використання передових

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

технологій у програмному забезпеченні дозволяє створювати складні алгоритми автономного керування, що забезпечують надійність та точність у виконанні місій. Створення БПЛА на базі Arduino відкриває широкі можливості для інновацій у багатьох галузях. Завдяки доступності та розповсюдженості Arduino, вирішуються складні завдання в аграрному секторі, екологічних дослідженнях, екстрених ситуаціях та військовому застосуванні.

Подальше вдосконалення програмного забезпечення і алгоритмів керування сприятиме збільшенню точності, ефективності та автономності БПЛА. Застосування БПЛА дозволяє значно знизити витрати на моніторинг і дослідження, що робить їх особливо цінними для малих і середніх підприємств. Вони забезпечують надійний збір даних, зменшують вплив на навколишнє середовище та підвищують безпеку у вразливих регіонах.

Незважаючи на численні переваги, використання БПЛА вимагає дотримання законодавчих норм і стандартів безпеки. Проблеми, пов'язані з приватністю даних і етикою, також потребують уважного вирішення. Подальший розвиток БПЛА на базі Arduino передбачається в напрямку інтеграції штучного інтелекту та розширення функціональності для розв'язання ще більш складних завдань. Перспективи включають удосконалення систем автономного навігації, збільшення енергоефективності та розширення областей застосування. Впровадження БПЛА на базі Arduino виявляється ключовим етапом у розвитку сучасних технологій. Вони демонструють великий потенціал у вирішенні актуальних проблем і створенні нових можливостей, сприяючи інноваціям, збереженню ресурсів та підвищенню якості життя.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах : Закон України від 05.07.1994 р. № 80/94-ВР : станом на 4 квіт. 2024 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-вр#Text> (дата звернення: 06.06.2024).

2. Корпань Я.В. Класифікація загроз інформаційній безпеці в комп'ютерних системах при віддаленій обробці даних. <http://dspace.nbuiv.gov.ua/>.
URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/131565/04-Korpan.pdf?sequence=1> (дата звернення: 17.06.2024).

3. Глоба Л. Розробка інформаційних ресурсів та систем : підручник. Київ : Політехніка, 2023. 380 с.

4. Новіков М. В., Грайворонський О. М. Безпека інформаційно-комунікаційних систем : підручник. Київ : Вид. Група ВНУ, 2020. 698 с.

5. Сазонець О. М. Інформаційні системи та технології в управлінні зовнішньобезпековою діяльністю. Київ : Центр навч. Літ., 2023. 256 с.

6. Кузнецова М.Г. Застосування механізмів підвищення живучості для забезпечення захищеності інформаційного ресурсу в розподілених системах. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2022. Т.8. №3. С. 40-47. URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/handle/123456789/50851>.

7. Присяжнюк М., Рідей Н., Титова Н. Інформаційна безпека та кібербезпека держави. Дніпро : Ліра До, 2024. 224 с.

8. Романюк Б., Гавловський В., Гуцалюк М. Виявлення та розслідування злочинів, що вчиняються у сфері інформаційних технологій : Навчально –метод. Посіб. / ред. В. Бутузов. Одеса : Од. Юрид. Акад., 2024. 144 с.

9. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України : Закон України від 05.10.2017 р. № 2163-VIII : станом на 4 квіт. 2024 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text> (дата звернення: 06.06.2024).

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

10. Матов О.Я., Василенко В.С. Модель загроз у розподілених мережах. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2019. Т.10. №1. С. 91-102.
11. Ериксон Д. Хакінг: мистецтво експлойту. Київ, 2020. 240 с.
12. Сугестивні технології маніпулятивного впливу : Практ. Посіб. / Є. Скулиш та ін. Львів : Скіф, 2023. 248 с.
13. Важинський С., Щербак Т. Методика та організація наукових досліджень : навч. Посіб. Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2016. 260 с.
14. Киричек Г., Скрупський С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерні мережі». Моделювання мереж в середовищі безпілота. Запоріжжя : ЗНТУ, 2023. 378 с.
15. Рвачова Н., Павліченко В. Програмні засоби для моделювання NGN мереж. Харків : Скіф, 2020. 58 с.
16. Семенов А. Структуровані кабельні системи. 5-те вид. Київ : Print2print, 2019. 640 с.
17. Інформаційна та кібернетична безпека підприємства : підручник / Г. М. Гулак та ін. Львів : Магнолія, 2023. 370 с.
18. Роберто Рохас-Сесса. Interconnections for Computer Communications and Packet Networks. Apple Press, 2019. 296 p.
19. Едвард Тец. Cisco Packet Tracer. Wiley. John Wiley & Sons, LTD, 2020. 210 p.
20. Едвард Тец. Cisco Networking All-in-One For Dummies. Wiley. John Wiley & Sons, LTD, 2019. 720 p.
21. Рамський Ю. С., Олексюк В. М., Балик А. Адміністрування комп'ютерних мереж та систем : навч. посіб. Київ : НК-Клуб, 2020. 196 с.
22. Євсєєв С., Дженюк Н. Комп'ютерні мережі Книга 1 Технології комп'ютерних мереж. Львів : Новий світ-2000, 2024. 471 с.
23. Коробейнікова Т., Захарченко С. Комп'ютерні мережі. Львів : Львів. політехніка, 2022. 228 с.
24. Лунтовський А. О., Мельник І. В. Мережі спілкування частот та телекомунікації. Київ : Ун-т "Україна", 2019. 274 с.

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

25. Струтинська О. Інформаційні системи та мережеві технології. Київ : УН-Т "Україна", 2019. 211 с.
26. Виготовлення БПЛА : підручник посібник / М. Чеховська та ін. Київ : Ліра-К, 2021. 412 с.
27. Євсєєв С., Дженюк Н. Комп'ютерні мережі Книга 2 Архітектура комп'ютерів. Львів : Новий світ-і, 2024. 346 с.
28. Мельник А. Архітектура компю'тера : підручник. Луцьк : Вол. обласна друк., 2019. 470 с.
29. Палеха Ю., Оксіюк О., Мурейко Н. Документально-інформаційні комунікації : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2020. 386 с.
30. Що краще: мобільний чи домашній інтернет? URL: <https://linkcom.lviv.ua/shcho-krashche-mobilnyu-chy-domashniy-internet/> (дата звернення: 22.05.2024)
31. Що таке MQTT і для чого він потрібний URL: <https://highload.today/uk/shho-take-mqtt-i-dlya-chogo-vin-potribnij/> (дата звернення 21.05.2024)
32. Що являє собою інтернет речей та які перспективи розвитку має цей напрям URL: <https://gsminfo.com.ua/120474-shho-yavlyaye-soboyu-internet-rechej-ta-yaki-perspektyvy-rozvytku-maye-czej-napryam.html> (дата звернення: 22.05.2024)
33. Дротові та бездротові мережі – що це, та з якими роутерами їх «їдять» URL: <https://ktc.ua/blog/drotovi-ta-bezdrovovi-merezhi-shcho-ce-ta-z-yakimi-routerami-yih-yidyat.html> (дата звернення: 19.05.2024)
34. ДСТУ ISO/IEC 27033-6:2018 Інформаційні технології. Методи захисту. Безпека мережі. Частина 6. Забезпечення безпроводового доступу до IP-мережі (ISO/IEC 27033-6:2016, IDT) pp 28
35. Домашня автоматизація за допомогою IoT: як швидко створити рішення для розумного дому URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/home-automation-using-iot/> (дата звернення 22.05.2024)

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

36. Домрачева К. О. Аналіз технологій та стандартів зв'язку для мережі IoT / К. О. Домрачева, Н. М. Довженко, В. В. Дмитренко // Наук. зап. Укр. наук.– дослід. ін-ту зв'язку. – 2019. – № 3. – С. 54–62

37. Зуєв В. Бенчмаркінгова природа впровадження технологій інтернету речей у соціальній роботі / Зуєв В., Антоненко К. // Інтернет речей: проблеми правового регулювання та впровадження : матеріали III наук.– практик. конф., 21 листоп. 2019 р., м. Київ / [упоряд.: В. М. Фурашев, С. О. Дорогих, С. Ю. Петряєв]. – К., 2019. – С. 31–79. – Відомості доступні також в інтернеті: <https://cutt.ly/koehs45> (дата звернення: 21.05.2024)

38. Інтернет речей (IoT) – суть, технології і приклади URL: <https://termin.in.ua/internet-rechey-iot/> (дата звернення: 16.05.2024)

39. Інтернет речей: що це таке та де застосовують? URL: <https://cybercalm.org/novyny/internet-rechey-shho-tse-take-ta-de-zastosovuyut/> (дата звернення: 15.05.2024)

40. Передача даних в архітектурі IoT: MQTT URL: <http://edu.asu.in.ua/mod/book/tool/print/index.php> (дата звернення: 22.05.2024)

					КРБКІ. 001119.20.01.03 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Програмний код

```
# #include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <LiquidCrystal.h>

// Налаштування пінів для NRF24L01
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10

// Налаштування пінів для LCD
const int rs = 7, en = 6, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

// Адреса каналу зв'язку
const byte address[6] = "00001";

// Ініціалізація NRF24L01
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

// Змінні для зберігання отриманих даних
int joystickValue = 0;

void setup() {
  // Ініціалізація серійного монітора для налагодження
  Serial.begin(9600);

  // Ініціалізація модуля NRF24L01
  radio.begin();
}
```

```
radio.openReadingPipe(0, address);
radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
radio.startListening();

// Ініціалізація LCD
lcd.begin(16, 2);
lcd.print("Waiting for data");
}

void loop() {
  // Перевірка наявності вхідних даних
  if (radio.available()) {
    // Зчитування даних
    radio.read(&joystickValue, sizeof(joystickValue));

    // Виведення значень на серійний монітор
    Serial.print("Joystick Value: ");
    Serial.println(joystickValue);

    // Відображення значень на LCD
    lcd.clear();
    lcd.print("Joystick Value: ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(joystickValue);

    // Управління мотором (приклад)
    analogWrite(9, map(joystickValue, 0, 1023, 0, 255));

  }
}

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
```

```
// Налаштування пінів для NRF24L01
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10

// Адреса каналу зв'язку
const byte address[6] = "00001";

// Ініціалізація NRF24L01
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

// Змінні для зберігання значень, які будуть передаватися
struct Data {
    int joystickValue;
    int command;
};

Data dataToSend;

void setup() {
    // Ініціалізація серійного монітора для налагодження
    Serial.begin(9600);

    // Ініціалізація модуля NRF24L01
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    radio.stopListening();

    // Ініціалізація вхідних пінів (наприклад, джойстиків або кнопок)
    pinMode(A0, INPUT); // Джойстик
    pinMode(2, INPUT); // Кнопка
}
```

```

void loop() {
    // Читання значень з джойстика та кнопки
    dataToSend.joystickValue = analogRead(A0);
    dataToSend.command = digitalRead(2);

    // Передача даних
    radio.write(&dataToSend, sizeof(dataToSend));

    // Виведення значень на серійний монітор
    Serial.print("Joystick Value: ");
    Serial.print(dataToSend.joystickValue);
    Serial.print(" Command: ");
    Serial.println(dataToSend.command);

    // Затримка для стабільності
    delay(100);
}
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

// Налаштування пінів для NRF24L01
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10

// Адреса каналу зв'язку
const byte address[6] = "00001";
// Ініціалізація NRF24L01
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

// Змінні для зберігання отриманих значень
struct Data {
    int joystickValue;
    int command;
};

```

```
Data receivedData;

void setup() {
  // Ініціалізація серійного монітора для налагодження
  Serial.begin(9600);

  // Ініціалізація модуля NRF24L01
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(0, address);
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  radio.startListening();

  // Ініціалізація вихідних пінів (наприклад, моторів)
  pinMode(9, OUTPUT); // Мотор
}

void loop() {
  // Перевірка наявності вхідних даних
  if (radio.available()) {
    // Зчитування даних
    radio.read(&receivedData, sizeof(receivedData));
  // Виведення значень на серійний монітор
  Serial.print("Joystick Value: ");
  Serial.print(receivedData.joystickValue);
  Serial.print(" Command: ");
  Serial.println(receivedData.command);

  // Управління мотором на основі значення джойстика
  analogWrite(9, map(receivedData.joystickValue, 0, 1023, 0, 255));

  // Виконання команди (наприклад, вмикання/вимикання)
  if (receivedData.command == HIGH) {
    digitalWrite(9, HIGH);
  }
}
```

```
    } else {
        digitalWrite(9, LOW);
    }
}

// Затримка для стабільності
delay(100);
}

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Налаштування пінів для NRF24L01
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10

// Адреса каналу зв'язку
const byte address[6] = "00001";

// Ініціалізація NRF24L01
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

// Підключення датчика температури
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// Піни для датчиків струму та напруги
#define CURRENT_SENSOR_PIN A0
#define VOLTAGE_SENSOR_PIN A1

// Пін для ESC
```

```
#define ESC_PIN 3

// Структура для зберігання даних
struct Data {
    float temperature;
    float current;
    float voltage;
    int motorSpeed;
};

main()
Data dataToSend;

void setup() {
    // Ініціалізація серійного монітора для налагодження
    Serial.begin(9600);

    // Ініціалізація модуля NRF24L01
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    radio.stopListening();

    // Ініціалізація датчика температури
    sensors.begin();

    // Ініціалізація піну ESC
    pinMode(ESC_PIN, OUTPUT);
    analogWrite(ESC_PIN, 0); // Початкове значення

    // Ініціалізація датчиків струму та напруги
    pinMode(CURRENT_SENSOR_PIN, INPUT);
    pinMode(VOLTAGE_SENSOR_PIN, INPUT);
}
```

```
void loop() {
  // Читання температури
  sensors.requestTemperatures();
  dataToSend.temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

  // Читання струму
  int currentSensorValue = analogRead(CURRENT_SENSOR_PIN);
  dataToSend.current = (currentSensorValue - 512) * 5.0 / 1024 / 0.066; // Перевірити
масштабування для вашого датчика

  // Читання напруги
  int voltageSensorValue = analogRead(VOLTAGE_SENSOR_PIN);
  dataToSend.voltage = voltageSensorValue * (5.0 / 1024) * (11); // Дільник напруги 11

  // Регулювання обертів мотору
  dataToSend.motorSpeed = map(dataToSend.current, 0, 30, 0, 255); // Приклад
регулювання швидкості на основі струму
  analogWrite(ESC_PIN, dataToSend.motorSpeed);

  // Виведення значень на серійний монітор
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(dataToSend.temperature);
  Serial.print(" C, Current: ");
  Serial.print(dataToSend.current);
  Serial.print(" A, Voltage: ");
  Serial.print(dataToSend.voltage);
  Serial.print(" V, Motor Speed: ");
  Serial.println(dataToSend.motorSpeed);

  // Перевірка на перегрів
  if (dataToSend.temperature > 60) {
    analogWrite(ESC_PIN, 0); // Вимкнення мотору при перегріві
    Serial.println("Motor stopped due to overheating!");
  }
}
```

```
// Передача даних через NRF24L01
radio.write(&dataToSend, sizeof(dataToSend));

// Затримка для стабільності
delay(100)
// Керування режимом арму
if (dataToSend.armStatus) {
    digitalWrite(ARM_PIN, HIGH); // Армувано
} else {
    digitalWrite(ARM_PIN, LOW); // Неармувано
}

// Керування камерою
if (dataToSend.cameraStatus) {
    digitalWrite(CAMERA_PIN, HIGH); // Камера увімкнена
} else {
    digitalWrite(CAMERA_PIN, LOW); // Камера вимкнена
}

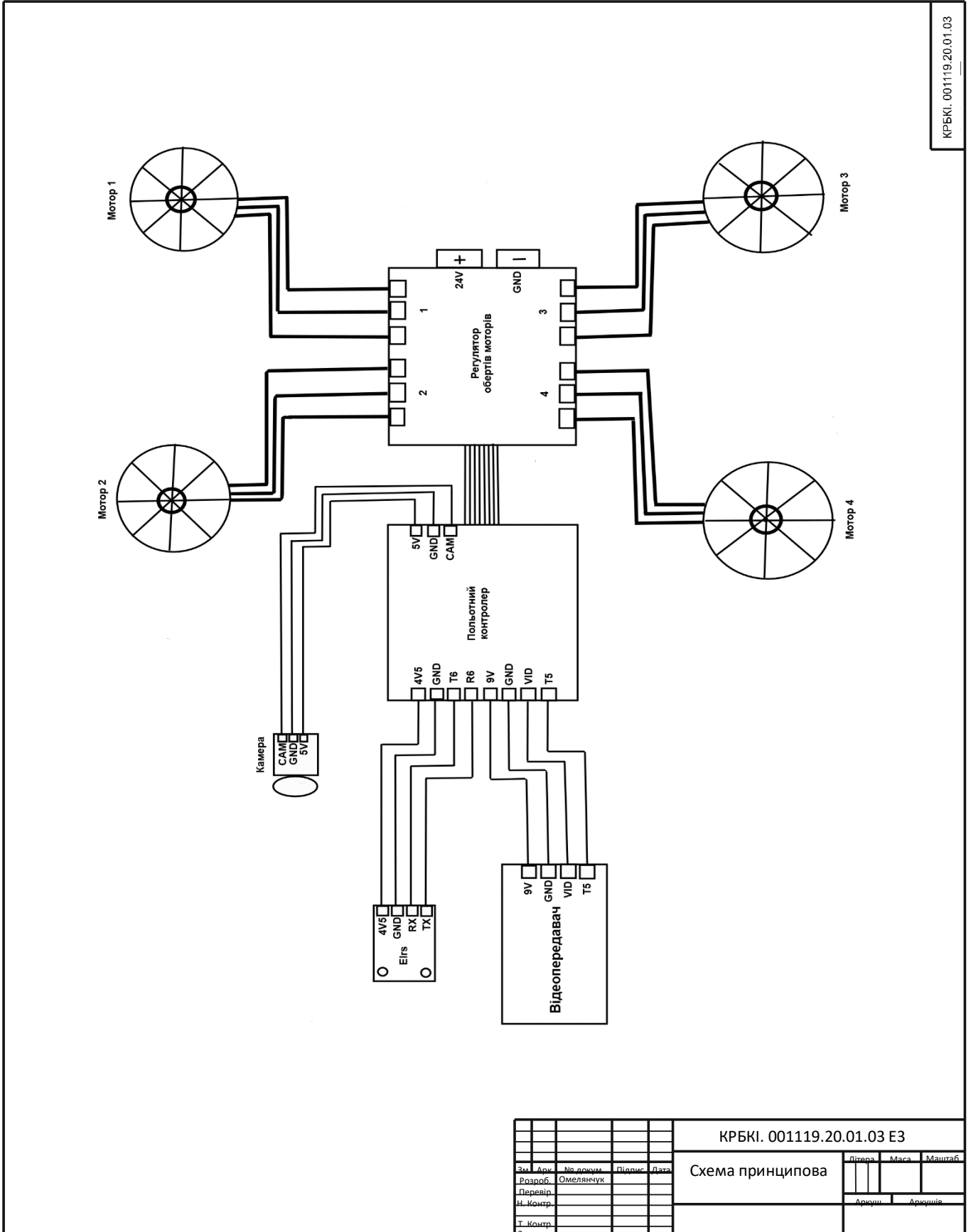
// Передача даних через NRF24L01
radio.write(&dataToSend, sizeof(dataToSend));

// Затримка для стабільності
delay(100);
```

ДОДАТОК Б

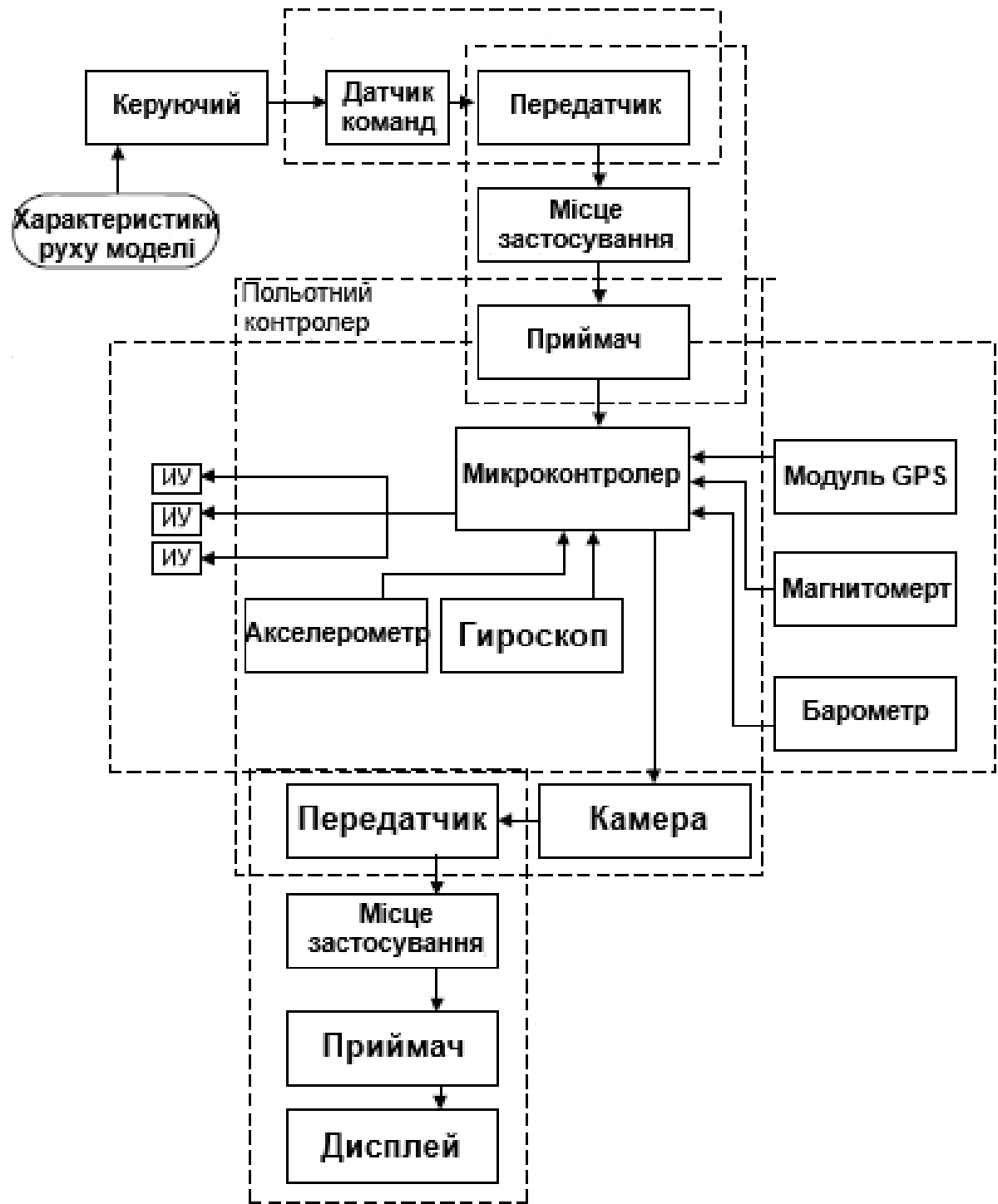
(обов'язковий)

Графічна частина

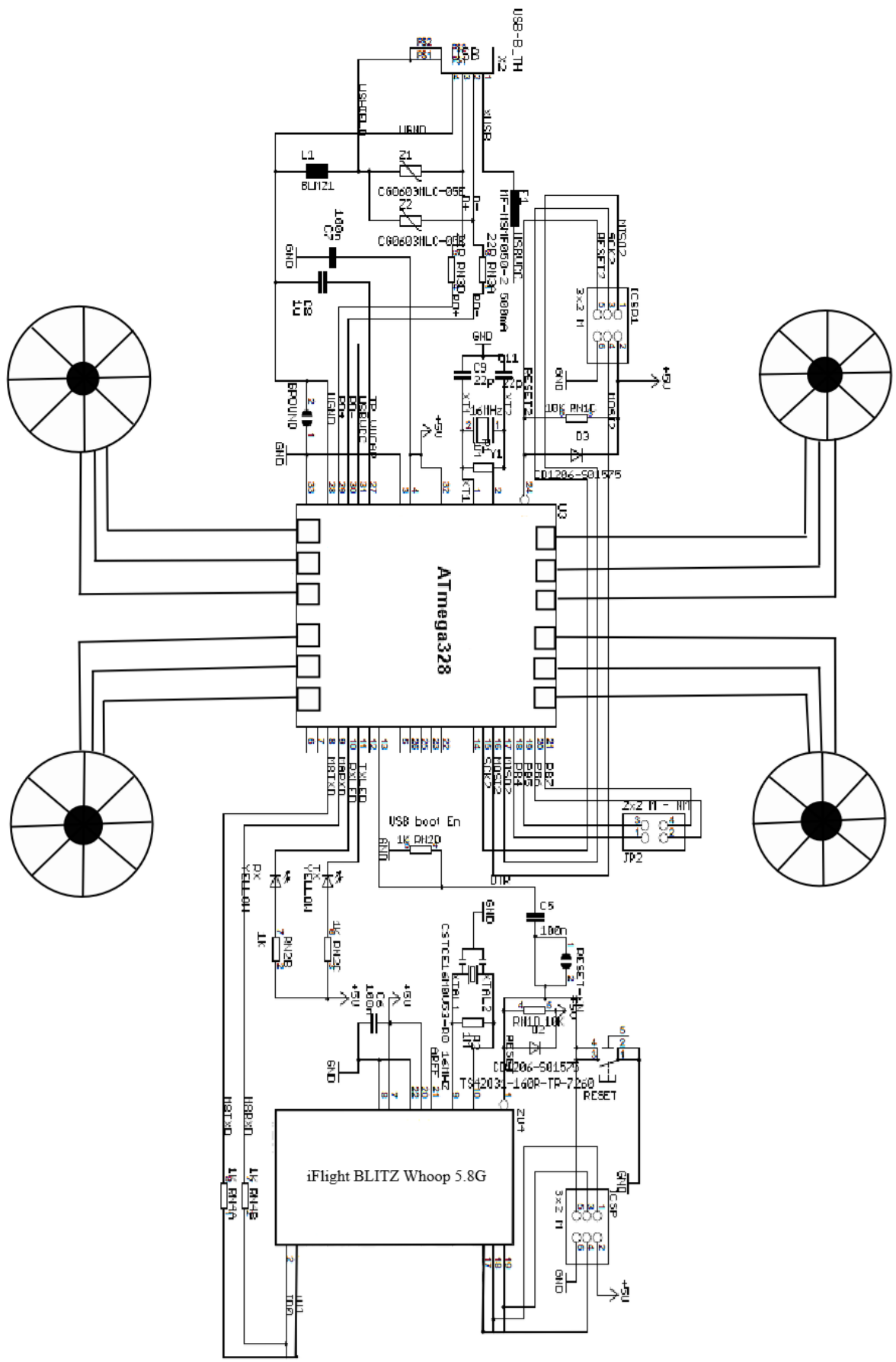


КРБКІ. 001119.20.01.03

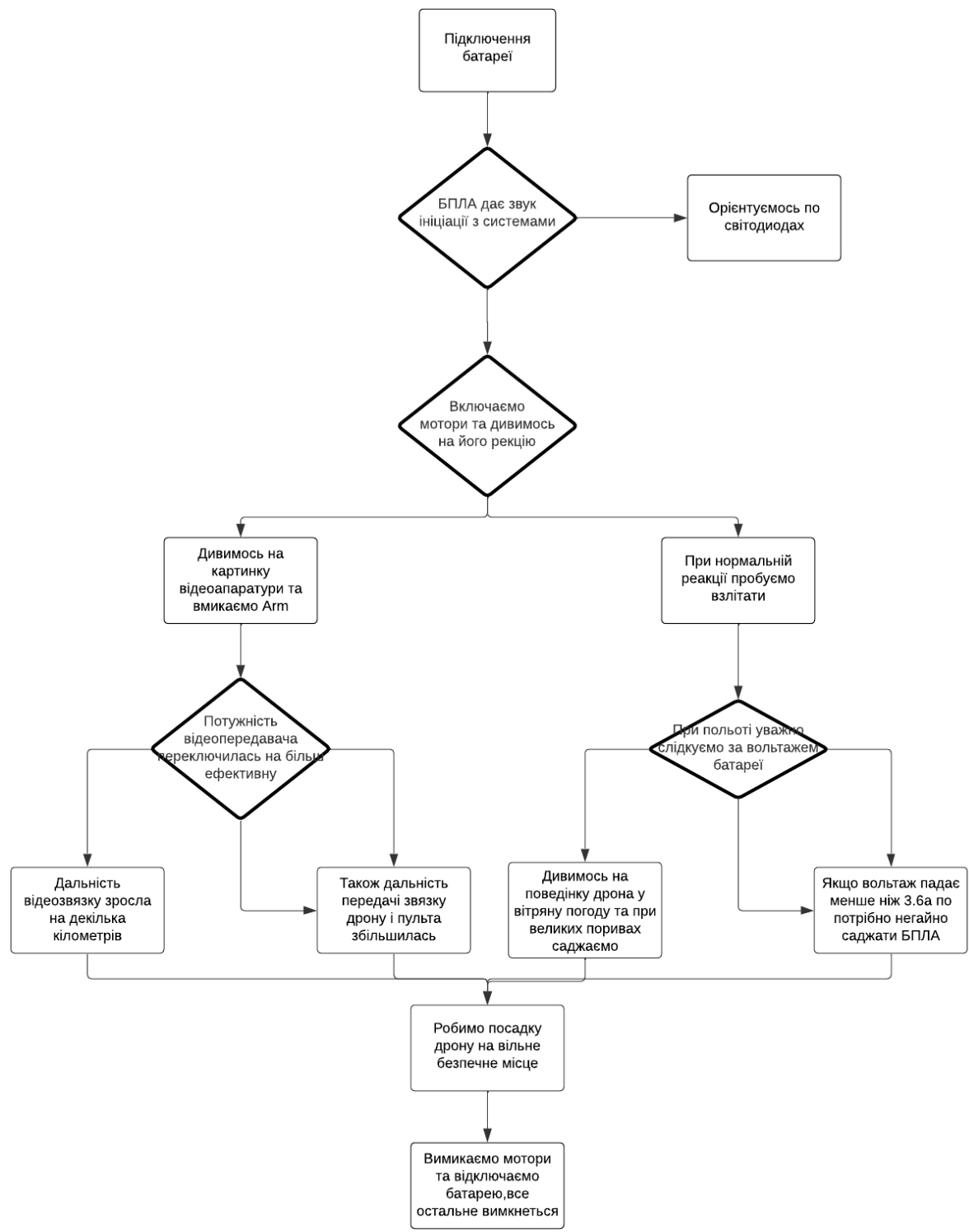
					КРБКІ. 001119.20.01.03 Е3			
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Схема принципова	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Омелянчук							
Перевір.						Архив		Архив
Н. Копр.								
Т. Копр.								
Затв.								



					КРБКИ. 001119.20.01.03 E2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Схема структурна	Літера	Маса	Маштаб
Розроб.		Омелянчук						
Перевір.								
Н. Контр.						Аркуш	Аркушів	
Т. Контр.								
Затв.								



					КРБКИ. 001119.20.01.03 E8			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Схема функціональна	Літера	Маса	Маштаб
Розроб.	Омелянчук							
Перевір.								
Н. Контр.						Аркуш	Аркушів	
Т. Контр.								
Затв.								



					КРБКІ. 001119.20.01.03 ЕЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Блок-схема роботи Бпла та послідовність використання	Літера	Маса	Маштаб
Розроб.		Омелянчук						
Перевір.								
Н. Контр.						Аркуш	Аркушів	
Т. Контр.								
Зате.								

Завідувачу кафедри кібербезпеки
к.т.н., доц. Кльоцу Ю.П.
Омелянчука Богдана Васильовича
ПІБ здобувача вищої освіти

Студента ФІТ, 4 курсу, групи КІ1-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у хмельницькому національному університеті» від 31.08.2023, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

12.06.2024

дата



підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилки в документах: 8%**

ID: 131637 Назва: Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА Додано в БД: 2024-06-19 Автора: Омелянчук Б.В. Керівники: Муляр І.В. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	91153	766	4011 (4%)	30 (4%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра кібербезпеки

ID перевірки:
1016376585

Дата перевірки:
19.06.2024 22:13:34 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
19.06.2024 22:58:39 EEST

ID користувача:
100008300

Назва документа: Омелянчук_Дипломна робота Омелянчука Б.В_на плагіат

Кількість сторінок: 61 Кількість слів: 12266 Кількість символів: 97090 Розмір файлу: 4.40 MB ID файлу: 1016184694

4.13% Схожість

Найбільша схожість: 3.79% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1016180882)



0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи: 2

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ КІБЕРБЕЗПЕКИ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА

Автор: Омелянчук Богдан Васильович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Муляр Ігор Володимирович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Оригінальність тексту роботи за результатами перевірки системою Unicheck складає 95,7%, оригінальність тексту роботи за результатами перевірки системою Anti-Plagiarism v-15.257 складає 96%.

Згідно з Положенням про систему забезпечення академічної доброчесності у ХНУ (<https://khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/normatyvni-dokumenty/polozhennya/pro-systemu-zabezpechennya-akademichnoyi-dobrochesnosti.pdf>, Додаток В) кваліфікаційна робота, виконана за , освітньо-професійною програмою, кількісні показники рівня унікальності тексту у відсотках до загального обсягу матеріалу в якій складає 75-100 %, визнається роботою з високою унікальністю тексту: «Текст вважається унікальним і не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням».

Керівник роботи

Завідувач кафедри кібербезпеки



Муляр Ігор

Юрій КЛЬОЦ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
освітнього ступеня «бакалавр»

Студент Омелянчук Богдан Васильович

Тема Мікропроцесорний пристрій керування БПЛА

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Обсяг кваліфікаційної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»:

кількість листів креслень 4; кількість сторінок записки 62.

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У кваліфікаційній роботі було розглянуто та розроблено пристрій керування. Цей мікропроцесор відповідає за стабільну роботу БПЛА. У процесі проектування було виконано повну збірку БПЛА та виконане повне налаштування для коректної роботи пристрою.

2. Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню У кваліфікаційній роботі було виконано поставлене завдання як у теоретичній, так і в практичній частині.

3. Характеристика виконання кожного розділу роботи, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У вступі роботи наведена загальна характеристика задачі, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, а також сформульована мета. Зазначені задачі, що потрібно виконати для досягнення поставленої мети, проведений аналіз досліджуваної проблеми та обгрунтований підхід до її вирішення. У першому розділі розглядається область використання. Наступні розділи присвячені розробці та налаштуванню мікропроцесора.

4. Позитивні сторони роботи Кваліфікаційна робота має практичну цінність. Вона полягає у розробці та правильному налаштуванні БПЛА для дуже багатьох сфер у нашому житті.

5. Негативні сторони роботи В системі прошивки не завжди все чітко працює за відсутності досвіду з мікропроцесорними пристроями .Збірка практичного зразку виконана не бездоганно.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи Графічне оформлення кваліфікаційної роботи відповідає темі роботи та виконане з дотриманням стандартів. В цілому, графічне оформлення є якісним, а пояснювальна записка відповідає нормам оформлення.

7. Відгук про роботу в цілому Кваліфікаційна робота заслуговує позитивної оцінки, оскільки весь матеріал роботи є структурованим, чітким та послідовним. Усі розділи роботи мають логічну послідовність, що сприяє зрозумінню викладеного матеріалу в рамках теми роботи. Графічний матеріал допомагає наочно продемонструвати доцільність та ефективність прийнятих рішень для досягнення мети.

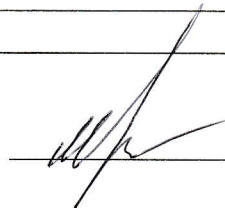
8. Інші зауваження В переліку використаних джерел наявні посилання на популярні ресурси, такі, як Вікіпедія, які не рекомендовано використовувати при написанні кваліфікаційних робіт.

9. Оцінка кваліфікаційної роботи Враховуючи всі позитивні та негативні сторони представленої кваліфікаційної роботи, можна зробити висновок, що вона заслуговує оцінки «добре».

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Мішан Віктор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент

« 17 » 06 2024.

 _____ (підпис)