

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет**  
**імені Петра Могили**

**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра комп'ютерної інженерії**

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри,  
д-р техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ І. М. Журавська

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.


КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**Безпілотний дистанційно-пілотований літальний**  
**апарат типу крило для моніторингу густоти посівів**  
**рослин**

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

123 – КБР.ПЗ.00 – 405.21910505

*Студент*

  
\_\_\_\_\_ М. С. Буцук  
*підпис*

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

*Керівник старший викладач*

\_\_\_\_\_ І. С. Бурлаченко  
*підпис*

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**Миколаїв – 2023**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра комп'ютерної інженерії**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ І. М. Журавська

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи**

Видано студенту групи 405 факультету комп'ютерних наук

Буцуку Максиму Сергійовичу

*(прізвище, ім'я, по батькові студента)*

1. Тема кваліфікаційної роботи

Безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат типу крило для моніторингу густоти посівів рослин

Затверджена наказом по ЧНУ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Очікуваний результат роботи та початкові дані, якщо такі потрібні

Очікуваним результатом є безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат типу крило для моніторингу густоти посівів рослин.

4. Перелік питань, що підлягають розробці

1) дослідження предметної області та аналіз існуючих БПЛА;

2) формування специфікації вимог до апаратного забезпечення;

3) визначення архітектури для проєктування апаратного забезпечення;

4) моделювання та проєктування програмного забезпечення для аналізу густини посівів рослин;

5) розроблення прототипу БПЛА типу крило;

6) проведення аналізу результатів розробки;

5. Перелік графічних матеріалів

слайди презентації

6. Завдання до спеціальної частини

Аналіз охорони праці на робочих місцях фахівців з інформаційних технологій

7. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
А. О. Алексєєва, к.т.н., доцент	кафедра екології Медичного інституту ЧНУ імені Петра Могили	Спеціальна частина з охорони праці

Керівник роботи

старший викладач Бурлаченко Іван Сергійович


*(посада, прізвище, ім'я, по батькові)*

\_\_\_\_\_  
*(підпис)*

Завдання прийнято до виконання

Буцук Максим Сергійович

*(прізвище, ім'я, по батькові студента)*

  
\_\_\_\_\_  
*(підпис)*


Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**  
**виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи**

Тема: Безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат типу крило для моніторингу густоти посівів рослин

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1.	Розробка та затвердження завдання на виконання КР	11.12.22	12.12.22	Виконав
2.	Аналіз інформації стосовно загальної інформацію про БПЛА та їх використання в сільському господарстві	15.01.23	18.02.23	Виконав
3.		19.02.23	04.03.23	Виконав
4.	Порівняльний аналіз існуючих безпілотників	05.04.23	25.04.23	Виконав
5.	Система автопілота Arduplane та її використання	30.04.23	15.05.23	Виконав
6.	Дослідження геометричної моделі БПЛА типу крило	15.05.23	20.05.23	Виконав
7.	Розробка 3D моделі безпілотника	21.05.23	24.05.23	Виконав
8.	Розробка апаратної частини БПЛА	23.05.23	30.05.23	Виконав
9.	Розробка програмного забезпечення для визначення густини посівів	02.06.23	13.06.23	Виконав
10.	Оформлення роботи	07.06.23	13.06.23	Виконав
11.	Підготовка презентації	13.06.23	13.06.23	Виконав
12.	Попередній захист	17.06.23	17.06.23	Виконав
13.	Рецензування	17.06.23	17.06.23	Виконав
14.	Завершення оформлення КР та презентації	28.06.23	28.06.23	Виконав
15.	Захист кваліфікаційної роботи	11.12.22	12.12.22	Виконав
16.	Розробка та затвердження завдання на виконання КР	15.01.23	18.02.23	Виконав

Розробив здобувач ВО Буцук Максим Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник роботи старший викладач Бурлаченко Іван Сергійович  
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

«Безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат типу крило для моніторингу густоти посівів рослин»

Студент 405 гр. Бущук Максим Сергійович

Керівник: старший викладач Бурлаченко Іван Сергійович

Розроблена бакалаврська робота націлена на створення безпілотного літального апарату типу крило, призначеного для моніторингу густоти посівів рослин. У роботі розглянуто загальну інформацію про безпілотні літальні апарати, їхню класифікацію та застосування в сільському господарстві. Було проведено моделювання та проектування дистанційно-пілотованого літального апарату типу крило з використанням програмного забезпечення для автоматизованої конструкції та аналізу динамічних систем. Також було проведено практичну реалізацію розробленої системи та здійснено її тестування. Отримані результати демонструють ефективність та можливість застосування розробленого дистанційно-пілотованого літального апарату для моніторингу густоти посівів рослин у сільському господарстві.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та додатків. У вступі визначається актуальність теми, сформульовані мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження та розроблення бакалаврської роботи. У першому розділі проводиться огляд різноманітних технологій, що застосовуються в сільському господарстві, та їхніх проблем. Окрім того, досліджується застосування безпілотних літальних апаратів у цій галузі та описуються типи таких апаратів. У розділі також розглядаються переваги та недоліки безпілотних літальних апаратів у порівнянні з традиційними методами. В результаті аналізу отримуються висновки до першого розділу, що допомагають зробити висновки про ефективність використання безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві. У другому розділі зроблено акцент на розробку та моделювання конструкції безпілотного дистанційно-пілотованого літального апарату типу крило для моніторингу густоти посівів рослин. У розділі детально

описано обґрунтування вибору конструкції БПЛА типу крило, розробку конструкції, моделювання, системи автоматичного управління та програмного забезпечення для безпілотного дистанційного управління, стабілізацію польоту та розробку програмного забезпечення для контролю та обробки даних, зібраних з БПЛА. У третьому розділі наведені дані про реалізацію програмно-апаратного комплексу та результати тестування. Четвертий розділ присвячений охороні праці щодо норм роботи з використанням електронних пристроїв. У висновках наведено аналіз виконаної роботи та отриманих результатів дослідження та розроблення.

У додатку А наведено програмний код, що використовувався в БПЛА. В цілому, бакалаврська робота без додатків містить 50 сторінки, 34 рисунків, 21 джерел посилання.

Ключові слова: БПЛА, безпілотний літальний апарат, ardupilot, густота посівів, сегментація, Python, Matlab.

## **ABSTRACT**

of the Bachelor's Thesis

"Unmanned remotely controlled wing-type aerial vehicle for monitoring crop density"

Student: Maksym Bushchuk

Supervisor: Senior Lecturer Ivan Burlachenko

The developed bachelor's thesis focuses on the creation of an unmanned wing-type aerial vehicle designed for monitoring crop density. The work provides a general overview of unmanned aerial vehicles, their classification, and their application in agriculture. Modeling and design of the remotely piloted wing-type aerial vehicle were conducted using software for automated design and analysis of dynamic systems. Practical implementation of the developed system was performed, followed by testing. The obtained results demonstrate the effectiveness and potential of the developed remotely piloted aerial vehicle for monitoring crop density in agriculture.

The explanatory note of the bachelor's thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, and appendices. The introduction establishes the relevance of the topic and formulates the aim, object, subject, and tasks of the research and development of the bachelor's thesis. The first chapter provides an overview of various technologies used in agriculture and their challenges. Additionally, the application of unmanned aerial vehicles in this field and the types of such vehicles are examined. The chapter also discusses the advantages and disadvantages of unmanned aerial vehicles compared to traditional methods. Conclusions drawn from the analysis contribute to assessing the effectiveness of using unmanned aerial vehicles in agriculture.

The second chapter focuses on the development and modeling of the design of the unmanned remotely piloted wing-type aerial vehicle for monitoring crop density. It includes a detailed description of the justification for selecting the wing-type aerial vehicle design, the design development, modeling, and calculation of power supply, automatic control system, and software for remote control, flight stabilization, and data monitoring and processing collected from the aerial vehicle. The third chapter presents information on the implementation of the software and hardware complex and the results of testing. The fourth chapter addresses occupational safety in relation to the norms of

working with electronic devices. The conclusions provide an analysis of the conducted work and the obtained research and development results.

In appendix A, there is a software code used in UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Overall, the bachelor's thesis consists of 50 pages, 32 figures, and 21 references.

Keywords: UAV, Unmanned Aerial Vehicle, ardupilot, planting density, segmentation, Python, Matlab.



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	4
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО БПЛА ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	7
1.1 Огляд сучасних технологій в галузі сільського господарства та їх проблеми.....	7
1.2 Застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві .....	9
1.3 Опис типів безпілотних літальних апаратів .....	11
Висновки до розділу 1.....	15
2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ БПЛА.....	17
2.1 Система автопілота Arduplane та її використання .....	17
2.2 Обґрунтування вибору конструкції БПЛА типу крило.....	22
2.3 Отримання теоретичної геометрії.....	22
2.4 Розробка 3д моделі БПЛА .....	28
2.5 Системи автоматичного управління та програмного забезпечення для безпілотного дистанційного управління .....	34
2.6 Стабілізація польоту БПЛА.....	35
2.7 Програмне забезпечення для обробки даних з БПЛА.....	37
Висновки до розділу 2.....	38
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ .....	40
3.1 Вибір матеріалів для корпусу та його розробка.....	40
3.2 Виготовлення літального апарату.....	46
3.3 Розробка програмного забезпечення для БПЛА .....	51
3.4 Розробка програмного забезпечення для визначення густоти посівів.....	54
Висновки до розділу 3.....	62
ВИСНОВКИ .....	63

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	64
ДОДАТОК А ДОВІДКА .....	67
ДОДАТОК Б Код на БПЛА .....	68
ДОДАТОК В Код для визначення густоти посівів .....	71

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

- БПЛА – безпілотний літальний апарат  
ЕПС – екструдований пенополистирол  
САУ – система автоматичного управління
- APM – Ardupilot Mega  
IoT – Internet of Things  
GPS – Global Positioning System  
ESC – Electronic Speed Controller

## ВСТУП

В сучасному сільському господарстві ефективне управління посівами рослин є ключовим фактором для досягнення високих врожаїв і оптимального використання земельних ресурсів. Для досягнення цих цілей важливим елементом є точне визначення густоти посіву рослин на полі.

Традиційні методи оцінки густоти посіву, такі як візуальний огляд або зразкові вимірювання, мають свої обмеження щодо точності та об'єктивності. Однак, з появою безпілотних дистанційно-пілотованих літальних апаратів (БПЛА), нові можливості відкриваються для моніторингу густоти посіву рослин.

БПЛА типу крило, що використовуються для моніторингу густоти посіву рослин, володіють рядом переваг. Вони можуть здійснювати автономні польоти над посівами, забезпечуючи широке покриття та високу точність даних. Використання спеціалізованих сенсорів, таких як камери високого роздільного здатності, дозволяє отримувати детальну інформацію про розподіл рослин і їх густоту.

У цьому дослідженні ми розглядаємо безпілотні дистанційно-пілотовані літальні апарати типу крило для моніторингу густоти посіву рослин. Ми досліджуємо принципи їх роботи, вибір оптимальних матеріалів для виготовлення, автоматичного управління, а також розробку програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих даних.

**Мета дослідження:** використання безпілотного літального апарату типу крило для моніторингу густоти посівів рослин для забезпечення ефективного збору та аналізу даних про перебіг вирощування.

**Об'єкт дослідження:** апаратне забезпечення ArduPilot Mega 2.8 у контролерах польоту для безпілотних літальних апаратів типу крило.

**Предмет дослідження:** система моніторингу густоти посіву рослин з використанням безпілотних дистанційно-пілотованих літальних апаратів типу крило.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- дослідження предметної області та аналіз існуючих БПЛА;
- формування специфікації вимог до апаратного забезпечення;
- визначення архітектури для проєктування апаратного забезпечення;
- моделювання та проєктування програмного забезпечення для аналізу густини посівів рослин;
- розроблення прототипу БПЛА типу крило;
- проведення аналізу результатів розробки.

Для досягнення поставленої мети, було використано наступні **методи дослідження**:

- аналіз літературних джерел та наукових досліджень з тематики безпілотних літальних апаратів та моніторингу густоти посіву рослин;
- експериментальне моделювання та випробування безпілотних літальних апаратів типу крило;
- розробка апаратної та програмного забезпечення необхідного програмного забезпечення для безпілотного дистанційного управління, стабілізації польоту та обробки даних.

**Практичне значення** отриманих результатів: розроблений безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат типу крило для моніторингу посівів рослин.

# **1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО БПЛА ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Безпілотні літальні апарати є автономними або дистанційно керованими пристроями, які здатні виконувати завдання без присутності пілота на борту. В сільському господарстві вони знаходять широке застосування для моніторингу, контролю та оптимізації процесів вирощування рослин. БПЛА дозволяють збирати інформацію про густоту посівів, стан рослин, виявляти хвороби та дефекти, що допомагає сільськогосподарським підприємствам у прийнятті обґрунтованих рішень та підвищенні продуктивності.

## **1.1 Огляд сучасних технологій в галузі сільського господарства та їх проблеми**

Сучасні технології в галузі сільського господарства є ключовим фактором у вдосконаленні виробничих процесів і підвищенні продуктивності. Деякі з них включають в себе автоматизацію, мережа зв'язку пристроїв (IoT), безпілотні літальні апарати та аналіз даних.

Автоматизація дозволяє замінити ручні робочі процеси на автоматичні системи, що прискорює та поліпшує ефективність роботи. IoT дозволяє збирати та обмінюватися даними між сільськогосподарськими пристроями, датчиками та обладнанням, що полегшує моніторинг умов вирощування рослин.

Безпілотні літальні апарати стають все популярнішими в сільському господарстві, оскільки вони можуть виконувати моніторинг посівів, збирати дані та надавати детальну інформацію про стан рослин [1]. Проте, проблемами їх застосування є високі витрати на придбання та обслуговування, нестабільність погодних умов та складнощі з обробкою та аналізом великого обсягу зібраних даних.



Рисунок 1.1 – Безпілотний літальний апарат, що використовується в сільському господарстві.

Аналіз даних, отриманих з різних джерел, допомагає виявляти тенденції, покращувати прийняття рішень та оптимізувати виробничі процеси. Однак, проблемою є складність обробки та інтерпретації великого обсягу даних, а також забезпечення конфіденційності та безпеки інформації.

Отже, сучасні технології в сільському господарстві мають великий потенціал, проте потребують подальшого вдосконалення та розв'язання окремих проблем. Необхідно працювати над зниженням вартості безпілотних літальних апаратів, поліпшенням їх стійкості до погодних умов і розробкою ефективних алгоритмів обробки та аналізу зібраних даних. Також важливо забезпечити надійну і безпечну передачу даних, а також врахувати етичні аспекти використання технологій у сільському господарстві. Розвиток та впровадження цих технологій можуть сприяти підвищенню продуктивності, оптимізації використання ресурсів та сталому розвитку сільського господарства.

## 1.2 Застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві

Застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві є перспективним напрямком, який дозволяє вдосконалити та оптимізувати різні аспекти сільськогосподарських процесів. Використання цих автономних апаратів забезпечує ряд переваг та можливостей, що сприяють підвищенню продуктивності, зменшенню витрат та збільшенню ефективності сільського господарства [2].

Одним з основних застосувань БПЛА в сільському господарстві є моніторинг посівів. Завдяки спеціалізованим камерам та датчикам, вбудованим у літальний апарат, можливо здійснювати зйомку полів у високій роздільній здатності. Це дозволяє отримувати детальні зображення, які використовуються для аналізу густоти посівів, виявлення хвороб чи шкідників, а також оцінки стану рослинності [4]. Зібрані дані допомагають фермерам зробити об'єктивні оцінки і прийняти вчасні рішення щодо поливу, розпилення добрив чи застосування заходів захисту рослин.

Іншим важливим аспектом застосування БПЛА в сільському господарстві є збір даних про ґрунт (рис.1.2) та врожайність (рис.1.3).

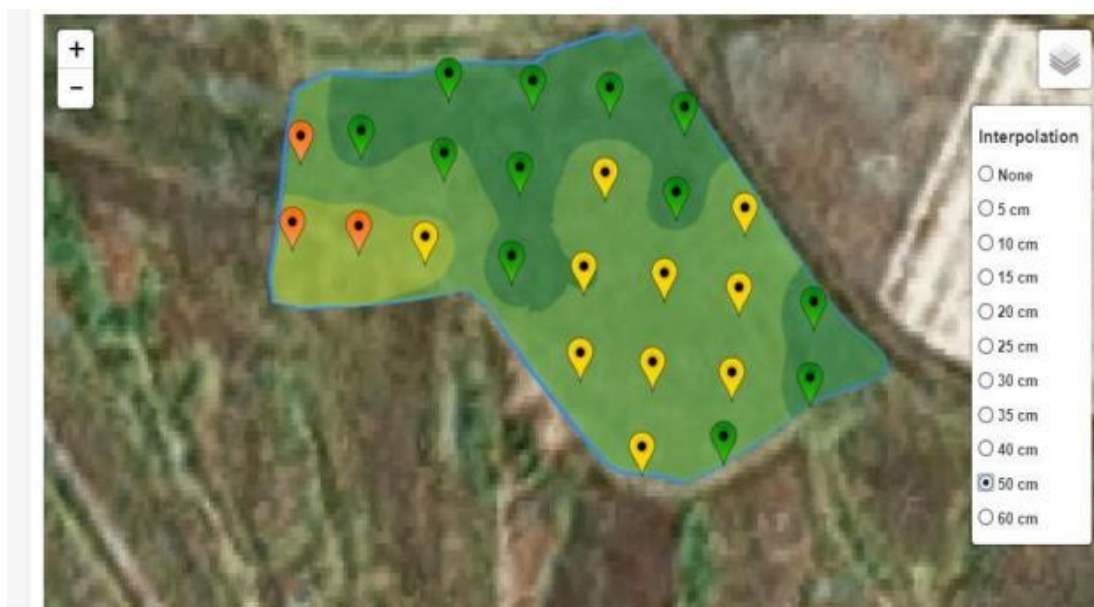


Рисунок 1.2 – Приклад карти ущільнення ґрунтів



Завдяки спеціалізованим сенсорам, літальні апарати можуть здійснювати польоти над полями та збирати інформацію про хімічний склад ґрунту, його вологоутримання та рівень плідності. Ці дані допомагають фермерам приймати рішення щодо оптимального застосування добрив та інших агротехнічних заходів, що сприятимуть покращенню якості ґрунту та збільшенню врожайності. Крім того, збір даних про врожайність дозволяє фермерам оцінити ефективність різних сортів рослин, визначити оптимальні умови вирощування та розподілити ресурси на полях залежно від потенційної врожайності.

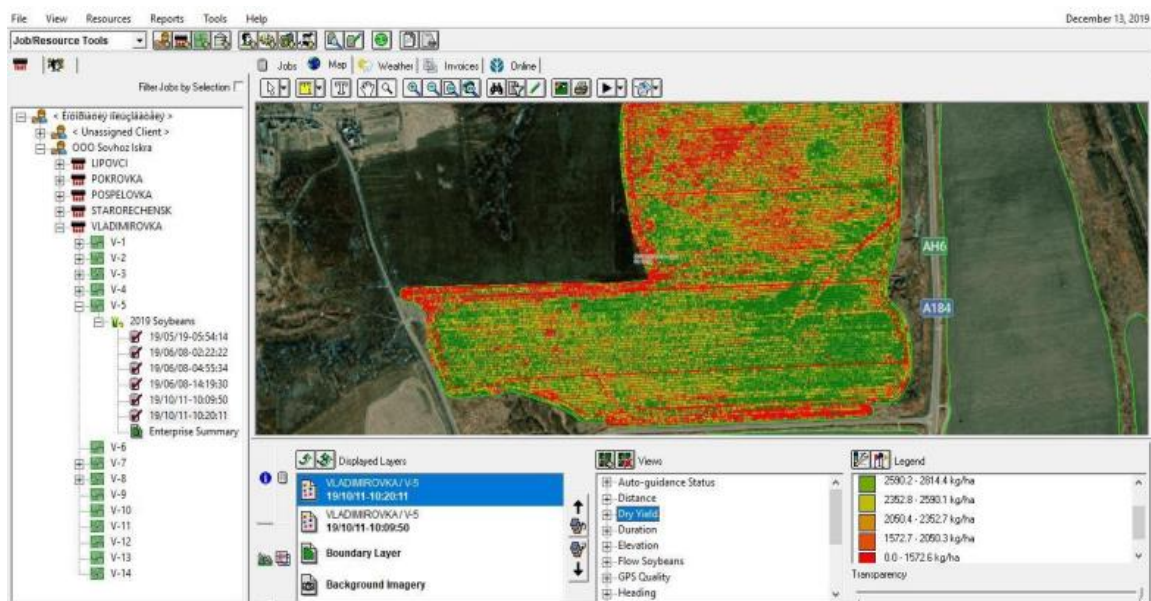


Рисунок 1.3 – Приклад зображення карти врожайності

Додатково, БПЛА можуть використовуватись для нагляду за водними ресурсами в сільському господарстві. За допомогою спеціальних камер та сенсорів, літальні апарати можуть виявляти протікання в системах поливу, контролювати рівень води у водоймах та оцінювати стан і ефективність іригаційних систем [15].

Застосування безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві може значно полегшити та удосконалити різні аспекти сільськогосподарської діяльності. Вони забезпечують оперативний доступ до важливої інформації, допомагають в прийнятті обґрунтованих рішень та покращують ефективність використання ресурсів. Однак, для успішного впровадження цих технологій необхідно вирішити

питання щодо нормативно-правового регулювання, безпеки польотів, навчання персоналу та економічної доцільності їх використання.

Застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві також дозволяє здійснювати моніторинг рослин за допомогою спеціалізованих сенсорів. Наприклад, інфрачервоні камери можуть виявляти хвороби та стресові стани рослин ще до того, як це стане видимим око. Це дозволяє вчасно вживати заходи з контролю за шкідниками та захисту рослин, що сприяє зниженню втрат врожаю та оптимізації використання пестицидів та добрив.

Крім того, безпілотні літальні апарати можуть виконувати роль полісмітників, збираючи дані про стан ґрунту, рівень вологості, розташування дренажних систем та інші важливі параметри. Ця інформація допомагає фермерам розробляти оптимальні плани поливу, землеробських робіт та дренажу, сприяючи підвищенню якості ґрунту та збільшенню врожайності.

Загалом, безпілотні літальні апарати відкривають нові перспективи для сільського господарства, допомагаючи фермерам управляти ресурсами більш ефективно, знижувати втрати та підвищувати врожайність. Втім, для повноцінного використання цих технологій необхідна сприятлива інфраструктура, належне навчання фахівців та постійний розвиток і вдосконалення технічних рішень.

### **1.3 Опис типів безпілотних літальних апаратів**

Опис типів безпілотних літальних апаратів у контексті їх застосування в сільському господарстві може бути досить обширним, оскільки існує багато різних моделей і варіацій БПЛА. Проте, для цілей дипломної роботи, наведемо загальний огляд деяких типів БПЛА, які часто використовуються в аграрному секторі:

1) мультироторні БПЛА (рис.1.4): Це тип БПЛА, який має кілька роторів, зазвичай чотири, шість або більше. Вони забезпечують вертикальний зліт і посадку, а також стабільну польотну характеристику;



Рисунок 1.4 – Мультироторний БПЛА Notuzi

2) фіксованокрилі БПЛА (рис.1.5): Ці типи БПЛА мають постійно фіксовані крила, які забезпечують їм горизонтальний польот. Вони здатні літати на великі відстані і виконувати широкий спектр завдань;



Рисунок 1.5 – Фіксованокрилий БПЛА Delair Tech UX11

3) автономні БПЛА: Ці типи БПЛА оснащені спеціальними сенсорами, GPS-навігацією та програмним забезпеченням, що дозволяють їм автономно виконувати завдання. Вони можуть працювати на основі програмованих маршрутів або відповідати на змінні умови на полі. Автономні БПЛА забезпечують ефективний збір даних та моніторинг без прямого участі оператора;

4) гібридні БПЛА (рис.1.6): Це тип БПЛА, який поєднує риси мультироторних і фіксованокрилих систем. Вони можуть працювати як мультироторні для вертикального зліту і посадки, а також як фіксованокрилі для ефективного польоту на великі відстані.



Рисунок 1.6 – Гібридний БПЛА Griflion

Кожен з цих типів БПЛА має свої унікальні характеристики та можливості, які роблять їх ефективними інструментами для моніторингу та управління в сільськогосподарському секторі. Вибір конкретного типу БПЛА залежить від потреб, розмірів господарства, типу посівів та бюджетних обмежень.

Переваги безпілотних літальних апаратів у порівнянні з традиційними методами моніторингу густоти посівів рослин також варто відзначити. БПЛА здатні здійснювати повітряний моніторинг на висоті, що недосяжна для земних засобів, що дозволяє отримати більш деталізовану інформацію про стан посівів. Вони також забезпечують швидкий і ефективний збір даних, зменшуючи необхідність в ручній роботі та витрати часу. Завдяки автоматизованим системам навігації та точному позиціонуванню, БПЛА можуть здійснювати повторювані польоти з високою точністю, що сприяє однаковому та послідовному збору даних. Крім того, використання БПЛА в сільському господарстві може знизити витрати на паливо та знизити негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки вони працюють на електричній або гібридній системі. БПЛА також можуть здійснювати сканування та аналіз рослин на основі спектральних даних, що дозволяє виявляти хвороби, стресові стани рослин та нестачу води. Це дозволяє

сільськогосподарським виробникам швидко реагувати на проблеми та приймати інформовані рішення щодо управління посівами.

Незважаючи на переваги, БПЛА також мають свої недоліки. Вони можуть бути вразливі до погодних умов, таких як сильний вітер або дощ, що може обмежити їхню ефективність та надійність. Крім того, використання БПЛА вимагає спеціалізованих навичок та знань для планування та керування польотами, обробки отриманих даних та інтерпретації результатів. Існує також проблема приватності та захисту даних, оскільки БПЛА можуть збирати і передавати велику кількість інформації, включаючи географічні дані та зображення. Забезпечення безпеки та конфіденційності стає важливим аспектом при використанні БПЛА в сільському господарстві.

Усі ці фактори варто враховувати при виборі і впровадженні безпілотних літальних апаратів в аграрному секторі. Переваги їх застосування в сільському господарстві значно перевищують недоліки, проте важливо ретельно планувати та управляти процесом використання БПЛА для досягнення найкращих результатів та максимальної користі для сільського господарства. Для ефективного використання безпілотних літальних апаратів необхідно провести детальний аналіз потреб господарства, визначити конкретні завдання, які можуть бути вирішені за допомогою БПЛА, і обрати відповідний тип апарату з урахуванням вимог і обмежень.

Загалом, безпілотні літальні апарати відкривають нові можливості для сільського господарства, забезпечуючи точність, швидкість і ефективність в зборі даних та моніторингу посівів [11]. Вони допомагають знизити витрати, підвищити урожайність та збільшити прибуток фермерів. Проте, для успішного використання БПЛА в сільському господарстві необхідна належна підготовка, управління ризиками та врахування правових та етичних аспектів. З правильним підходом, безпілотні літальні апарати можуть стати незамінними інструментами для підвищення ефективності і сталості сільського господарства.

## Висновки до розділу 1

У даному розділі було розглянуто загальну інформацію про безпілотні літальні апарати та їх застосування в сільському господарстві. Були описані основні принципи та переваги використання БПЛА для моніторингу густоти посівів рослин. Також було розглянуто проблеми та виклики, пов'язані з впровадженням цих технологій в сільському господарстві.

Застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві виявилось перспективним інструментом для збору даних та моніторингу посівів рослин. Вони забезпечують точність, швидкість та ефективність у зборі і аналізі інформації, що дозволяє фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо управління господарством. БПЛА дозволяють знизити витрати на працю та ресурси, покращити якість та врожайність посівів, а також зменшити негативний вплив на довкілля.

Однак, використання безпілотних літальних апаратів також стикається з рядом викликів. Серед них – потреба у спеціалізованому навчанні та кваліфікації операторів, врахування правових аспектів, розробка стандартів та нормативних актів, а також управління ризиками, пов'язаними з втратою або пошкодженням апаратів.

Отже, застосування безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві має значний потенціал для підвищення ефективності та сталості господарства. застосування безпілотних літальних апаратів дозволить досягти подальшого розвитку сільського господарства, забезпечити точність та прогностичність вирощування рослин, а також ефективніше використовувати ресурси. Впровадження цих технологій вимагає злагодженого підходу та співпраці між фермерами, виробниками БПЛА, науковими дослідниками та владними органами. Також важливо розробити нормативну базу, яка враховуватиме особливості використання БПЛА в аграрному секторі.

У нашому дослідженні ми висвітлили лише загальну картину застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві. Детальніші вивчення та

розробки в цій галузі вимагають подальших досліджень та спеціалізованих дослідницьких проєктів. Застосування БПЛА в сільському господарстві має потенціал для революції у вирощуванні рослин та оптимізації сільськогосподарських процесів, що сприятиме стійкому розвитку аграрної галузі та забезпеченню продовольчої безпеки.

Таким чином, безпілотні літальні апарати мають великий потенціал для перетворення сільського господарства, забезпечуючи точне і ефективно моніторингове та управлінське рішення для фермерів. Їх переваги у порівнянні з традиційними методами вирощування рослин, такими як точність, швидкість та ефективність, роблять їх незамінними інструментами для досягнення високих врожаїв і стійкого розвитку сільського господарства. Проте, разом з перевагами, безпілотні літальні апарати також мають свої недоліки, які потрібно враховувати. Одним з найбільших викликів є висока вартість технології, включаючи придбання, утримання та обслуговування БПЛА, а також навчання персоналу для їх використання. Також існує потреба в розробці стандартів та правових рамок, що регулюватимуть використання БПЛА в аграрному секторі, зокрема стосовно приватності, безпеки та етики.

Важливо зазначити, що безпілотні літальні апарати не замінюють повністю людську працю, а є доповненням інтелекту та можливостей фермерів. Вони надають зручний та ефективний інструмент для збору даних, аналізу та прийняття рішень, проте кінцевим результатом завжди залишається за розумним керівництвом фахівця.

## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ БПЛА

### 2.1 Система автопілота Arduplane та її використання

Для забезпечення потрібних динамічних характеристик, стабілізації у тривимірному просторі та автоматичного утримання на траєкторії місії необхідна система управління БПЛА. Ця система повинна мати ряд важливих властивостей, таких як стійкість, адаптивність, масштабованість та автономність, для ефективного функціонування БПЛА [7].

Одним з розповсюджених автопілотних систем для БПЛА з фіксованим крилом є система ArduPilot. ArduPilot надає широкий спектр функціональних можливостей та алгоритмів, що дозволяють ефективно керувати польотом БПЛА і виконувати поставлені завдання.



Рисунок 2.1 – Ardupilot APM 2.6 + LEA-6H + OSD + Telem

Архітектура ArduPilot передбачає розподіл функцій між різними компонентами для забезпечення ефективного управління БПЛА.

Основні компоненти архітектури ArduPilot включають:

- платформу апаратного забезпечення (процесор, сенсори, актуатори тощо), на якій працює система ArduPilo;
- керуюче програмне забезпечення, яке виконує обчислення, приймає рішення та генерує керуючі команди для БПЛА;



- датчики, які забезпечують збір даних про стан БПЛА та його оточення;
- актуатори, які відповідають за керування рухом і стабілізацію БПЛА шляхом зміни кутів атаки, положення поверхонь керування тощо;
- радіоапаратура, що забезпечує зв'язок між БПЛА та наземною станцією керування.

ArduPilot надає широкий спектр функціональних можливостей для ефективного управління БПЛА з фіксованим крилом. Деякі з цих можливостей включають:

- автопілотаж: ArduPilot здатний керувати польотом БПЛА у режимах автономного польоту, попередньо заданого маршруту, автоматичного зліту та посадки;
- стабілізація: Система ArduPilot забезпечує стабілізацію БПЛА у тривимірному просторі, що дозволяє підтримувати його в стабільному положенні під час польоту;
- автоматичне утримання на траєкторії: ArduPilot дозволяє налаштовувати та управляти траєкторією місії, що дозволяє БПЛА автоматично слідувати заданому шляху або точкам маршруту;
- захист від аварій: Система ArduPilot включає в себе алгоритми захисту від аварій, такі як виявлення перешкод, автоматичний вихід з небезпечних ситуацій та аварійна посадка у разі необхідності.

Застосування системи ArduPilot дозволяє забезпечити точність, стійкість та автономність управління БПЛА, що робить її привабливим вибором для різних завдань та проектів.

Система ArduPilot є ідеальним вибором для управління БПЛА з типом крила. Вона надає ряд функціональних можливостей та переваг, які сприяють ефективному польоту та керуванню цими БПЛА.

Однією з головних переваг системи Arduplane є підтримка автономного польоту та програмування маршрутів. За допомогою цієї системи можна легко налаштувати план польоту, включаючи точки маршруту, висоту, швидкість та інші

параметри. БПЛА з типом крила, обладнані системою Arduplane, можуть самостійно виконувати польот по заданому маршруту, зберігаючи точність та стабільність.

Крім того, система ArduPilot забезпечує стабілізацію БПЛА в тривимірному просторі. Вона автоматично коригує положення та орієнтацію БПЛА, забезпечуючи його стійкість під час польоту. Це особливо важливо для БПЛА з типом крила, оскільки вони можуть зазнавати впливу атмосферних умов та інших факторів, які можуть впливати на їх стійкість та польотні характеристики.

Будемо використовувати АМР 2.8. АРМ 2.8 (Ardupilot Mega 2.8) є однією з версій апаратної платформи Ardupilot Mega (АРМ). В основі АРМ 2.8 знаходиться мікроконтролер Arduino Mega та спеціально розроблене програмне забезпечення ArduPilot.

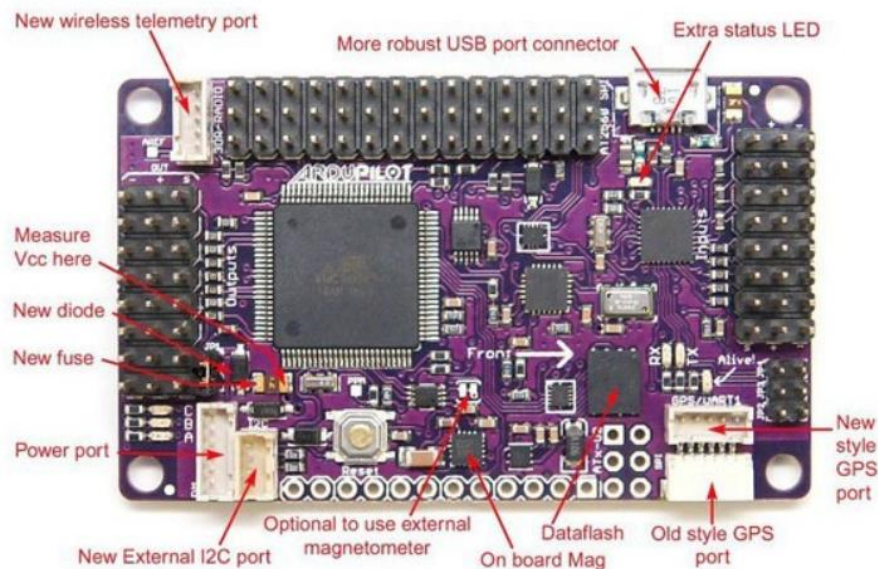


Рисунок 2.2 – АМР 2.8

Основні компоненти та функції АРМ 2.8 (ArduPilot):

– мікроконтролер Arduino Mega: АРМ 2.8 використовує мікроконтролер Arduino Mega, який забезпечує обробку сигналів та виконання програмного забезпечення для керування БПЛА. Arduino Mega є потужним мікроконтролером з багатьма вхідними та вихідними портами, що дозволяє підключати різні датчики та

актуатори;

– вбудоване програмне забезпечення ArduPilot: APM 2.8 використовує програмне забезпечення ArduPilot, яке забезпечує автономний польот, навігацію та керування БПЛА. Це вбудоване програмне забезпечення може бути налаштоване для виконання різних режимів польоту, таких як стабілізація, автономний польот, GPS-навігація, зйомка з точністю GPS та багато інших;

– датчики: APM 2.8 має можливість підключення різних датчиків, таких як жиро-, акселерометри, компаси, барометри, GPS-модуль та інші. Ці датчики забезпечують збір даних про положення, орієнтацію, висоту та інші параметри БПЛА;

– вихідні порти: APM 2.8 має вихідні порти, які дозволяють керувати руховими актуаторами БПЛА, такими як сервоприводи, мотори та інші;

Завдяки цим компонентам та функціям APM 2.8 (ArduPilot) може виконувати широкий спектр завдань управління та навігації в безпілотних літальних апаратах.

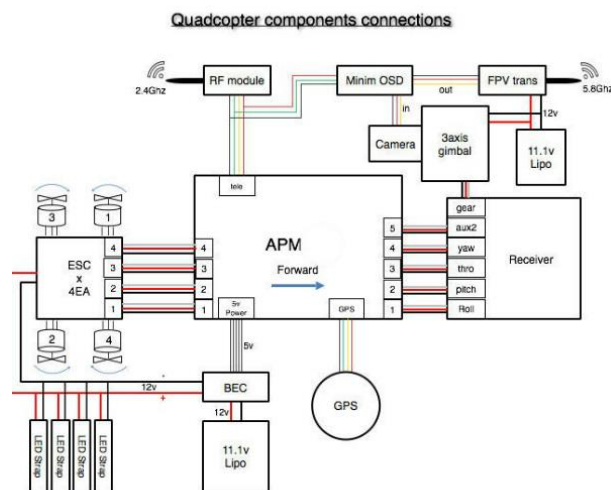


Рисунок 2.3 – Приклад підключення APM 2.8

Основні компоненти, які використані в APM 2.8 (Рис.2.3), включають:

- 1) ESC (Electronic Speed Controller): ESC використовується для керування швидкістю обертання моторів. Зазвичай дрон має чотири ESC, кожен підключений до відповідного мотора;
- 2) GPS: GPS-приймач використовується для отримання географічних

координат та інформації про положення літального апарата. Він допомагає у виконанні навігаційних функцій, таких як позиціонування, орієнтація та стабілізація;

3) Receiver (радіоприймач): Радіоприймач використовується для отримання сигналу від радіопередавача (трансмітера) та передачі команд керування до автопілота. Він забезпечує бездротове керування дроном;

4) камера: Камера може використовуватись для зйомки відео або зображень під час польоту. Зображення можуть використовуватись для забезпечення візуального навігаційного зв'язку або для виконання інших завдань, таких як документування або зйомка з певної висоти;

5) FPV Transmitter (відеопередавач з першої особи): FPV Transmitter дозволяє передавати відеосигнал з камери на землю, щоб пілот міг бачити зображення в режимі реального часу з першої особи;

6) Minim OSD: Minim OSD (On-Screen Display) дозволяє відображати інформацію про польот на відео, яке передається з камери. Ця інформація може включати телеметрію, напрямок, швидкість, висоту та інші дані;

7) RF модуль: RF модуль може використовуватися для бездротового зв'язку з дроном, передачі команд або обміну даними;

8) батарея: Для живлення АРМ 2.8 та моторів зазвичай використовуються літій-полімерні (LiPo) батареї. Згадувана "11.1V LiPo" вказує на одну з можливих батарей, яка має напругу 11.1 вольт;

9) LED: Чотири світлодіоди можуть бути використані для візуальної сигналізації або відображення різних станів дрона, таких як активність, режим роботи чи помилки.

АРМ 2.8 є автопіотною системою для дронів, яка дозволяє керувати їх польотом, навігацією та взаємодіяти з додатковими компонентами. Згадані компоненти, такі як ESC, GPS, receiver, камера, FPV Transmitter, Minim OSD, RF модуль, батареї та світлодіоди, розширюють можливості системи. Вони допомагають забезпечити стабільний польот, точне позиціонування, відображення відео на землю, бездротовий зв'язок та візуальну сигналізацію. Застосування

АРМ 2.8 та вибір конкретних компонентів залежать від потреб та цілей кожного проекту.

## **2.2 Обґрунтування вибору конструкції БПЛА типу крило**

Крилова конструкція безпілотного літального апарату виявляється найбільш доцільною для виконання моніторингу густоти посівів рослин з кількох причин [3].

Крилові апарати забезпечують високу стабільність польоту та мають велику носову в'язкість, що дозволяє зберігати постійну швидкість польоту навіть при впливі вітрових умов. Це забезпечує точність та надійність збору даних про густоту посівів рослин, а також підвищує тривалість польоту безпілотного апарату.

Крім того, крилові апарати відрізняються високою маневреністю та підвищеною підйомною силою завдяки своїй аеродинамічній формі і розміщенню крил. Це дозволяє їм легко керувати польотом над полем посівів рослин і забезпечує точне визначення густоти посіву.

Довгий час польоту безпілотного апарату на крилах є ще однією перевагою цієї конструкції. Завдяки енергоефективності і меншому споживанню енергії, вони можуть тривалий час перебувати у повітрі, що дозволяє збирати більше даних і здійснювати більш детальний аналіз посівних угідь.

Таким чином, обрання конструкції безпілотного апарату типу крило для моніторингу густоти посівів рослин є обґрунтованим рішенням. Його висока стабільність, маневреність, підвищена підйомна сила, довгий час польоту та низька маса дозволяють забезпечити точність, ефективність та надійність збору даних про густоту посівів рослин, сприяючи оптимізації сільськогосподарських процесів та підвищенню врожайності.

## **2.3 Отримання теоретичної геометрії**

Для отримання теоретичної геометрії планера безпілотного літального апарату використовуємо програмне забезпечення під назвою FLZ Vortex. Це безкоштовне програмне забезпечення, яке можна використовувати для

математичного моделювання безпілотних літальних апаратів з різноманітними аеродинамічними схемами. FLZ Vortex дозволяє проводити дослідження та аналізувати геометричні параметри планера, що забезпечує його оптимальні літні характеристики.

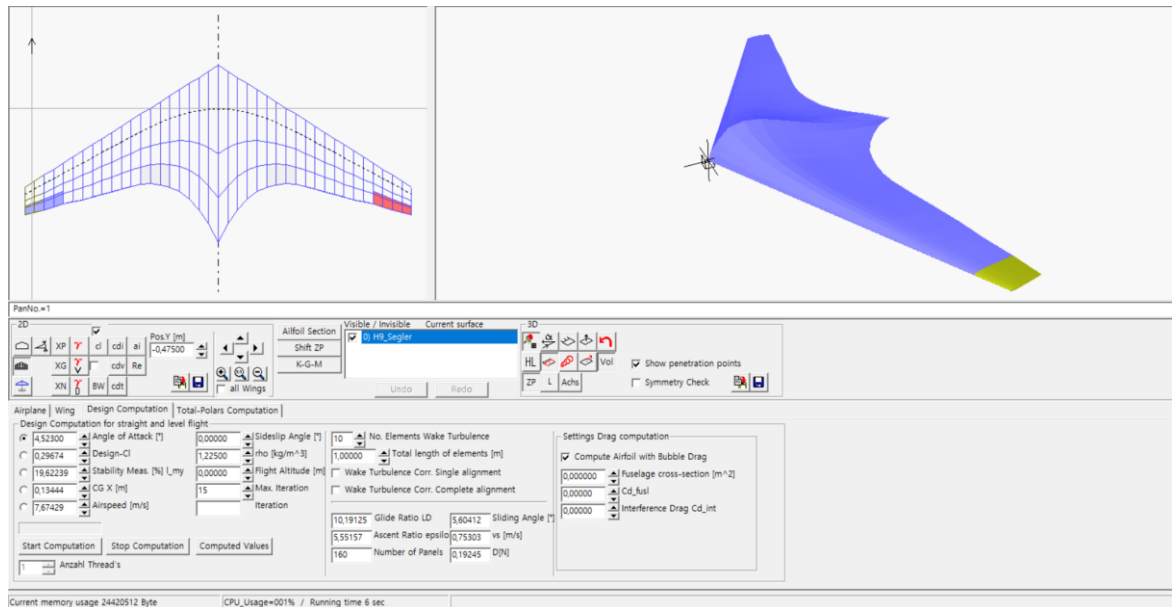


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд БПЛА за схемою літаюче крило

Розподілення підйомної сили в безпілотних літальних апаратах типу крило є ключовим фактором, який визначає їх аеродинамічну продуктивність. Підйомна сила, яка діє на крило БПЛА, розподіляється вздовж його співвідношення і впливає на здатність апарата підтримувати польот у повітрі [5].

У крилових конструкціях БПЛА підйомна сила формується завдяки аеродинамічним профілям крила, які генерують різницю тисків між верхньою та нижньою поверхнею крила. Розподілення підйомної сили вздовж крила залежить від кута атаки (кута між напрямком повітряного потоку та хордою крила), форми профілю крила, геометрії крила, швидкості повітря та інших факторів.

Зазвичай, розподілення підйомної сили найбільше біля кореня крила (найближче до тіла апарата) і поступово зменшується вздовж співвідношення крила. Це пов'язано з тим, що в області кореня крила зазвичай знаходиться більша площа поверхні, що генерує підйомну силу. У міру віддалення від кореня крила

площа поверхні зменшується, що призводить до послаблення впливу на створення підйомної сили.

Розподілення підйомної сили в БПЛА типу крило є важливим для забезпечення стабільного підйому, контролю кривизни траєкторії польоту та ефективності апарата. Правильне розподілення підйомної сили може бути досягнуто шляхом вибору оптимального профілю крила, геометрії крила, аеродинамічного проектування та налагодження аеродинамічних параметрів БПЛА.

Це розподілення підйомної сили впливає на стійкість, маневреність та продуктивність БПЛА під час польоту, допомагаючи забезпечити оптимальну підйомну силу в різних областях крила.

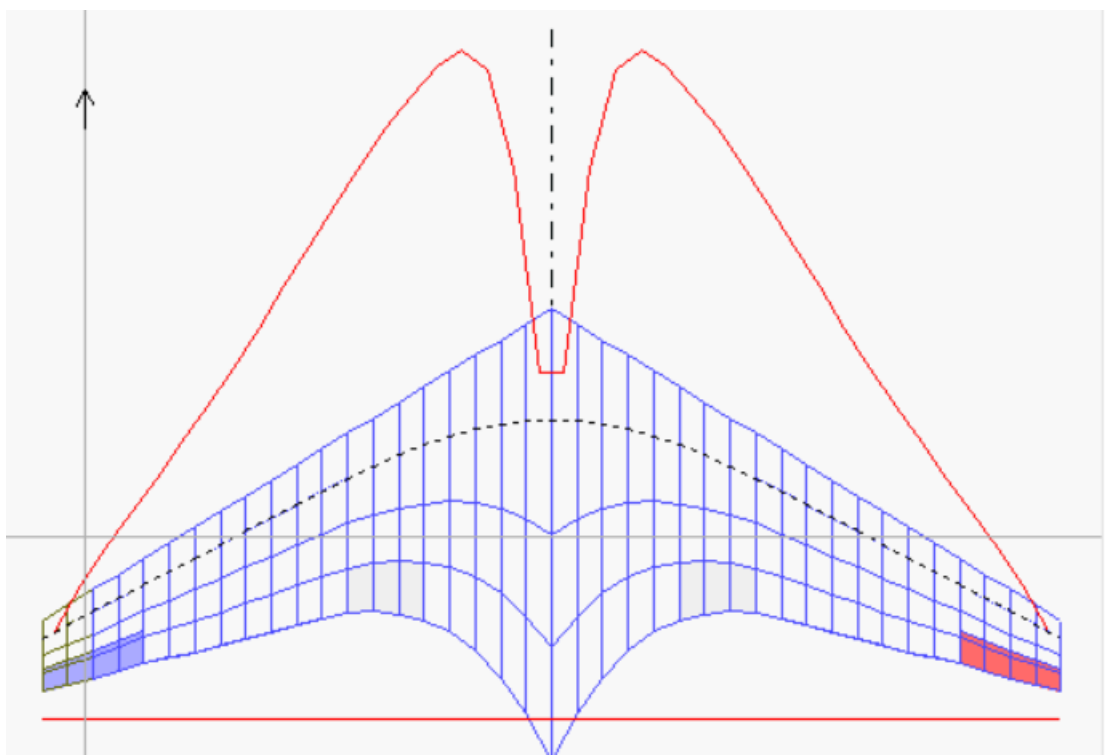


Рисунок 2.5 – Розподілення літальної підйомної сили

Відображення кривої допоміжної циркуляції (Display Assist Circulation Curve) відноситься до аеродинамічного аналізу та візуалізації показників циркуляції повітря навколо безпілотного літального апарата. Ця крива є інструментом для відображення розподілу циркуляційних потоків повітря на поверхні крила або

інших аеродинамічних компонентів БПЛА.

Циркуляція повітря визначається як інтеграл швидкості повітря по замкнутій контурній лінії навколо аеродинамічного об'єкта. Крива допоміжної циркуляції відображає розподіл цих циркуляційних потоків вздовж поверхні крила БПЛА. Вона може бути представлена у вигляді графіка, де по горизонтальній осі відображається відстань вздовж крила, а по вертикальній осі – значення циркуляції.

Відображення кривої допоміжної циркуляції дозволяє аеродинамікам та інженерам отримати візуальне уявлення про розподіл циркуляції на поверхні крила БПЛА. Це допомагає їм аналізувати аеродинамічні характеристики, виявляти потенційні проблеми та вдосконалювати дизайн крила для досягнення оптимальних показників підйомної сили, опору та керованості.

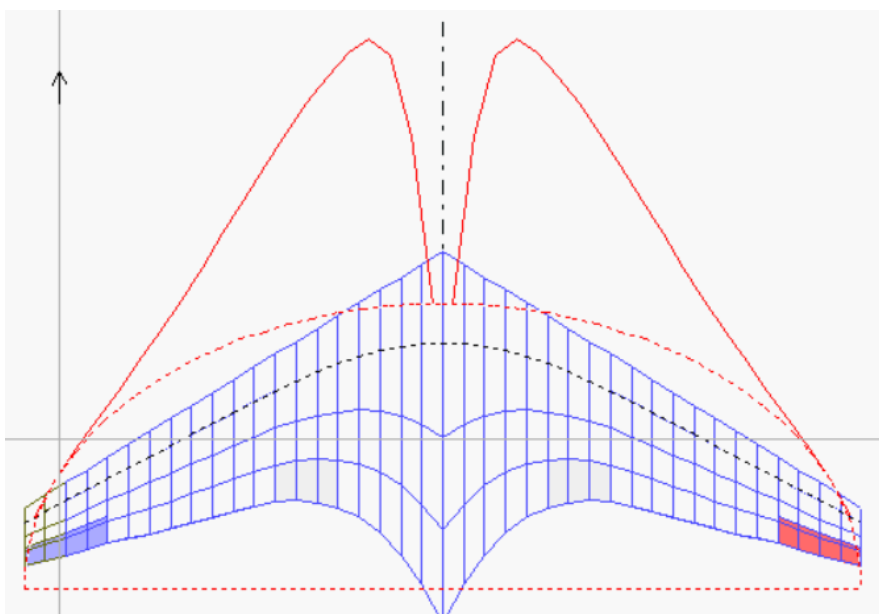


Рисунок 2.6 – Крива допоміжної циркуляції БПЛА(пунктирна лінія)

Коефіцієнт підйомної сили на місцевому рівні (local lift coefficient –  $C_l$ ) в безпілотних літальних апаратах визначає аеродинамічну ефективність крила в конкретній точці або на окремих ділянках крила. Цей коефіцієнт залежить від форми профілю крила, кута атаки та характеристик повітряного потоку.

Коефіцієнт підйомної сили  $C_l$  визначається наступною формулою:



$$Cl = \frac{L}{\frac{1}{2} \times \rho \times \frac{V}{2} \times S}, \quad (2.1)$$

де  $Cl$  – коефіцієнт підйомної сили на місцевому рівні;

$L$  – підйомна сила в даній точці крила (Н);

$\rho$  – щільність повітря ( $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ );

$V$  – швидкість повітря (м/с);

$S$  – площа крила в даній точці ( $\text{м}^2$ ).

Значення коефіцієнта підйомної сили  $Cl$  може змінюватися вздовж крила БПЛА в залежності від геометрії крила, профілю крила, кута атаки та режиму польоту. Це дозволяє враховувати варіації підйомної сили на різних ділянках крила та оптимізувати його аеродинамічні характеристики для досягнення бажаних польотних характеристик БПЛА.

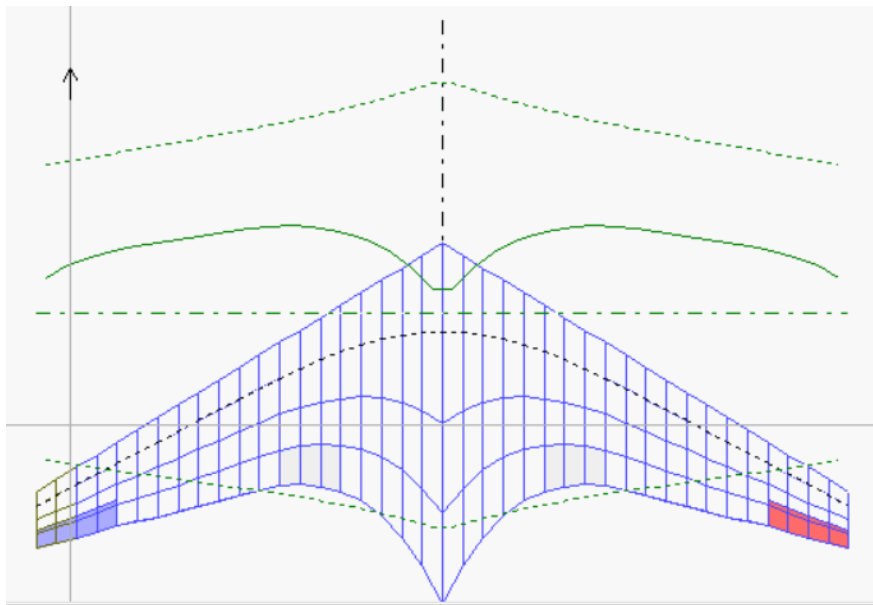


Рисунок 2.7 – Графік коефіцієнту підйомної сили

Ще одним із головних найважливіших параметрів є число Рейнольдса. Число Рейнольдса на місцевому рівні (local Reynolds number) в безпілотних літальних апаратах є параметром, що характеризує режим повітряного потоку навколо поверхні крила або інших аеродинамічних компонентів БПЛА. Воно визначається відношенням масової сили до в'язкого опору повітря [17].

Формула для розрахунку числа Рейнольдса ( $Re$ ) в даній точці крила БПЛА виглядає наступним чином:

$$Re = \frac{\rho \times V \times L}{\mu}, \quad (2.2)$$

де  $Re$  – число Рейнольдса на місцевому рівні;

$\rho$  – щільність повітря ( $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ );

$V$  – швидкість повітря ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$L$  – характерна довжина аеродинамічного об'єкта (м);

$\mu$  – динамічна в'язкість повітря ( $\frac{\text{кг}}{\text{м} \times \text{с}}$ ).

Значення числа Рейнольдса вказує на тип повітряного потоку, який може бути ламінарним або турбулентним. Режим повітряного потоку може впливати на аеродинамічні характеристики крила, такі як опір, підйомна сила та коефіцієнт опору.

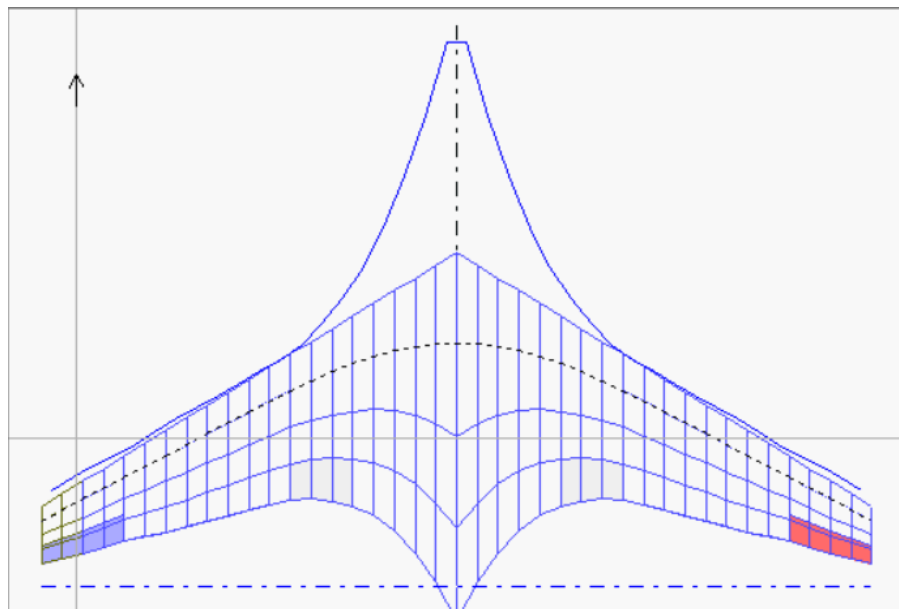


Рисунок 2.8 – Графік числа Рейнольдса

У залежності від значення числа Рейнольдса, аеродинамічні характеристики можуть змінюватися, тому важливо враховувати цей параметр під час проектування та аналізу БПЛА [9].

Розподілення підйомної сили в безпілотних літальних апаратах типу крило є важливим аспектом їх аеродинаміки. Вивчення цього розподілу та аналіз факторів, таких як форма профілю крила, кут атаки та швидкість повітря, допомагає зрозуміти, як ефективно крило генерує підйомну силу. Це впливає на маневреність, стійкість та загальні польотні характеристики БПЛА. Детальне вивчення підйомної сили і розподілу її значень дозволяє оптимізувати дизайн крила, забезпечуючи ефективну підтримку БПЛА в повітрі та досягнення бажаних польотних характеристик.

## 2.4 Розробка 3д моделі БПЛА

3ds Max є однією з найпопулярніших програм для створення 3D-моделей, що широко використовується у галузі візуальних ефектів, інтерактивного дизайну, архітектури та багатьох інших сферах. Ця програма надає потужні інструменти для створення складних 3D-моделей.

3ds Max, розроблений компанією Autodesk, входить у складну сім'ю програм для 3D-моделювання, рендерингу та анімації. Він пропонує широкий набір інструментів та можливостей для створення високоякісних 3D-моделей, які відображають реалістичні деталі та поведінку об'єктів.

3ds Max пропонує багатий набір інструментів та функцій, які допомагають створювати складні 3D-моделі безпілотних літальних апаратів типу крило. Основні можливості включають:

- моделювання: 3ds Max надає широкий спектр інструментів моделювання, включаючи створення примітивів, витягування, насічування та згинання поверхонь для створення складних форм безпілотного апарату;
- текстурування і матеріали: Ви можете надавати своїм моделям вигляд реальних об'єктів, застосовуючи текстури, матеріали та шари. 3ds Max підтримує різні типи текстур, включаючи колірні картки, бамп-мапи, нормалі та інші;
- анімація: За допомогою 3ds Max ви можете анімувати свою модель, створюючи рухи, трансформації та взаємодію об'єктів. Це дозволяє відтворювати

рухи безпілотного апарату та інші анімаційні ефекти;

– рендеринг: 3ds Max надає потужні можливості рендерингу, що дозволяють вам створювати фотореалістичні зображення та анімацію вашої моделі.

Для створення 3D-моделі, для початку потрібно підготувати референсні матеріали, тобто креслення або зображення. Вони будуть слугувати вихідною точкою для моделювання. Для аналогу корпусу з можливою модифікацією будемо використовувати БПЛА Delair UX11[8].



Рисунок 2.9 – Безпілотний літальний апарат Delair UX11

Спочатку створюємо загальний корпус з фігури "Cylinder", потім для носу нашого БПЛА використовуємо фігуру "Cone". Завдяки модифікації "Edit Poly", ми робимо форму для нашого безпілотника, і функцією "Extrude" витягуємо наші крила(Рис 2.7).

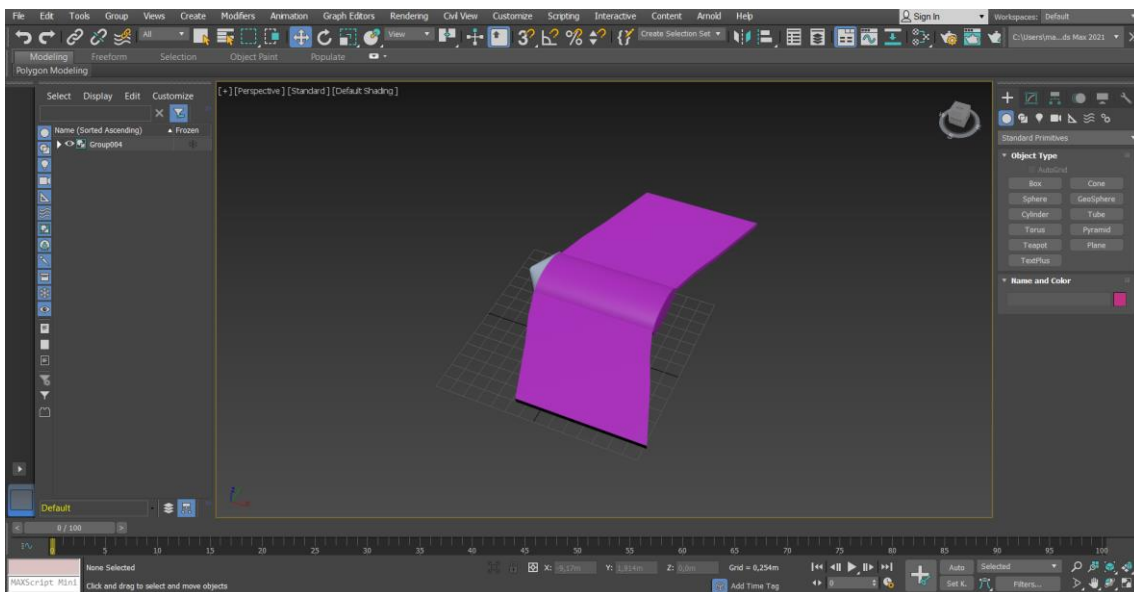


Рисунок 2.10 – Перша модель БПЛА

За допомогою функцій та фігур, нам потрібно зробити на кінці крил елемент для покращення аеродинаміки, та закрилки для управління (Рис 2.8).

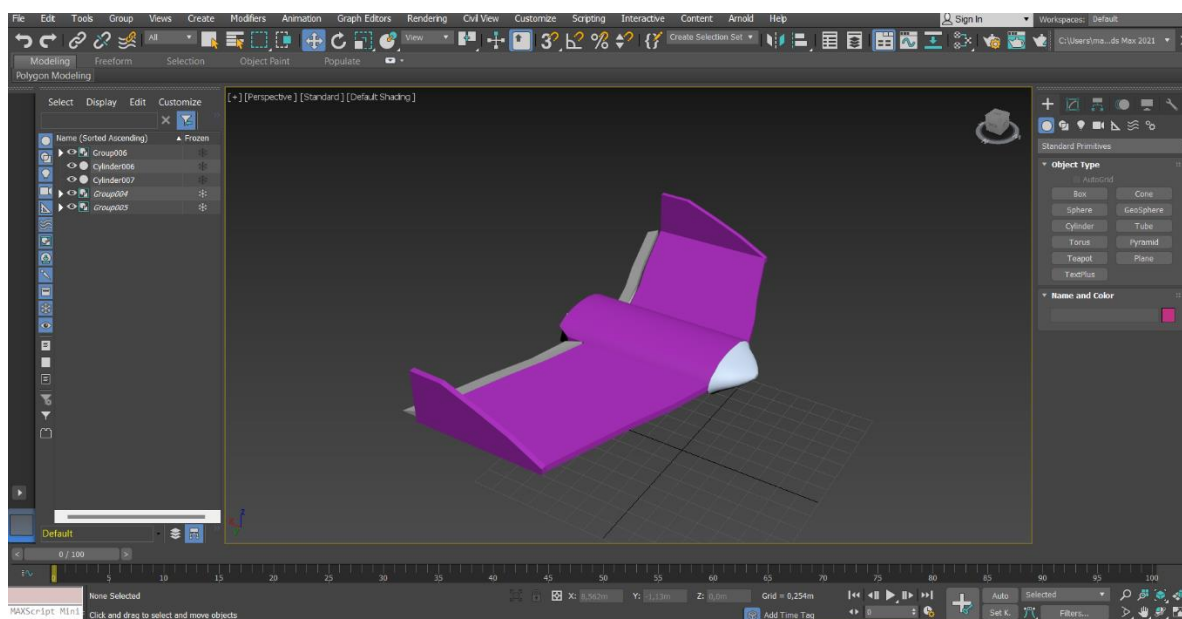


Рисунок 2.11 – БПЛА з закрилками та елементами аеродинаміки

Наступним етапом в нас буде, системи управління повністю (мотор, пропелер та сервоприводи).

Для створення пропелера в 3ds Max ми виконаємо наступні дії:

- 1) створюємо циліндр;

2) параметри циліндра: На площині робочого вікна треба натиснути та перетягнути, щоб створити циліндр. В окремому вікні відобразиться панель параметрів циліндра, де ми виставимо його розміри, радіуси і висоту відповідно до потреб пропелера;

3) розіб'ємо циліндр на сегменти: В панелі параметрів циліндра знайдемо розділ "Segments" (Сегменти). Збільшимо значення "Height Segs" (Сегменти по висоті) і "Cap Segs" (Сегменти по верхній і нижній основі) для отримання більш деталізованого пропелера;

4) візьмемо інструмент "Edit Poly" (Редагувати полігони): У верхній панелі інструментів знайдемо кнопку "Edit Poly" (Редагувати полігони) і натиснемо її. Це дозволить вам редагувати полігони циліндра;

5) виділимо полігони: Виберемо інструмент "Polygon" (Полігон) у панелі інструментів, а потім виділимо полігони, з якими ми будемо створювати пропелер. Виділені полігони будуть використовуватись як вихідна форма пропелера;

6) використовуємо "Extrude" (Витягнути) або "Bevel" (Скошування): Виберіть інструмент "Extrude" або "Bevel" у панелі редагування полігонів і налаштуйте його параметри. Застосуємо його до виділених полігонів, щоб створити форму пропелера;

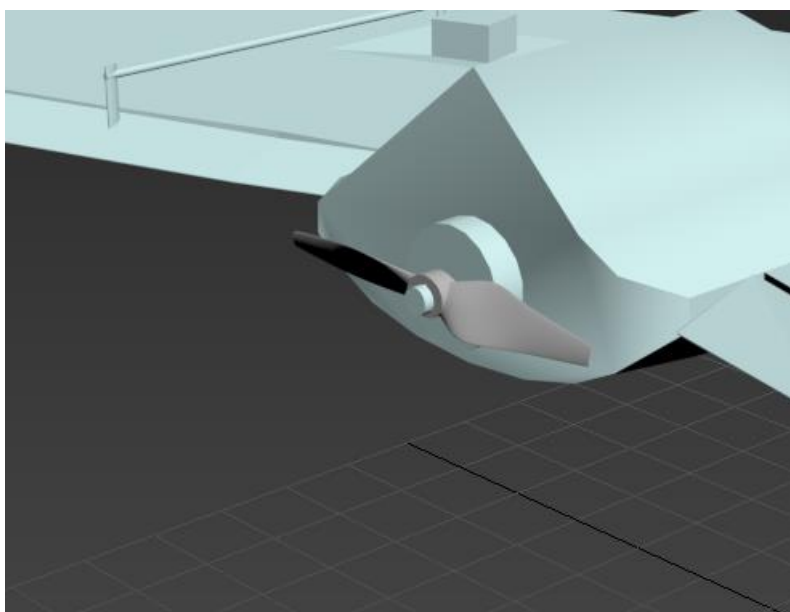


Рисунок 2.12 – Пропелер на БПЛА

Для створення сервоприводу, ми використаємо звичайні бокси і циліндри, підберемо розміри, а для тяги ми використаємо розтягнутий циліндр.

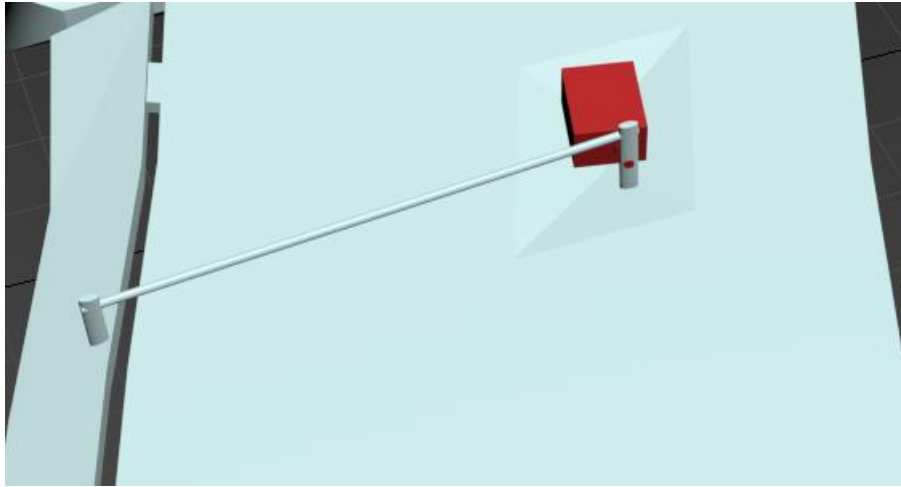


Рисунок 2.13– Сервопривод та тяга безпілотника

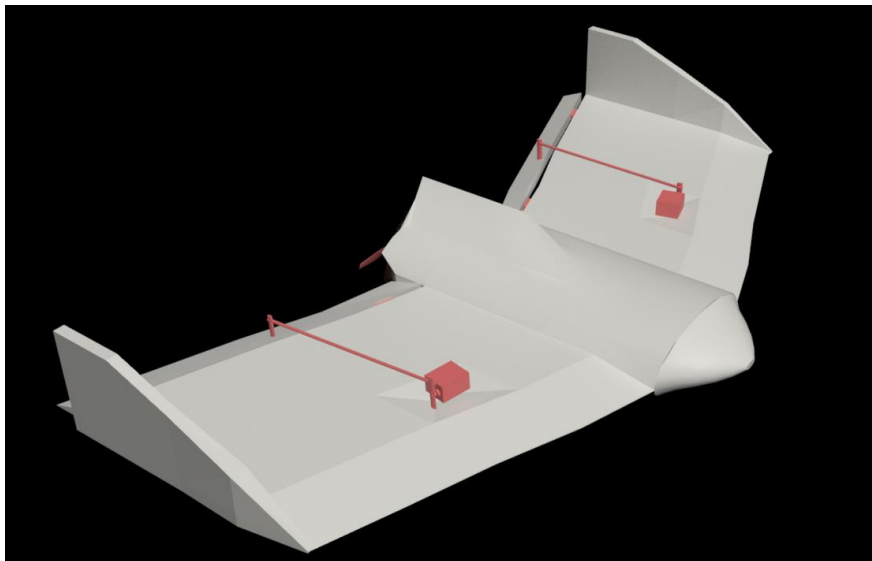


Рисунок 2.14 – Готова модель вид спереду

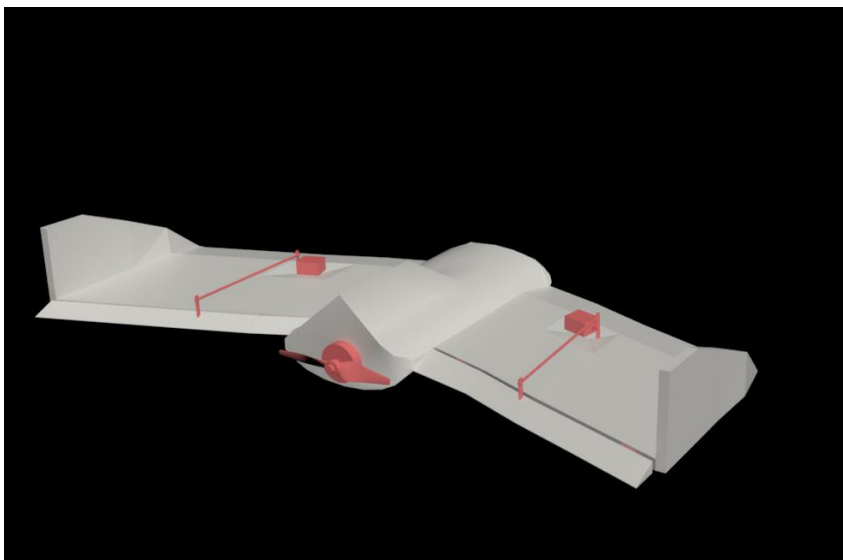


Рисунок 2.15 – Готова модель вид ззаду

Побудова 3D-моделі є невід'ємною частиною проєктування та розробки безпілотних літальних апаратів. Цей процес має велику важливість для успішного виконання проєкту.

Створення 3D-моделі дозволяє візуалізувати концепцію БПЛА та всі його компоненти. Вона допомагає команді проєктування та розробки отримати чітке уявлення про кінцевий вигляд апарату та його функціональні можливості.

Окрім того, 3D-модель дозволяє перевірити взаємодію різних компонентів БПЛА. Це дозволяє виявити можливі конфлікти, помилки або несумісності між частинами апарату, що сприяє уникненню проблем під час фізичної реалізації апарату.

Будівництво 3D-моделі також допомагає ускладнити процеси виробництва та тестування БПЛА. Завдяки 3D-моделі можна попередньо оцінити параметри апарату, провести віртуальні тести та оптимізувати робочі процеси. Це дозволяє зекономити час, зусилля та ресурси на реальних етапах розробки.

Отже, побудова 3D-моделі є ключовим етапом у процесі проєктування та розробки БПЛА, який сприяє покращенню якості та ефективності проєкту, а також допомагає зменшити ризики та затрати в подальших етапах реалізації.



## **2.5 Системи автоматичного управління та програмного забезпечення для безпілотного дистанційного управління**

Системи автоматичного управління та програмне забезпечення для безпілотних літальних апаратів відіграють важливу роль у розробці, проектуванні та експлуатації цих апаратів. Вони забезпечують автономну роботу БПЛА, управління їх рухами, навігацію, виконання завдань та забезпечують зв'язок між БПЛА та оператором.

Система автоматичного управління (САУ) включає в себе апаратне та програмне забезпечення, які спільно працюють для керування БПЛА. Апаратне забезпечення включає сенсори, актуатори та обчислювальні пристрої, які забезпечують збір даних, обробку і аналіз інформації та прийняття рішень щодо керування апаратом. Програмне забезпечення включає алгоритми, моделі та інтерфейси, які дозволяють управляти рухами БПЛА, навігацією, уникати перешкод та виконувати завдання [10].

Одним із ключових аспектів систем автоматичного управління є навігація. Це включає визначення положення БПЛА в просторі, використання супутникової навігації, інерціальних датчиків та інших сенсорів для точного визначення місцезнаходження. Навігаційні системи також враховують динаміку польоту, швидкість, альтитуду та інші параметри для точного контролю руху апарату.

Крім навігації, системи автоматичного управління включають в себе такі функції, як стабілізація польоту, автоматичне керування, виявлення перешкод та системи уникнення зіткнень. Ці функції допомагають забезпечити безпеку польоту БПЛА та його ефективну роботу.

Окрім систем автоматичного управління, програмне забезпечення відіграє важливу роль у функціонуванні БПЛА. Воно забезпечує інтерфейс для взаємодії оператора з апаратом, відображення інформації про стан апарату та оточуючого середовища, аналіз даних та прийняття рішень.

Важливість побудови ефективних систем автоматичного управління та програмного забезпечення для БПЛА полягає в забезпеченні безпеки польоту,

ефективного виконання завдань, збільшенні автономності апарату та поліпшенні якості збираної інформації. Ці системи дозволяють знизити людський фактор, реалізувати складні режими польоту та забезпечити високу надійність та ефективність БПЛА.

В результаті досліджень і розробок у галузі систем автоматичного управління та програмного забезпечення для БПЛА досягаються значні досягнення, що робить їх незамінними в індустрії безпілотної авіації та інших галузях застосування. Вдосконалення цих систем дозволить розширити можливості БПЛА та покращити їхню ефективність у різних сферах, включаючи геодезію, картографію, нагляд та моніторинг, дослідження та рятувальні роботи.

## **2.6 Стабілізація польоту БПЛА**

Стабілізація польоту безпілотних літальних апаратів є надзвичайно важливою для їхньої ефективною та безпечною роботи. У процесі польоту БПЛА зустрічається різна динаміка, включаючи зміну швидкості, напрямку, орієнтації та вплив зовнішніх факторів, таких як вітер і турбулентність повітря. Стабілізація польоту дозволяє забезпечити точний контроль над цими факторами та забезпечити стабільну траєкторію руху.

Для досягнення стабілізації польоту БПЛА використовуються комплексні системи автоматичного управління. Одним з головних компонентів цих систем є інерціальні вимірювальні пристрої, такі як акселерометри і гіроскопи. Акселерометри вимірюють прискорення БПЛА в трьох основних напрямках, а гіроскопи вимірюють його кутову швидкість або зміну орієнтації.



Рисунок 2.15– Акселерометр и гіроскоп MPU-6050

Отримані дані від акселерометрів і гіроскопів обробляються і використовуються системою автопілота для розрахунку необхідних корекцій і керувальних сигналів. За допомогою цих сигналів система автопілота здатна виконувати різні дії, такі як коригування поворотів, нахилів або розворотів, щоб підтримувати стабільну польотну траєкторію.

Додатково, системи стабілізації польоту можуть включати інші датчики та компоненти, такі як магнітметри для вимірювання магнітного поля, барометри для вимірювання атмосферного тиску, GPS-приймачі для навігації, а також комп'ютерні алгоритми та програмне забезпечення для обробки даних і керування польотом.

Загальна мета стабілізації польоту полягає в тому, щоб забезпечити плавний, контрольований і точний рух БПЛА. Це особливо важливо для виконання місій, таких як дослідження, нагляд, пошук і рятування, військові операції та інші застосування, де точна навігація і стабільний політ є критичними факторами успіху [19].

Враховуючи значення стабілізації польоту, розробники БПЛА типу крило мають ретельно вивчати та оптимізувати системи автоматичного управління, включаючи вибір інерціальних вимірювальних пристроїв, розробку відповідних алгоритмів обробки даних та налаштування керувальних сигналів. Тільки таким чином можна досягти надійної та точної стабілізації польоту, що є ключовим фактором для успішного функціонування БПЛА.

## 2.7 Програмне забезпечення для обробки даних з БПЛА

Розробка програмного забезпечення для контролю та обробки даних з БПЛА та обладнання для моніторингу густоти посівів рослин є невід'ємною складовою в сучасному сільському господарстві. Завдяки використанню передових технологій і систем управління, таких як БПЛА, ми маємо можливість збирати значну кількість даних про стан посівів, їх розміщення, ростові характеристики та інші параметри. Проте, отримання даних само по собі недостатнє – необхідно мати ефективні інструменти для їх обробки, аналізу та використання [13].

Розробка програмного забезпечення, спрямованого на контроль та обробку даних, отриманих з БПЛА та обладнання для моніторингу густоти посівів, включає в себе ряд важливих етапів. Перш за все, необхідно забезпечити ефективну інтеграцію зібраних даних з різних джерел, включаючи відеозйомку з повітря, супутникові знімки та даних з датчиків. Для цього використовуються спеціалізовані алгоритми та методи обробки інформації, які дозволяють зіставляти, фільтрувати та аналізувати дані, а також виконувати їх перетворення до зручного для подальшого використання формату.

Розробка програмного забезпечення для контролю та обробки даних з БПЛА та обладнання для моніторингу густоти посівів рослин включає в себе використання передових технологій обробки зображень та методів сегментації. Ці методи дозволяють розпізнавати та виділяти окремі об'єкти або регіони на зображеннях, що отримані з безпілотних літальних апаратів або іншого обладнання.

У процесі обробки зображень використовуються різноманітні алгоритми та техніки для покращення якості зображень, зменшення шуму, видалення несуттєвої інформації та визначення особливостей рослин. Далі використовуються методи сегментації, які дозволяють розділити зображення на окремі сегменти або об'єкти, наприклад, відокремити рослини від фону чи інших перешкод. Це важливий етап, оскільки дозволяє точніше визначати границі та місцезнаходження рослин на зображенні.

Знайдені об'єкти та їх характеристики можуть бути використані для визначення густоти посівів рослин. Наприклад, можна розрахувати кількість рослин на площині або використовувати інші показники, такі як площа зайнята рослинами відносно загальної площі. Ці дані є важливими для агрономів та фермерів, оскільки дозволяють оцінити рівень густоти посівів та приймати раціональні рішення щодо вирощування рослин, розподілу ресурсів та внесення необхідних змін.

Використання обробки зображень та сегментації у розробці програмного забезпечення для моніторингу густоти посівів рослин допомагає автоматизувати та поліпшити процес визначення густоти, збільшити точність та ефективність оцінки посівів. Крім того, ці технології відкривають нові можливості для вдосконалення методів сільського господарства, збільшення врожайності та економії ресурсів, що є важливими факторами для сталого розвитку аграрного сектора.

## **Висновки до розділу 2**

Розділ 2 нашого дипломного проєкту має велике значення, оскільки його фокусом є розробка безпілотного літального апарату типу крило та відповідного програмного забезпечення для його управління. Починаючи з обґрунтування вибору конструкції крилового типу БПЛА, було проведено аналіз теоретичної геометрії за допомогою програми FLZ Vortex, що дозволило отримати необхідні дані для подальшої розробки.

Наступним кроком було створення 3D-моделі БПЛА, яке забезпечило візуалізацію конструкції та можливість подальшого вдосконалення. Для забезпечення безпеки і точного керування БПЛА були досліджені системи автоматичного управління та розроблено програмне забезпечення для дистанційного керування.

Крім того, розглянуто важливий аспект стабілізації польоту БПЛА, що дозволяє забезпечити плавний та контрольований рух. Для збору даних та контролю густоти посівів рослин було розроблено програмне забезпечення, яке

дозволяє обробляти і аналізувати інформацію, зібрану з БПЛА та спеціалізованого обладнання.

Завершуючи розділ, важливо підкреслити, що розробка програмного забезпечення для контролю та обробки даних є важливим етапом в розвитку сільського господарства. Це дозволяє сільськогосподарським підприємствам ефективно використовувати інформацію, отриману з БПЛА та моніторингового обладнання, для прийняття обґрунтованих рішень, планування вирощування рослин та оптимізації виробничих процесів.

Далі буде продовженням розробки безпілотного літального апарату, зосереджуючись на конкретних етапах та особливостях його створення. Розділ 3 детально описуватиме процес розробки БПЛА, включаючи виготовлення компонентів, збирання структури, встановлення систем, тестування та налаштування. Вся ця інформація сприятиме більш глибокому розумінню процесу створення БПЛА та розширенню можливостей його застосування у сільському господарстві.

### 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Розробка безпілотних літальних апаратів є актуальним напрямом сучасної технологічної індустрії. Ці апарати використовуються в різних галузях, включаючи сільське господарство, дистанційний моніторинг та зйомку, дослідження, пошук і рятування, геодезію та багато інших. Розробка БПЛА вимагає комплексного підходу, включаючи вибір матеріалів, конструювання, встановлення обладнання, розробку програмного забезпечення та тестування.

#### 3.1 Вибір матеріалів для корпусу та його розробка

Застосування екструдованого пенополистиролу (ЕПС) для виготовлення корпусу безпілотного літального апарату типу крило має кілька переваг.

Переваги використання ЕПС включають:

- легкість та низька густина: ЕПС є легким матеріалом, що дозволяє знизити вагу БПЛА. Це має важливе значення для досягнення більшої тривалості польоту, зменшення енергоспоживання та підвищення продуктивності БПЛА;
- теплоізоляційні властивості: ЕПС має добру теплоізоляцію, що допомагає захистити внутрішні компоненти БПЛА від екстремальних температурних умов. Це особливо важливо під час польотів в різних кліматичних зонах;
- доступність та низька вартість: ЕПС є відносно доступним матеріалом, що дозволяє знизити витрати на виробництво БПЛА. Він також легко доступний на ринку, що полегшує його використання в процесі розробки;

Незважаючи на переваги, ЕПС також має певні недоліки:

- крихкість: ЕПС може бути менш міцним порівняно з іншими матеріалами, такими як карбонові волокна або композити. Це може зробити його вразливим до механічних пошкоджень, зокрема ударів або зіткнень. Однак, цей недолік може бути зменшений за допомогою додаткових заходів, таких як посилення корпусу або застосування захисних покриттів;
- обмежена міцність: ЕПС може мати обмежену міцність порівняно з

деякими іншими матеріалами. Це може вплинути на його використання в деяких вимогливих сценаріях, де потрібна велика стійкість до навантажень або високих швидкостей. Проте, при належному проектуванні та використанні адекватних конструкційних методів, ЕПС може бути використаний ефективно.

Щодо інших можливих варіантів для корпусу БПЛА, карбонові волокна є одним з найпопулярніших матеріалів у сфері авіаційного виробництва. Карбонові волокна мають високу міцність при низькій вазі, що дозволяє забезпечити високу швидкість та стійкість БПЛА. Однак, вони можуть бути витратними і вимагати спеціальної експертизи та технологічних процесів для їх виробництва.

Щодо використання пенополистиролу, у випадку БПЛА, виробленого з пенополистиролу, корпус може бути створений шляхом обрізання та формування блоків пенополистиролу у відповідній формі. Для отримання більш прочного корпусу, пенополистирол може бути посилено шаром скловолокна або іншими матеріалами. Після цього, можуть проводитися обробка, шліфування та нанесення захисних покриттів для забезпечення більшої міцності та довговічності корпусу.

Обираючи матеріал для корпусу БПЛА, важливо враховувати вимоги проекту, його функціональність, вагу, міцність, вартість та доступність матеріалу. Кожен матеріал має свої переваги та обмеження, і вибір повинен базуватися на комплексному аналізі технічних, економічних та експлуатаційних факторів [16].

Для виготовлення корпусу безпілотного літального апарата з пенополистиролу ми проводимо кілька кроків. Цей процес включає ірізку секцій з пінопласту та їх склеювання у вигляді рамки, а також формування кріплення двигуна та елеронів.

1) Підготовка матеріалів. Ми починаємо зі збору необхідних матеріалів. Нам потрібен пенополистиролу, який буде використовуватися для створення корпусу. Ми обираємо пенополистиролу необхідною товщиною та жорсткістю, щоб отримати бажані характеристики літального апарата. Також ми маємо довгий прямий матеріал, наприклад, металеву лінійку, для вирізки секцій з пенополистиролу. Ми також готуємо гострий ніж, який допоможе нам вирізати



пенополистиролу точно та акуратно.

2) Вирізка секцій. Ми вирізаємо секції з пінопласту, використовуючи довгий, прямий та жорсткий матеріал як орієнтир. Наприклад, ми використовуємо довгу металеву лінійку. Ми позначаємо місця вирізки на пенополистиролі, враховуючи розміри та форму корпусу. Потім, за допомогою гострого ножа, ми обережно вирізаємо секції пенополистиролу, слідуючи орієнтиру.

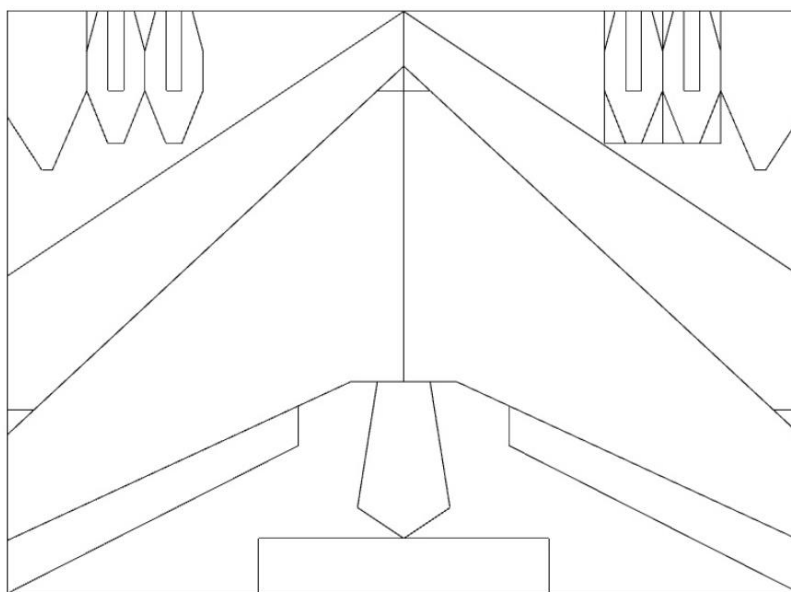


Рисунок 3.1 – Дизайн БПЛА

3) Ми обрізаємо верхню дошку кожного переднього краю щоб надати корпусу потрібний профіль. Ми використовуємо ніж під кутом 45 градусів для нарізки краю пенополистиролу. Ми на пенополисторолі вирізаємо ось такий шаблон :

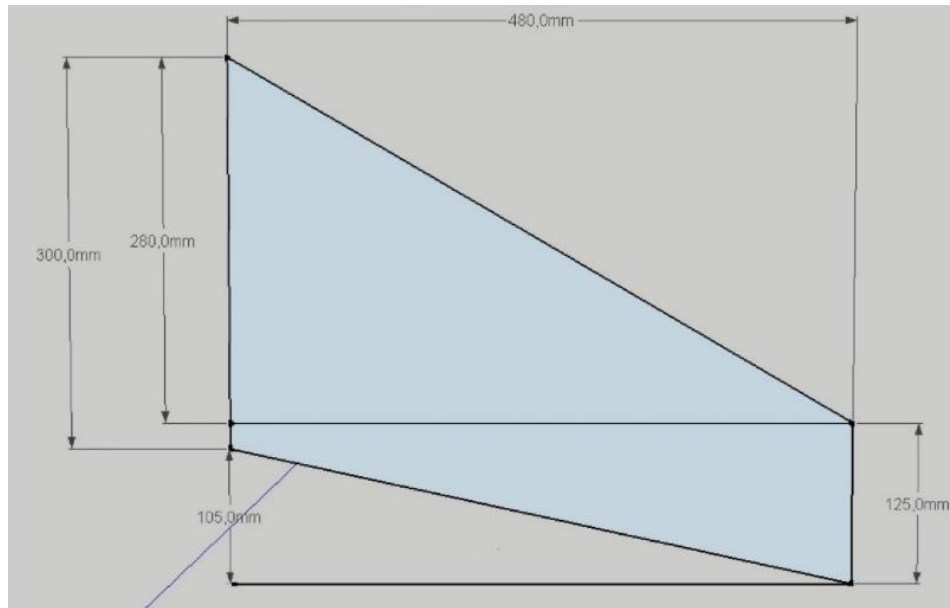


Рисунок 3.2 – Шаблон крила



Рисунок 3.3 – Вирізка крила

Після цього всього, ми робимо форму крила. На рисунку 3.4, ми бачимо товщину та довжину більшої на ширшій частині крила та меншої.

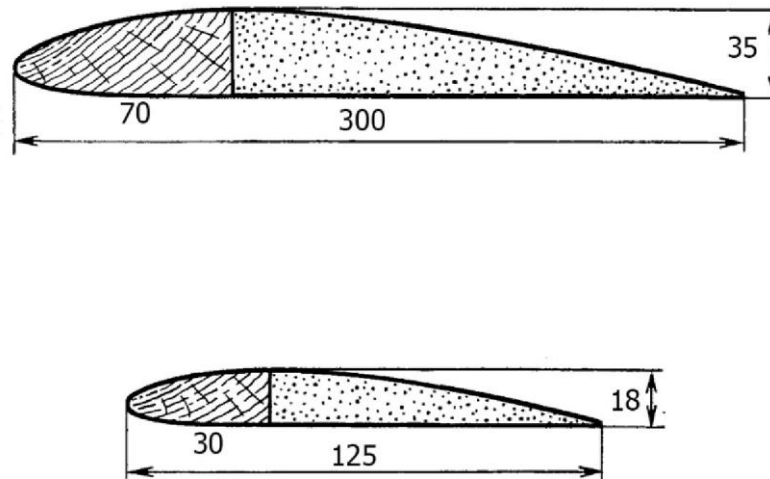


Рисунок 3.4 – Форма крила

4) Склеювання рамки. Після вирізки та формування всіх секцій ми з'єднуємо їх, утворюючи рамку корпусу БПЛА. Ми використовуємо клей, який придатний для використання з пенополистиролом, для з'єднання секцій. Ми наносимо клей на краї секцій та міцно притискаємо їх разом. Для забезпечення міцності ми можемо використовувати додаткові кріплення, такі як шпильки або зажими, поки клей не висохне.



Рисунок 3.3 – Готовий корпус БПЛА

Для більшої естетичної краси, вирішено було обгорнути крила в жовтий скотч, це ніяк не вплине на аеродинамічні характеристики.



Рисунок 3.4 – Кінцевий результат

5) Кріплення двигуна та елеронів. Залежно від конструкції БПЛА, ми прикріплюємо двигун та елерони до корпусу. Ми встановлюємо їх на місце, враховуючи правильну позицію та кріплення. Ми забезпечуємо надійне кріплення, використовуючи відповідні кріпильні елементи, наприклад, гвинти, клей або стяжки.

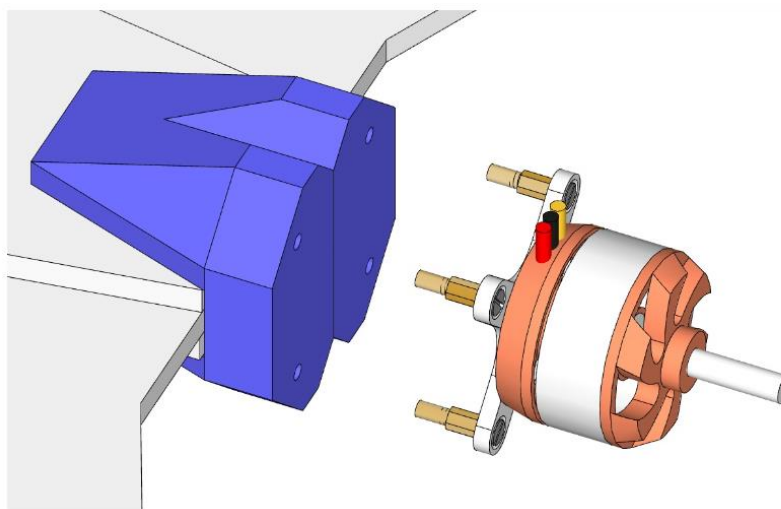


Рисунок 3.5 – Закріплення двигуна

Після виконання цих кроків, ми отримуємо готовий корпус БПЛА з пінопласту. Ми можемо додатково обробити його, фарбувати або нанести захисне покриття в залежності від наших потреб та вимог. Важливо пам'ятати про точність та акуратність під час роботи з пінопластом, щоб забезпечити високу якість та міцність корпусу БПЛА.

### 3.2 Виготовлення літального апарату

Розробка електронної частини для безпілотного літального апарату з двома сервоприводами та низкою напругою включає в себе використання різних компонентів для забезпечення функціональності та контролю БПЛА. Ось кілька основних компонентів, які можуть бути включені у таку систему:

1) два сервоприводи: Сервоприводи використовуються для керування рухом аерокерма БПЛА. Вони відповідають за зміну кута атаки або положення аерокерма для зміни напрямку польоту;

2) дві батареї на 3300 мАг: Батареї використовуються для живлення електронної частини БПЛА. З двома батареями можна забезпечити більш тривалий час польоту, а також запасну енергію для безпечного приземлення;

3) ubec 12 V: Ubec (Universal Bttery Elimination Circuit) використовується для стабілізації та регулювання напруги, що подається на електронні компоненти БПЛА. Ubec забезпечує стабільну та безперебійну роботу всіх електронних пристроїв;

4) airspeed: Airspeed вимірює швидкість повітряного потоку навколо БПЛА. Це дозволяє контролеру польоту отримувати дані про швидкість польоту і коректно керувати апаратом;

5) minimOSD Extra: MinimOSD Extra є пристроєм, який дозволяє відображати важливу інформацію про польот на відеозаписі з камери. Він може показувати такі дані, як напруга батареї, швидкість, висота, курс;

6) arduplane: Arduplane – це відкрите програмне забезпечення (фірмовий протокол), яке використовується в БПЛА для керування та автопілотування. Воно

забезпечує функції автоматичного керування польотом, точного навігаційного контролю, підтримку режимів автономного польоту та багато іншого;

7) VTX1300: VTX1300 – це відеопередавач, який дозволяє передавати відео з камери БПЛА на земну станцію або інший приймач;

8) мікрофон: Мікрофон може використовуватися для запису звуку під час польоту, якщо це необхідно для виконання конкретних завдань або документування подій;

9) ESC 70A: ESC (Electronic Speed Controller) використовується для керування швидкістю обертання двигуна. ESC 70A забезпечує точне керування потужністю двигуна відповідно до команд, що надходять з контролера польоту;

10) GPS: GPS (Global Positioning System) використовується для визначення географічних координат і позиції БПЛА у просторі. Це дозволяє виконувати автономну навігацію, стежити за маршрутом та забезпечувати точність польоту;

11) камера: Камера використовується для зйомки відео або фотографування під час польоту. Вона може бути встановлена на спеціальній платформі або гімбалі, що дозволяє забезпечити стабільну зйомку в різних умовах.

12) RCrx Rangelink: RCrx Rangelink – це приймач радіокерованого сигналу, який отримує команди від пульта дистанційного керування та передає їх на контролер польоту;

13) мотор 1000-1200: Мотор використовується для приведення в рух пропелера та забезпечення польоту БПЛА. Мотори з рейтингом від 1000 до 1200 використовуються для надання достатньої тяги та стабільності польоту;

14) Di-pole антена: Di-pole антена – це тип антени, яка використовується для прийому та передачі радіосигналів. Вона може бути використана для комунікації з пультом дистанційного керування або іншими приймачами/відправниками;

15) Skew Planar Wheel антена: Skew Planar Wheel антена – це інший тип антени, який забезпечує кращу продуктивність та дальність передачі сигналу. Вона може бути використана для поліпшення якості зв'язку та комунікації між БПЛА та

земною станцією.

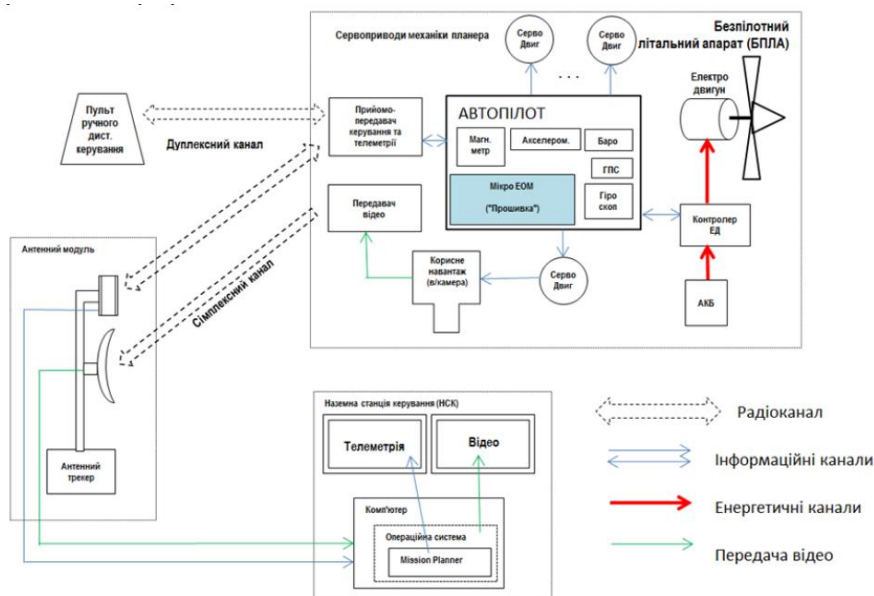


Рисунок 3.6 – Структурна схема БПЛА

Для ефективного функціонування безпілотних літальних апаратів та комплексу загалом, система управління виконує такі завдання:

- забезпечення необхідних динамічних характеристик БПЛА.
- стабілізація БПЛА у тривимірному просторі.
- автоматичне утримання на траєкторії місії.

Ці завдання передбачають певні властивості системи управління БПЛА, такі як:

- **стійкість (живучість):** система повинна бути стійкою до різних зовнішніх впливів та забезпечувати надійну роботу БПЛА;
- **адаптивність:** система повинна бути здатною адаптуватися до змінних умов та завдань, що можуть виникати під час польоту;
- **масштабованість:** система повинна мати здатність до нарощування функціоналу, щоб виконувати більш складні завдання у майбутньому;
- **автономність:** система повинна мати здатність працювати самостійно без постійного втручання оператора;

Структурна схема системи управління включає дві основні компоненти.

Перша – сам БПЛА з апаратно-програмними засобами, розташованими на його борту, які забезпечують усі режими польоту та виконання завдань. Друга компонента – наземна станція керування, звідки оператор видає команди управління та відслідковує їх виконання.

У даному контексті керування БПЛА відбувається з пульта управління на наземній станції. Оператор з використанням пульта надсилає команди БПЛА та відстежує їх виконання. Пульт управління дозволяє оператору взаємодіяти з системою управління та передавати необхідні директиви БПЛА [14].

БПЛА має радіоканал зв'язку з наземною апаратурою управління для передачі даних та команд між БПЛА та оператором на наземній станції.

Усі елементи, такі як сам літальний апарат, кермові приводи органів управління та наземна апаратура, утворюють систему управління безпілотним авіаційним комплексом [18].

Ці компоненти використовуються для розробки електронної частини БПЛА типу крило з двома сервоприводами та іншими важливими функціональними елементами. Вони допомагають забезпечити стабільність польоту, точну навігацію, зв'язок зі землею та виконання специфічних завдань зйомки або дослідження.

Після визначення компонентів електронної частини, необхідно їх з'єднати відповідним чином для правильної роботи БПЛА. Ось кілька етапів, які слід виконати для з'єднання компонентів:

Підключення електронної частини в БПЛА типу крило включає кілька етапів. Після підготовки всіх необхідних компонентів, ми розпочинаємо процес підключення.

Ми починаємо з контролера польоту Arduplane. Підключаємо його до живлення за допомогою однієї з батарей на 3300 мАг. Далі, ми з'єднуємо два сервоприводи до відповідних виходів на контролері польоту, що дозволяє керувати поворотами та кренами БПЛА.

Для живлення електроніки використовуємо UBEC 12 В, який забезпечує стабільне живлення для всіх компонентів. Підключаємо UBEC до батареї на 3300



мАг та до відповідних входів на контролері польоту.

Щоб мати інформацію про швидкість повітря, ми підключаємо Airspeed до контролера польоту. Це датчик, який дозволяє вимірювати швидкість руху повітря у вашому БПЛА. Для отримання додаткової інформації та відображення її на відеозображенні, ми використовуємо MinimOSD Extra. Підключаємо його до контролера польоту, щоб передавати відеосигнал та інші дані на відеозапис.

VTX1300 використовується для передачі відеосигналу з камери. Ми підключаємо його до контролера польоту та камери, забезпечуючи стабільне передавання зображення.

Для отримання звуку під час польоту ми підключаємо мікрофон до контролера польоту або іншого відповідного аудіоінтерфейсу.

ESC 70A відповідає за керування швидкістю обертання мотора. Підключаємо його до відповідного виходу на контролері польоту та до мотора.

GPS-модуль використовується для отримання географічних координат та інформації про положення БПЛА. Ми підключаємо його до контролера польоту для отримання цих даних.

Камера підключається до відеовиходу на контролері польоту або безпосередньо до VTX1300, залежно від конфігурації.

RCrx Rangelink слугує для бездротового зв'язку між пультом дистанційного керування і БПЛА. Ми підключаємо його до контролера польоту, забезпечуючи надійний зв'язок.

Нарешті, мотор 1000-1200kv використовується для забезпечення приводу БПЛА. Підключаємо його до ESC 70A, який керує швидкістю обертання мотора.

Для отримання сигналу з GPS та передачі його в контролер польоту, ми використовуємо діпольну антену. Вона підключається до відповідного порту на контролері польоту.

Щодо передачі відеосигналу використовується Skew Planar Wheel антена. Її підключаємо до відеовиходу на камері та до вхідного порту на VTX1300.

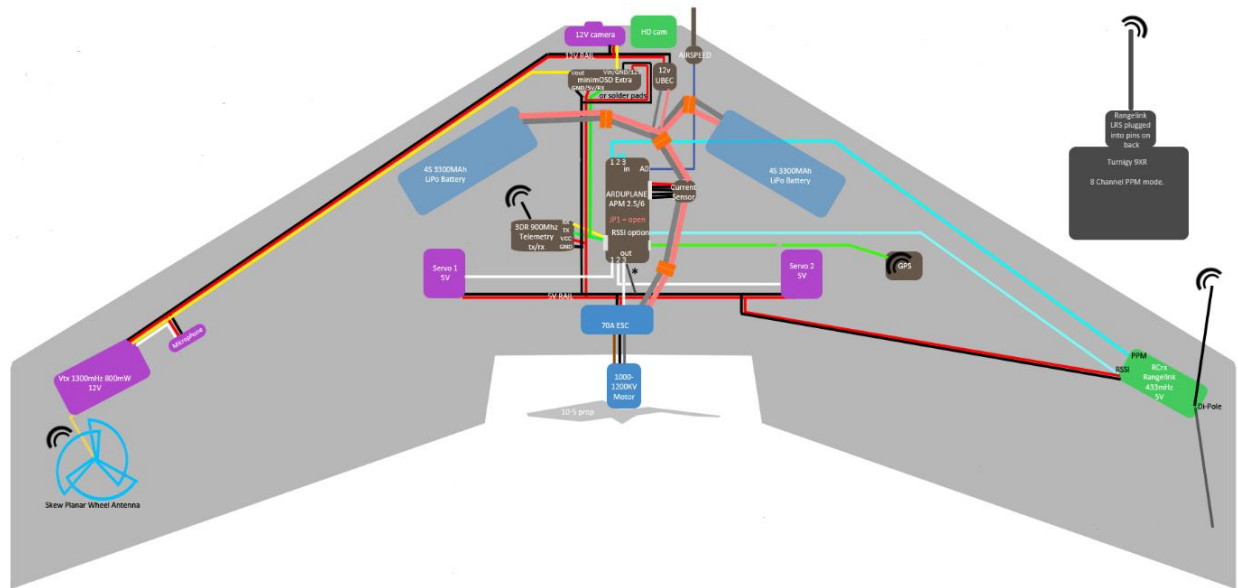


Рисунок 3.6 – Встановлення всіх електричних компонентів

Ці підключення забезпечують правильну роботу електронної частини нашого БПЛА. Важливо перевірити всі з'єднання на міцність і стабільність перед польотом.

### 3.3 Розробка програмного забезпечення для БПЛА

Розділимо розробку на декілька частин.

1) Система управління:

Сервоприводи в БПЛА використовуються для керування рухомими частинами апарату, такими як крила, рулі, кермові поверхні тощо. Основна функція сервоприводів полягає в зміні кута атаки або положення цих рухомих частин з високою точністю.

```
#include <Servo.h>  
  
Servo servo1;  
Servo servo2;  
  
int throttlePin = 2;  
int steeringPin = 3;  
int throttleValue;  
int steeringValue;  
  
void setup() {  
    servo1.attach(9);
```

```
servo2.attach(10);  
pinMode(throttlePin, INPUT);  
pinMode(steeringPin, INPUT);  
}  
void loop() {  
  throttleValue = pulseIn(throttlePin, HIGH, 20000);  
  steeringValue = pulseIn(steeringPin, HIGH, 20000);  
  int throttleMapped = map(throttleValue, 1000, 2000, 0, 180);  
  int steeringMapped = map(steeringValue, 1000, 2000, 0, 180);  
  servo1.write(throttleMapped);  
  servo2.write(steeringMapped);  
  delay(20);  
}
```

ESC (Electronic Speed Controller) використовується в БПЛА для керування швидкістю обертання двигуна. Основна функція ESC полягає в регулюванні потужності, яка подається на двигун, щоб контролювати швидкість обертання пропелера.

```
#include <Servo.h>  
Servo esc;  
int throttlePin = 2;  
int throttleValue;  
void setup() {  
  esc.attach(9);  
  pinMode(throttlePin, INPUT);  
  esc.writeMicroseconds(1000);  
  delay(2000);  
}  
void loop() {  
  throttleValue = pulseIn(throttlePin, HIGH, 20000);  
  int throttleMapped = map(throttleValue, 1000, 2000, 1000, 2000);  
  esc.writeMicroseconds(throttleMapped);  
  delay(20);  
}
```

2) Відео та фото працює за допомогою допомогою програмного забезпечення ArduCam OSD Config, яке є відкритим і його треба просто завантажити.

3) Датчики:

Датчик швидкості в БПЛА, такий як Airspeed Sensor, використовується для вимірювання швидкості повітряного потоку навколо апарата. Цей датчик надає важливі дані для контролера польоту, які дозволяють точно визначати швидкість польоту та здійснювати коректне керування апаратом.

```
int airspeedPin = A0
void setup() {
    pinMode(airspeedPin, INPUT);
}
void loop() {
    int airspeedValue = analogRead(airspeedPin);
    Serial.println(airspeedValue);
}
```

Датчик GPS (Global Positioning System) використовується в БПЛА для визначення його географічних координат і позиції в просторі. Це надзвичайно важливий датчик, який дозволяє виконувати автономну навігацію, стежити за маршрутом та забезпечувати точність польоту.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial gpsSerial(10, 11);
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    gpsSerial.begin(9600);
}
void loop() {
    while (gpsSerial.available()) {
        char data = gpsSerial.read();
        Serial.print(data);
    }
}
```

Програмування безпілотних повітряних апаратів (БПЛА) включає розробку програмного забезпечення, яке керує рухом та функціями БПЛА. Це включає управління польотом, навігацію, збір даних, обробку сигналів, зв'язок та багато іншого [20]. Для програмування БПЛА використовуються різні мови програмування, такі як C/C++, Python та інші. Розробка програмного забезпечення для БПЛА вимагає розуміння принципів авіації, навігації та управління, а також навичок у роботі з сенсорами, актуаторами та мікроконтролерами.

### **3.4 Розробка програмного забезпечення для визначення густоти посівів**

Визначення густоти посівів є важливою задачею в сільському господарстві, яка допомагає фермерам оцінити ефективність вирощування рослин і планувати необхідні агротехнічні заходи. Одним з ключових етапів визначення густоти посівів є обробка та аналіз зображень, що представляють поле з посівами.

З метою покращення зображення та подальшої сегментації, які є необхідними для точного визначення густоти посівів, ми використовуємо поєднання інструментів та методів з різних програмних середовищ.

У даній роботі ми використовуємо середовище MATLAB для покращення якості зображення. За допомогою функцій обробки зображень в MATLAB, ми виконуємо кілька кроків, таких як підвищення контрастності, видалення шуму та підвищення різкості, що допомагають отримати кращі результати для подальшої сегментації.

Після покращення зображення в MATLAB, ми переходимо до сегментації використовуючи мову програмування Python та бібліотеки обробки зображень, такі як OpenCV та scikit-image. Сегментація дозволяє розділити зображення на окремі частини або об'єкти, що допомагає нам виділити посіви та обчислити їх густоту.

В цій роботі ми поєднуємо можливості MATLAB для покращення зображення з потужними інструментами сегментації в Python, створюючи комплексний підхід до визначення густоти посівів. Цей підхід дозволяє отримати

точніші та надійніші результати, що сприяють ефективному управлінню сільськогосподарськими культурами.

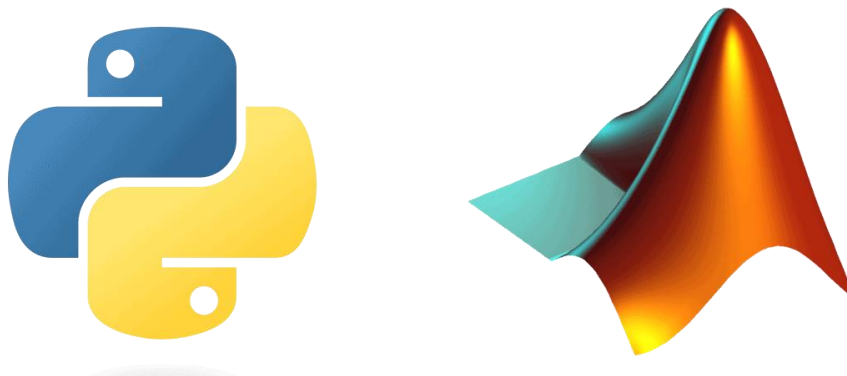


Рисунок 3.7 – Поєднання MATLAB та Python

Такий підхід має потенціал для застосування в автоматизованих системах моніторингу посівів, а також у дослідженнях сільськогосподарської продуктивності та розвитку нових агротехнологій.

Один із способів поєднання MATLAB і Python для покращення зображення та сегментації – використання MATLAB Engine for Python. MATLAB Engine for Python дозволяє викликати функції та скрипти MATLAB безпосередньо з Python-середовища [20].

За допомогою MATLAB Engine for Python, можна передати зображення з Python до MATLAB для обробки та покращення. Наприклад, ви можете передати зображення з Python до MATLAB у вигляді масиву NumPy. Після цього, ви можете викликати функції обробки зображень в MATLAB, такі як підвищення контрастності, видалення шуму або підвищення різкості.

Одним з основних переваг використання MATLAB Engine for Python є можливість повернення результатів обробки зображень з MATLAB до Python для подальшої обробки або сегментації.

Таким чином, використовуючи MATLAB Engine for Python, можна

ефективно поєднувати потужні можливості обробки зображень в MATLAB з багатофункціональним середовищем Python для сегментації та подальшої обробки результатів. Це забезпечує гнучкість та ефективність у вирішенні завдань з обробки зображень.

Для початку напишемо скрипт для покращення фото в MATLAB. Спочатку треба завантажити зображення. Для завантаження використовуємо функцію `imread` і зберігається у змінній `img`.

```
img = imread('image.jpg');
```

Потім вже починаємо працювати з зображенням, а тобто підвищуємо контрастність, видаляємо шум, підвищуємо різкість.

Підвищення контрастності для кожного каналу (червоний, зелений, синій) виконується за допомогою функції `imadjust`. Оновлені канали зберігаються у змінній `enhanced_img`.

Щоб видалити шум для кожного каналу виконується фільтрація шуму методом Вінера за допомогою функції `wiener2`. Оновлені канали зберігаються у змінній `denoised_img`.

Для кожного каналу виконується підвищення різкості за допомогою функції `imsharpen`. Оновлені канали зберігаються у змінній `sharpened_img`.

```
enhanced_img = img;
for channel = 1:3
    enhanced_img(:,:,channel) = imadjust(img(:,:,channel), [0.2 0.8], []);
end
denoised_img = enhanced_img;
for channel = 1:3
    denoised_img(:,:,channel) = wiener2(enhanced_img(:,:,channel), [5 5]);
end
sharpened_img = denoised_img;
for channel = 1:3
    sharpened_img(:,:,channel) = imsharpen(denoised_img(:,:,channel));
end
```

Після покращення фото, ми відобразимо результати для наглядного прикладу, зображення відображаються у роздільних панелях за допомогою функції `subplot` та `imshow`. Кожна панель має свій заголовок.

```
subplot(1, 4, 1);  
imshow(img);  
title('Оригінальне зображення');  
subplot(1, 4, 2);  
imshow(enhanced_img);  
title('Покращене контрастом зображення');  
subplot(1, 4, 3);  
imshow(denoised_img);  
title('Зображення після видалення шуму');  
subplot(1, 4, 4);  
imshow(sharpened_img);  
title('Підвищена різкість зображення');
```

І в самому кінцевому результаті потрібно зберегти результати, останнє відредаговане зображення `sharpened_img` зберігається у файлі `"final_image.jpg"` за допомогою функції `imwrite`.

```
imwrite(sharpened_img, 'final_image.jpg');
```

Цей код виконує послідовну обробку зображення, включаючи покращення контрастності, видалення шуму та підвищення різкості. Результати відображаються та зберігаються для подальшого використання.



Рисунок 3.8 – Покращення фото в MATLAB

Далі завдяки сегментації фото, ми визначимо густину посівів на фото.



Завантаження зображення:

```
image = cv2.imread('final_image.jpg')
```

Цей рядок завантажує зображення з файлу `final_image.jpg` і зберігає його у змінній `image`. Зображення буде зчитано у вигляді масиву пікселів, де кожен піксель містить значення кольору.

Конвертація зображення в простір кольорів HSV:

```
hsv = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2HSV)
```

Цей рядок конвертує зображення зі звичайного простору кольорів BGR (синій, зелений, червоний) у простір кольорів HSV (відтінок, насиченість, значення). Конверсія у простір кольорів HSV дозволяє нам легше визначити діапазони кольорів, зокрема зелених відтінків.

Визначення діапазону зелених відтінків у HSV:

```
lower_green = np.array([35, 50, 50])
```

```
upper_green = np.array([85, 255, 255])
```

У цих рядках ми визначаємо діапазон зелених відтінків у просторі кольорів HSV. Нижня межа `lower_green` та верхня межа `upper_green` визначають мінімальні та максимальні значення відтінку, насиченості та значення, які будуть вважатися зеленими.

Створення маски для виділення зелених відтінків:

```
mask_green = cv2.inRange(hsv, lower_green, upper_green)
```

У цьому рядку ми створюємо маску, яка відокремлює зелені відтінки на зображенні. `cv2.inRange()` порівнює кожен піксель у просторі кольорів HSV з вказаними межами і присвоює значення 255 (білий) пікселям, які потрапляють у визначений діапазон, і значення 0 (чорний) пікселям, які не потрапляють у діапазон.

Використання маски для видалення інших кольорів:

```
masked_image = cv2.bitwise_and(image, image, mask=mask_green)
```

Цей рядок використовує маску `mask_green` для видалення всіх кольорів, крім зелених, з вихідного зображення `image`. Застосування `cv2.bitwise_and()` застосовує

маску до кожного пікселя зображення і зберігає тільки пікселі, які відповідають білому значенню маски.

Відображення результатів:

```
cv2.imshow("Segmented Image", masked_image)  
cv2.waitKey(0)  
cv2.destroyAllWindows()
```

Ці рядки відображають сегментоване зображення, де тільки зелені відтінки залишаються видимими. `cv2.imshow()` відображає зображення, `cv2.waitKey(0)` очікує, поки користувач натисне будь-яку клавішу, і `cv2.destroyAllWindows()` закриває вікно зображення після того, як користувач натисне клавішу.



Рисунок 3.9 – Зображення до визначення густоти

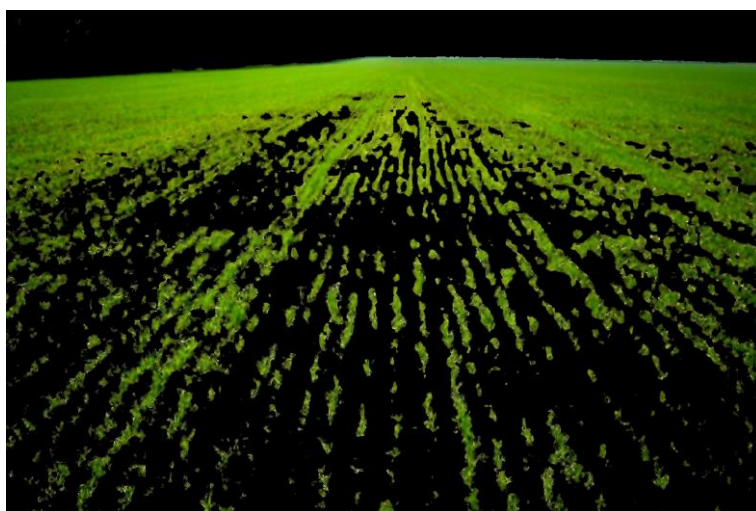


Рисунок 3.10 – Зображення після визначення густоти

В результаті застосування сегментації зображення, ми змогли виділити зелені області, які відповідають посівам на зображенні. Це дозволило нам отримати чітку границю між посівами і непосівами. Сегментація [6] є корисним інструментом для аналізу зображень і може бути використана для різних цілей, включаючи підрахунок площі посівів, визначення розмірів, форми та розташування об'єктів на зображенні.

Далі нам треба це все автоматизувати.

1) Встановлення необхідного програмного забезпечення. У цьому кроці ми встановлюємо необхідні бібліотеки для взаємодії з MATLAB у Python, такі як numpy, scipy та matlab-engine. Це можна зробити за допомогою команди `pip install` у командному рядку:

```
pip install numpy scipy matlab-engine
```

2) Взаємодія з MATLAB у Python. Запускаємо сеанс MATLAB за допомогою `matlab.engine.start_matlab()`, викликаємо функцію MATLAB з аргументами та отримуємо результат. Потім завершуємо сеанс MATLAB за допомогою `eng.quit()`:

```
import matlab.engine
eng = matlab.engine.start_matlab()
result = eng.my_function(arg1, arg2)
print(result)
eng.quit()
```

3) Передача даних з Python до MATLAB. Ми встановлюємо значення змінної `data` у робочому просторі MATLAB за допомогою `eng.workspace['data'] = data`, після чого викликаємо функцію MATLAB, яка використовує ці дані. Результат може бути отриманий за допомогою `eng.my_function()`:

```
import matlab.engine
eng = matlab.engine.start_matlab()
eng.workspace['data'] = data
result = eng.my_function()
print(result)
eng.quit()
```

4) Передача даних з MATLAB до Python. Викликається функція MATLAB, що повертає результат. Потім результат можна перетворити на структуру даних Python, таку як список або масив, і використовувати його в подальшому коді Python.:

```
import matlab.engine
eng = matlab.engine.start_matlab()

result = eng.my_function()
result_py = list(result)
print(result_py)
eng.quit()
```

Ми розглянули дві технології, які широко використовуються для автоматизації обробки та аналізу зображень: OpenCV у Python і MATLAB.

OpenCV є потужною бібліотекою для обробки зображень у Python. Вона надає широкий набір функцій, таких як сегментація, фільтрація, виявлення об'єктів та інші, що дозволяють виконувати різноманітні завдання обробки зображень [12].

MATLAB, з іншого боку, є потужним середовищем для чисельних обчислень та аналізу даних. Він має вбудовані функції для обробки зображень та аналізу, що дозволяють виконувати складні завдання обробки зображень і отримувати детальні результати.

Обидва середовища можна поєднати, використовуючи MATLAB Engine для Python, що дозволяє взаємодіяти з MATLAB через Python-код. Це відкриває можливість використовувати функціонал MATLAB у поєднанні зі зручністю та гнучкістю Python.

Поєднання OpenCV у Python і MATLAB надає багато переваг у автоматизації обробки зображень. Це дозволяє використовувати широкий функціонал обох середовищ та отримувати точні та швидкі результати в області обробки зображень та аналізу даних.

### **Висновки до розділу 3**

У розділі "Практична реалізація" було проведено розробку та виготовлення безпілотного літального апарату типу крило для визначення густоти посівів в сільському господарстві. Цей проєкт має велике значення для сільськогосподарської галузі, оскільки точне визначення густоти посівів може сприяти покращенню врожайності, ефективному використанню ресурсів та оптимізації сільськогосподарських процесів.

Під час розробки літального апарату були враховані важливі аспекти, такі як вибір матеріалів для корпусу, що забезпечують необхідну міцність та стабільність пристрою. Було здійснено виготовлення апарату з урахуванням установки двигунів, аерокерма, електронних компонентів та сенсорів. Всі ці елементи були інтегровані в єдину систему для забезпечення оптимального функціонування БПЛА.

Для успішної реалізації проєкту було розроблено відповідне програмне забезпечення. Це програмне забезпечення дозволяє збирати дані про густоту посівів, що надає цінну інформацію для прийняття рішень у сільському господарстві.

## ВИСНОВКИ

В спеціальній частині кваліфікаційної роботи бакалавра було проведено огляд сучасних технологій в галузі сільського господарства та їх проблеми. Було досліджено та проаналізовано застосування безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві, зокрема їх можливості та переваги. Також були описані типи безпілотних літальних апаратів, які використовуються в цій галузі.

В результаті проведеного аналізу було виявлено, що безпілотні літальні апарати мають великий потенціал для використання в сільському господарстві. Вони можуть забезпечити автоматизоване та ефективне збирання даних про густоту посівів, що сприятиме покращенню процесу вирощування рослин та оптимізації використання ресурсів.

Далі було обгрунтовано вибір конструкції безпілотного літального апарату типу крило. Застосування програми FLZ Vortex дозволило отримати теоретичну геометрію апарату. Була розроблена 3D модель БПЛА та вивчено системи автоматичного управління та програмне забезпечення для безпілотного дистанційного управління. Також проведена стабілізація польоту БПЛА та розроблено програмне забезпечення для обробки даних з апарату та визначення густоти посівів.

Потім було вибрано матеріали для корпусу та розроблено його. Також проведено виготовлення безпілотного літального апарату та розроблено програмне забезпечення для апарату та визначення густоти посівів.

Загальний висновок дипломної роботи полягає в тому, що розроблений безпілотний літальний апарат типу крило для визначення густоти посівів має потенціал для використання в сільському господарстві. Результати проведеного дослідження та розробки свідчать про можливість автоматизованого збору даних про густоту посівів та їх використання для покращення процесу вирощування рослин та ефективного використання ресурсів в аграрній галузі. Дані результати можуть послужити основою для подальших досліджень та розвитку безпілотних літальних апаратів в цій сфері.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Дядюра А. Дрони у сільському господарстві, або Як починалося точне землеробство. URL: <https://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=droni-u-silskomu-gospodarstvi-abo-ak-pocinalosa-tocne-zemlerobstvo> (дата звернення: 14.04.2023).
2. Прототип БПЛА для геофізичних досліджень. НАУКА ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРОБКИ. 2019. Т. 98, № 3. URL: <https://doi.org/10.21455/std2019.3-2> (дата звернення: 17.04.2023).
3. Stoica C., Pepelea D., Niculescu M., Toader A. Aerodynamic design considerations of a flying wing type UAV. *Scientific research and education in the air force*. 2017. Vol. 19, No. 1. P. 213–220. DOI: 10.19062/2247-3173.2017.19.1.24.
4. Ashwardhan A., et al. "Artificial intelligent UAVs for precision agriculture." SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEGATIVE IONS, BEAMS AND SOURCES (NIBS 2020), Oxford, United Kingdom. 2021. DOI: 10.1063/5.0057902. (Last accessed: 19.05.2023).
5. Blackwelder P. S. "UAV Flight Dynamics." *International Journal of Aeronautical Science & Aerospace Research*. 2015. pp. 81–85. DOI: 10.19070/2470-4415-150009 (Last accessed: 12.05.2023).
6. Chityala R., Pudipeddi S. "Segmentation." *Image Processing and Acquisition using Python*. Second edition. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press, 2020. pp. 167–194. DOI: 10.1201/9780429243370-8 (Last accessed: 30.05.2023).
7. Corps U. S. M. "Unmanned aerial vehicle operations." Washington, DC: Dept. of the Navy, Headquarters, U.S. Marine Corps, 2003.
8. "Development of a Dynamic Model for a UAV." Storming Media, 1997.
9. Gabhane S. "Unmanned Aerial Vehicle." *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2021. Vol. 9, no. 5. pp. 1370–1376. DOI: 10.22214/ijraset.2021.34557 (Last accessed: 09.06.2023).

10. Johnson E. N. "Unmanned Aerial Vehicle (UAV)." *Encyclopedia of Systems and Control*. London, 2020. pp. 1–6. DOI: 10.1007/978-1-4471-5102-9\_100039-1 (Last accessed: 17.05.2023).
11. Krishna K. R. "Agricultural Drones: A Peaceful Pursuit." Apple Academic Press, 2018. 412 p.
12. Ogli X. D. R., Ruzikulovich T. M., Ogli P. O. D. "Image segmentation in open cv and python." *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*. 2020. Vol. 10, no. 12. pp. 332–336. DOI: 10.5958/2249-7137.2020.01735.8 (Last accessed: 20.04.2023).
13. Sargeant N. "Unmanned aerial vehicle payload development for aerial survey: thesis." 2012. URL: <https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/14812/> (Last accessed: 23.05.2023).
14. Suganthi S., Nagarajan G., Poongodi T. "Blockchain Technology Enabling UAV Cellular Communications." *Unmanned Aerial Vehicle Cellular Communications*. Cham, 2022. pp. 203–224. DOI: 10.1007/978-3-031-08395-2\_9 (Last accessed: 06.06.2023).
15. Gago J., et al. "UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture." *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 153. pp. 9–19. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.01.020 (Last accessed: 09.06.2023).
16. "UNMANNED AUTONOMOUS VEHICLE." *Theory, Design, and Applications of Unmanned Aerial Vehicles*. Boca Raton, FL: CRC Press / Taylor & Francis Group, [2016]. pp. 245–274. DOI: 10.1201/9781315371191-12 (Last accessed: 07.06.2023).
17. Wang L., He T. "Vision geometry-based UAV flocking." *The Aeronautical Journal*. 2023. pp. 1–17. DOI: 10.1017/aer.2022.112 (Last accessed: 10.06.2023).
18. Cole L. "UAV." Lincoln Cole Publishing, 2015.
19. Lorenzon J. "UAV Operations." Sentia Publishing, 2022.
20. Holtby J. "Autonomous UAV: thesis." 2012. URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-168611> (Last accessed: 14.06.2023).





21. Ghosh T., et al. "UAV Security Threats, Requirements and Solutions." UAV Swarm Networks. 2020. pp. 193–206. DOI: 10.1201/9781003039327-11 (Last accessed: 15.06.2023).

## ДОДАТОК А ДОВІДКА

про перевірку на унікальність пояснювальної записки кваліфікаційної  
бакалаврської роботи на тему:  
«Безпілотний дистанційно-пілотований літальний апарат типу крило для  
моніторингу густоти посівів рослин»  
студента групи 405  
спеціальності 23 «Комп'ютерна інженерія»  
Бущука Максима Сергійовича  
прізвище, ім'я, по-батькові

Перевірку тексту здійснено сервісом: онлайн-сервіс Unicheck.  
Результат перевірки тексту роботи: схожість складає 3.96 %.



User name: <b>Іван Бурлаченко</b>	Check ID: <b>1015634884</b>
Check date: <b>17.06.2023 23:38:36 EEST</b>	Check type: <b>Doc vs Internet + Library</b>
Report date: <b>17.06.2023 23:40:15 EEST</b>	User ID: <b>100000130</b>

---

File name: **Бущук. М.С. Комп'ютерна інженерія 2023**  
Page count: **53** Word count: **10313** Character count: **84667** File size: **125.66 KB** File ID: **1015281324**

---

**3.96% Matches**  
Highest match: 1.45% with Internet source ([https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2509/1/%d0%9d%d0%90\\_%d0%](https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2509/1/%d0%9d%d0%90_%d0%))

3.81% Internet sources	258	Page 55
2.32% Library sources	69	Page 57

**0% Quotes**  
Exclusion of quotes is off  
Exclusion of references is off

**0% Exclusions**  
No exclusions

**Modifind**  
Text modifications detected. Find more details in the online report.

Replaced characters	3
---------------------	---

Студент

\_\_\_\_\_ М. С. Бущук  
підпис ініціали, прізвище

Дата: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник

ст. викладач

\_\_\_\_\_ І. С. Бурлаченко  
підпис ініціали, прізвище

## ДОДАТОК Б

### Код на БПЛА

Сервоприводи:

```
#include <Servo.h>

Servo servo1;
Servo servo2;

int throttlePin = 2;
int steeringPin = 3;

int throttleValue;
int steeringValue;

void setup() {
  servo1.attach(9);
  servo2.attach(10);
  pinMode(throttlePin, INPUT);
  pinMode(steeringPin, INPUT);
}

void loop() {
  throttleValue = pulseIn(throttlePin, HIGH, 20000);
  steeringValue = pulseIn(steeringPin, HIGH, 20000);

  int throttleMapped = map(throttleValue, 1000, 2000, 0, 180);
  int steeringMapped = map(steeringValue, 1000, 2000, 0, 180);

  servo1.write(throttleMapped);
  servo2.write(steeringMapped);

  delay(20);
}
```

ESC:

```
#include <Servo.h>

Servo esc;

int throttlePin = 2;
int throttleValue;

void setup() {
    esc.attach(9);
    pinMode(throttlePin, INPUT);

    esc.writeMicroseconds(1000);
    delay(2000);
}

void loop() {

    throttleValue = pulseIn(throttlePin, HIGH, 20000);

    int throttleMapped = map(throttleValue, 1000, 2000, 1000, 2000);

    esc.writeMicroseconds(throttleMapped);

    delay(20);
}
```

AirSpeed:

```
int airspeedPin = A0

void setup() {
    pinMode(airspeedPin, INPUT);
```

```
}  
  
void loop() {  
  
    int airspeedValue = analogRead(airspeedPin);  
  
    Serial.println(airspeedValue);  
  
}
```

GPS:

```
#include <SoftwareSerial.h>  
  
SoftwareSerial gpsSerial(10, 11);  
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    gpsSerial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  
    while (gpsSerial.available()) {  
        char data = gpsSerial.read();  
  
        Serial.print(data);  
    }  
  
}
```

## ДОДАТОК В

### Код для визначення густоти посівів

```
image_processing.mat:
img = imread('2.jpg');

enhanced_img = img;
for channel = 1:3
    enhanced_img(:,:,channel) = imadjust(img(:,:,channel), [0.2 0.8],
[]);
end

denoised_img = enhanced_img;
for channel = 1:3
    denoised_img(:,:,channel) = wiener2(enhanced_img(:,:,channel), [5
5]);
end

sharpened_img = denoised_img;
for channel = 1:3
    sharpened_img(:,:,channel) = imsharpen(denoised_img(:,:,channel));
end

subplot(1, 4, 1);
imshow(img);
title('Оригінальне зображення');

subplot(1, 4, 2);
imshow(enhanced_img);
title('Покращене контрастом зображення');

subplot(1, 4, 3);
imshow(denoised_img);
```

```
title('Зображення після видалення шуму');

subplot(1, 4, 4);
imshow(sharpened_img);
title('Підвищена різкість зображення');
imwrite(sharpened_img, 'C:\density\final_image.jpg');

improvement.py:
import matlab.engine
import cv2
import numpy as np

eng = matlab.engine.start_matlab()

result = eng.my_function(arg1, arg2)
print(result)

eng.quit()

image = cv2.imread('final_image.jpg')
hsv = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2HSV)
lower_green = np.array([35, 50, 50])
upper_green = np.array([85, 255, 255])
mask_green = cv2.inRange(hsv, lower_green, upper_green)
masked_image = cv2.bitwise_and(image, image, mask=mask_green)

cv2.imshow("Segmented Image", masked_image)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```