МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
т. в. о завідувача кафедри АКІТ
кандидат технічних наук, доцент

_____М. І. Сідєлєв

«___» _____2023 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СКИДАННЯ ВАНТАЖУ ДЛЯ МУЛЬТИКОПТЕРА

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917104

Студент _____ І.Д. Кумпан
«___»_____2023 р.

Керівник старший викладач _____ В.М. Шенкевич
«___»_____2023 р.

Консультант кандидат технічних наук, доцент _____А.О. Алексєєва
«___»_____2023 р.

Миколаїв – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Інститут, факультет, відділення: Комп’ютерних наук

Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрям підготовки 151 “Автоматизація та приладобудування”

Спеціальність 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о.завідувача кафедри, голова циклової комісії

Сідєлєв М. І. _____
“____”_____2023 р

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Кумпан Ілля Дмитрович
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)
Автоматизована система скидання вантажу для мультикоптера
Керівник проекту (роботи) ст.викл. Шенкевич В.М., затверджені наказом вищого навчального закладу від “___”_____2022 р. №___
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.06. 2023
3. Вихідні дані до проекту (роботи)
1) Об’єктом дослідження є технічні процеси, що спрямовані на покращення якості доставки корисного вантажу в задане місце за допомогою мультикоптера.
2) Предметом дослідження є система, яка може бути модернізована за допомогою існуючих методів проєктування та моделювання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1) Функціональна схема
2) Блок-схема алгоритму
3) Опис та вибір блоків для АС скидання вантажу з мультикоптера
4) Електрична принципова схема
5) Програмний код для мікроконтролера

6) 3D моделювання

7) Проаналізувати інформацію з охорони праці та організації безпечного середовища

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

1) Створити функціональну схему опираючись на інформацію щодо блочної будови АС.

2) Створити блок-схему алгоритму опираючись на принцип роботи АС скидання вантажу для мультикоптера.

3) Створити електрично-принципову схему автоматизованої системи вказуючи блоки, які будуть обрані для системи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Шенкевич В.М., ст.викл. кафедри АКІТ	13.10.2022	
2	Шенкевич В.М., ст.викл. кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Алексєєва А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	13.10.2022	
4	Визначення актуальності, об’єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	03.04. 2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.05. 2023	
11	Передзахисти	21.05. 2023	
12	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	16.06. 2023	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної роботи бакалавра
«Автоматизована система скидання вантажу для мультикоптера»
Студента 471 Кумпана Іллі Дмитровича
Керівник: старший викладач кафедри АКІТ Шенкевич В. М.

Автоматизована система керування (далі АСК)– це автоматизована система, яка базується на комплексному використані інформаційних, технічних, математичний й організаційних засобів для керування складними технічними об’єктами.

Автоматизована система – це комплекс керованого об’єкта та автоматичних керуючих пристроїв, в яких певну частку функцій виконує оператор.

Одним із прикладів автоматизованої системи керування є мультикоптери, які з кожним днем набувають популярності. Мультикоптери являють собою літальний апарат із певною кількістю тягових гвинтів, що знаходяться в одній і тій самі площині та обертаються діагонально в протилежних напрямках. В основні можливості цих апаратів входить: вертикальний зліт та посадка, горизонтальний політ, а також можливість стабільно зависати в повітрі.

Мультикоптер – це один з видів літальний апарат, яким дистанційно керує оператор. Квадрокоптер, як підвид мультикоптера, є типом безпілотного літального апарату, який працює на основі чотирьох пропелерів. Кожен пропелер розташований на окремому двигунів, який забезпечує вертикальний підйом, спуск та рух вперед-назад. В сучасних реаліях, оператор мультикоптера може, завдяки камері, чи камерам на борту, спостерігати за польотом в режимі реального часу. Довершені моделі мультикоптерів, мають можливість вільно рухати камерою, чим підвищують коефіцієнт корисної дії апарату при його використані. В окремих випадках мультикоптери можуть бути оснащені тепловізійними камерами або камерами з нічним баченням, що дає змогу проводити пошуково-рятувальні операції за умов повної темряви. Такі покращення розширюють сферу використання мультикоптерів.

Через свою популярність, невеликі розміри, простоту в обслуговувані квадрокоптери використовують в різних сферах життя, таких як: екології, геодезії, сільському-господарстві, житлово-комунальній, військовій та багато інших.

У XXI столітті, у вік цифрових технологій, оптимізація та автоматизація процесів повинна запроваджуватися та покращуватися кожного дня у всіх сферах. Польоти та робота мультикоптерів цьому не виняток.

Метою даної роботи, було поставлено, покращення технічних параметрів автоматизованих систем скидання вантажу на базі мультикоптерів, шляхом розроблення нової конструкції пристрою та модернізації механізму взаємодії.

Об'єктом дослідження є технічні процеси, що спрямовані на покращення якості доставки корисного вантажу в задане місце за допомогою мультикоптера.

Предметом дослідження є система, яка може бути модернізована за допомогою існуючих методів проєктування та моделювання.

Щоб досягти заданої мети, було сформовано такі **задачі**:

1. Проаналізувати сучасні схеми та їх конструкції. Розглянути конкурентні рішення, патенти та корисні моделі.
2. Сформувати критерії та вимоги автоматизованої системи скидання вантажу на основі проаналізованої інформації.
3. Розробити функціональну схему та алгоритм роботи автоматизованої системи скидання вантажу.
4. Синтезувати компонування для розробленої конструкції.
5. Розробити електричну принципову схему автоматизованої системи скидання вантажу.
6. Використовуючи середовище системи автоматизованого проєктування Onshape, розробити 3D модель конструкції для скидання вантажу.
7. Проаналізувати інформацію з охорони праці та організації безпечного середовища.

У висновках сформульовано теоретичні та практичні результати кваліфікаційної роботи бакалавра. У додатках наведено 3D моделі автоматизованої системи скидання вантажу, таблиці технічних характеристик компонування, креслення деталь конструкції та програмний код для мікроконтролера АСК скидання вантажу з мультикоптера.

Данні були апробовані на XVII міжнародній науковій конференції «Ольвійський форум – 2023: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі».

Структура кваліфікаційної роботи бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання – 35 та 18 додатків. Загальний обсяг – 110 сторінок, з них 18 додатків на 18 сторінках, 10 таблиць, 25 рисунків.

ASTRACT

of the Bachelor's Thesis

«Automated cargo unloading system for a multicopter»

Student of group 471: Kumpan Illia

Supervisor: Shenkevich Volodymyr

Automated control system (hereinafter ASC) is an automated system based on the integrated use of information, technical, mathematical and organizational means for managing complex technical objects.

An automated system is a complex of a controlled object and automatic control devices, in which a certain part of the functions is performed by the operator.

One example of an automated control system is multicopters, which are gaining popularity every day. Multicopters are aircraft with a certain number of propellers located in the same plane and rotating diagonally in opposite directions. The main capabilities of these devices include: vertical take-off and landing, horizontal flight, as well as the ability to stably hover in the air.

A multicopter is a type of aircraft that is remotely controlled by an operator. A quadcopter, as a subspecies of a multicopter, is a type of unmanned aerial vehicle that operates on the basis of four propellers. Each propeller is located on a separate motor that provides vertical lift, descent and forward and backward movement. In modern realities, the operator of a multicopter can, thanks to the camera or cameras on board, observe the flight in real time. Advanced models of multicopters have the ability to freely move the camera, which increases the efficiency of the device when it is used. In some cases, multicopters can be equipped with thermal imaging cameras or cameras with night vision, which makes it possible to conduct search and rescue operations in conditions of complete darkness. Such improvements expand the field of use of multicopters.

Due to their popularity, small size, and ease of use, serviceable quadcopters are used in various spheres of life, such as: ecology, geodesy, agriculture, housing and communal services, military and many others.

In the 21st century, in the age of digital technologies, process optimization and automation must be implemented and improved every day in all areas. Flights and work of multicopters are no exception to this.

The aim of this work was to improve the technical parameters of automated cargo dropping systems based on multicopters by developing a new design of the device and modernizing the interaction mechanism.

The object of the study is technical processes aimed at improving the quality of delivery of payload to a given location using a multicopter.

The subject of research is a system that can be modernized using existing design and modeling methods.

To achieve the given goal, the following tasks were formed:

1. Analyze modern schemes and their designs. Consider competing solutions, patents and utility models.

2. To form the criteria and requirements of the automated cargo unloading system based on the analyzed information.

3. To develop a functional scheme and an algorithm of the automated cargo unloading system.

4. Synthesize the layout for the designed structure.

5. Develop an electrical schematic diagram of an automated cargo unloading system.

6. Using the environment of the automated design system Onshape, develop a 3D model of the structure for unloading cargo.

7. Analyze information on labor protection and the organization of a safe environment.

The theoretical and practical results of the bachelor's qualification work are formulated in the conclusions. The appendices contain 3D models of the automated cargo drop system, tables of technical characteristics of the layout, detailed construction drawings and program code for the ACS microcontroller of cargo drop from the multicopter.

The data were tested at the XVII international scientific conference «Olyva Forum - 2023: strategies of the countries of the Black Sea region in the geopolitical space».

The structure of the bachelor's thesis consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of 35 reference sources and 18 appendices. The total volume is 110 pages, including 18 appendices on 18 pages, 10 tables, 25 figures.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ 4
ВСТУП 5
1 ВИКОРИСТАННЯ ТА РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ МУЛЬТИКОПТЕРІВ, ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СКИДАННЯ 8
Висновки до першого розділу 18
2 ФОРМУВАННЯ СХЕМ ПРИНЦИПУ РОБОТИ, СИНТЕЗУВАННЯ КОМПОНУВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ АСК СКИДАННЯ ВАНТАЖУ 19
2.1 Функціональна схема 19
2.2 Блок-схема алгоритму 21
2.3 Опис компонування квадрокоптера 25
2.4 Опис та вибір блоків для АСК скидання вантажу для квадрокоптера 33
2.5 Електрична принципова схема 41
2.6 Програмний код для мікроконтролера 43
2.7 Створення креслення до конструкції АСК скидання вантажу 44
2.8 3D моделювання 48
2.9 Розрахунок максимальної ваги корисного вантажу 61
Висновки до другого розділу 64
ВИСНОВКИ 65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 66
Додаток А 71
Додаток Б 72
Додаток В 73
Додаток Г 74
Додаток Ґ 75
Додаток Д 76
Додаток Е 77
Додаток Є 78
Додаток Ж 79

Додаток З 80
Додаток И 81
Додаток І 82
Додаток Ї 83
Додаток Й 84
Додаток К 85
Додаток Л 86
Додаток М 87
Додаток Н 88

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК – автоматизована система керування

БПЛА – безпілотний літальний апарат

ККД – коефіцієнт корисної дії

VTOL – Vertical Takeoff and Landing (укр. вертикальний зліт і посадка)

GPS – Global Positioning System (укр. система глобального позиціювання)

КПК – контролер польотного керування

ЕКС – електронний контролер швидкості

МК – мікроконтролер

VCC – Supply Voltage (укр. напруга живлення)

GND – ground (укр. заземлення)

PWM – Pulse Width Modulation (укр. широтно-імпульсна модуляція)

PPM – Pulse Position Modulation (укр. модуляція позиції імпульсу)

VIN – Voltage Input (укр. вхідна напруга)

САПР – система автоматизованого проєктування

MCAD – Mechanical Computer-Aided Design (укр. механічне комп'ютерне проєктування)

ABS – Acrylonitrile butadiene styrene (укр. Акрилонітрилбутадієнстирол)

ВСТУП

Автоматизована система керування (далі АСК)– це автоматизована система, яка базується на комплексному використані інформаційних, технічних, математичний й організаційних засобів для керування складними технічними об'єктами.

Автоматизована система – це комплекс керованого об'єкта та автоматичних керуючих пристроїв, в яких певну частку функцій виконує оператор [1].

Одним із прикладів автоматизованої системи керування є мультикоптери, які з кожним днем набувають популярності. Мультикоптери являють собою літальний апарат із певною кількістю тягових гвинтів, що знаходяться в одній і тій самі площині та обертаються діагонально в протилежних напрямках. В основні можливості цих апаратів входить: вертикальний зліт та посадка, горизонтальний політ, а також можливість стабільно зависати в повітрі.

Мультикоптер – це один з видів літальний апарат, яким дистанційно керує оператор. Квадрокоптер, як підвид мультикоптера, є типом безпілотного літального апарату, який працює на основі чотирьох пропелерів. Кожен пропелер розташований на окремому двигунів, який забезпечує вертикальний підйом, спуск та рух вперед-назад. В сучасних реаліях, оператор мультикоптера може, завдяки камері, чи камерам на борту, спостерігати за польотом в режимі реального часу. Довершені моделі мультикоптерів, мають можливість вільно рухати камерою, чим підвищують коефіцієнт корисної дії апарату при його використані. В окремих випадках мультикоптери можуть бути оснащені тепловізійними камерами або камерами з нічним баченням, що дає змогу проводити пошуково-рятувальні операції за умов повної темряви. Такі покращення розширюють сферу використання мультикоптерів [2].

Через свою популярність, невеликі розміри, простоту в обслуговувані квадрокоптери використовують в різних сферах життя, таких як: екології, геодезії, сільському-господарстві, житлово-комунальній, військовій та багато інших.

Невеликі габаритні розміри коптерів та здатність здійснювати зліт та посадку з невеликих майданчиків, роблять їх корисними для використання в обмежених умовах. Процес навчання операторів квадрокоптерів не забирає багато часу, а допоміжні системи вмонтовані в апарат, допомагають новачкам швидко опанувати техніку. Наприклад, в разі втрати сигналу з він повертається, на автопілоті, в точку, з якої здійснював зліт. Також, у випадках, якщо коптер потрапив у вітровий потік, або відбулися зміни розподілу навантаження. Мультикоптер самостійно стабілізується, чим сам запобігає падінню літального апарату [3].

У XXI столітті, у вік цифрових технологій, оптимізація та автоматизація процесів повинна запроваджуватися та покращуватися кожного дня у всіх сферах. Польоти та робота мультикоптерів цьому не виняток.

Метою даної роботи, було поставлено, покращення технічних параметрів автоматизованих систем скидання вантажу на базі мультикоптерів, шляхом розроблення нової конструкції пристрою та модернізації механізму взаємодії.

Об'єктом дослідження є технічні процеси, що спрямовані на покращення якості доставки корисного вантажу в задане місце за допомогою мультикоптера.

Предметом дослідження є система, яка може бути модернізована за допомогою існуючих методів проєктування та моделювання.

Щоб досягти заданої мети, було сформовано такі **задачі**:

1. Проаналізувати сучасні схеми та їх конструкції. Розглянути конкурентні рішення, патенти та корисні моделі.
2. Сформувати критерії та вимоги автоматизованої системи скидання вантажу на основі проаналізованої інформації.

3. Розробити функціональну схему та алгоритм роботи автоматизованої системи скидання вантажу.

4. Синтезувати компонування для розробленої конструкції.

5. Розробити електричну принципову схему автоматизованої системи скидання вантажу.

6. Використовуючи середовище системи автоматизованого проєктування Onshape, розробити 3D модель конструкції для скидання вантажу.

7. Проаналізувати інформацію з охорони праці та організації безпечного середовища.

1 ВИКОРИСТАННЯ ТА РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ МУЛЬТИКОПТЕРІВ, ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СКИДАННЯ

Перші квадрокоптери почали розроблятися ще в перші роки авіабудування. В 1948 році було створено перший БПЛА в США, який в 1951 році здійснив свій перший політ [4].

Дрон визначають таким ознакам:

1. безпілотний літальний апарат або корабель на дистанційному керуванні;
2. літаючий робот, яким дистанційно керують або він літає автономно за допомогою планів польоту, керованих програмним забезпеченням, у вбудованих системах, які працюють у поєднанні з бортовими датчиками та GPS;
3. літальні апарати без екіпажу чи пасажирів на борту. Вони можуть бути автоматизованими «дронами» або дистанційно керованими апаратами;
4. мають фіксоване крило, поворотне крило або гібридну конструкцію;
5. мають різноманітні функції, пов'язані з автономією;
6. мають як паливні двигуни так і батарею, як джерело живлення;
7. деякі мають розмах крил до 61 м або бути меншими за 1 мм;
8. деякі водонепроникні, особливо підводні морські дрони.

Безпілотники можна класифікувати за їх розміром, вагою, радіусом дії, швидкістю, витривалістю, вартістю виробництва, приводом тощо. Традиційна класифікація безпілотних літальних апаратів не показує всіх цих різноманітностей, доступних у галузі БПЛА. Тут дрони є чотирьох типів залежно від їх ротора або крила:

- мультироторні;
- фіксований криловий дрон;
- VTOL.

Мультироторні дрони є найпоширенішим типом літальних апаратів. Вони мають кілька роторів (зазвичай від 4 до 8), розташованих вертикально, що забезпечує їм змогу взлітати та сходити у повітря, рухатися вперед, назад, вбік та повертатися на місці. Кожний ротор має пропелер, який обертається з великою швидкістю, створюючи необхідну тягу. Мультироторні дрони зазвичай використовуються для фото та відеозйомки, аерофотограмметрії, розважальних цілей та особистого використання.

Фіксовані крилові дрони мають схожу структуру з літаками. Вони мають жорстке крило, яке забезпечує підтримку у повітрі. Цей тип дронів працює за принципом аеродинаміки: завдяки формі крила та прикладеній до нього сили підйому, здатний утримуватися у повітрі. Фіксовані крилові дрони зазвичай мають більшу витривалість польоту та можуть працювати на великій відстані від пілота. Вони використовуються у моніторингу навколишнього середовища, картографії, метеорології та для цілей безпеки.

VTOL-дрони можуть здійснювати зліт та посадку вертикально, а також рухатися горизонтально в польоті. Вони поєднують переваги мультироторних і фіксованих крилових дронів. Вони здатні змінювати свою конфігурацію під час польоту, переходячи від вертикального злету до горизонтального польоту і навпаки. Це дозволяє їм працювати в обмежених просторових умовах і виконувати завдання, які вимагають більшої витривалості і дальності польоту.

Сучасні мультикоптери обмежені у використанні технічних ресурсів для забезпечення їх коректної роботи. Через це більшість таких апаратів мають масу 1–4 кг, а час їх польоту може бути від 10 до 30 хвилин, а окремі моделі до 30–50 хвилин. Мультикоптер приблизно середніх розмірів має вантажопідйомність від 0.5 кг до 3 кг. Більші моделі з 6–8 роторами (гекса- і октокоптери), можуть підняти вантаж у повітря масою до 20–30 кг.

Заряду акумуляторів достатньо для польотів на відстань приблизно в 10 км, але як показує реальність, більшість мультикоптерів обмежуються відстанню прямої видимості пілота (100–200 м) та можливістю передавати радіо сигнал. Покращені версії апаратури з наявними підсилювачами, дозволяють мати стабільний радіоконтроль та якісне відео на пульту дистанційного керування апаратом на відстані понад 10 км.

Спочатку відомі своїм військовим використанням, коптери тепер використовуються окремими особами та великими компаніями для виконання завдань. Сьогодні область застосування дронів безмежні. Технологія, яка колись була розроблена для знищення, тепер використовується для покращення людства. Безпілотники стали оком у небі, щоб надати нам більший огляд зверху вниз. З дозволом дронів для комерційного використання виникла ціла індустрія. Ось чому більшість розвинених країн, що розвиваються, працюють над інтеграцією дронів у свій національний повітряний простір.

Завдяки своїй високій мобільності та можливості охоплювати більшу площу поверхні за короткий час, квадрокоптер розкриває можливості для використання його у багатьох галузях. Для прикладу:

– контроль переміщення людей, техніки, ідентифікація тварин (тегованих);

– сільське господарство: обробка культур пестицидами, висівання;

– дика природа: відстеження браконьєрів;

– розвідка: оптична, лазерна, телевізійна, радіаційна;

– військові цілі;

– логістика: переміщення вантажів, постачання (у тому числі медичне) до важкодоступних місцевостей.

Використовуючи мультикоптери в таких цілях, виникає ряд проблем. Наприклад, замало мати лише камеру на борту літального апарату – буває потрібні інші пристрої. Такими можуть бути кріплення для вантажу на лебідку, чи на спеціальні підвісні кріплення. Або ж це може бути прикріплений бокс для перевезення предметів в ньому. Одними з прикладів таких мультикоптерів, які мають на своєму борту автоматизовані системи скидання вантажу, є безпілотник RDSX від «A2Z Drone Delivery», «Payload-release device position tracking» (в перекладі з англійської: «Відстеження положення пристрою для випуску корисного вантажу»), «Flytrex Drone Delivery» та інші менш відомі й поширені прототипи.

Розглянемо перший прототип «A2Z Drone Delivery». Компанія A2Z Drone Delivery побудувала літальний апарат на базі запатентованого прив'язаного механізму вільного падіння. Результатом став комерційний безпілотник RDSX, чия подвійна корисна вантажопідйомність і підвищена система скидання вантажу дозволяють компаніям підвищити ефективність місії, реагуючи на занепокоєння споживачів щодо шуму, який виникає внаслідок роботи роторів квадрокоптера, та конфіденційності (Рисунок 1.1). В деяких випадках окремі елементи RDSX можуть бути перенесені платформою та закріплені на базі мультикоптера DJI Matrice 600 Pro [5].

Метою цього винаходу було прискорення доставки безпілотником та підвищення комфорту клієнта завдяки швидкому та керованому спуску вантажу. Тому що не доводиться шукати належне місце для посадки та здійснювати її. Це перша мета. Друга – це зменшення шуму, який виникає в результаті роботи роторів квадрокоптера. Одним з можливих варіантів, щоб зменшити шум, було тримати відстань від людей, щоб не заважати їм. Тобто спускати вантаж за допомогою лебідки, яка виконує функцію розмотки трос з свого барабана.

БПЛА RDSX може нести до 2 кг корисного навантаження й здійснювати польоти в два боки на відстань до 18 кілометрів.

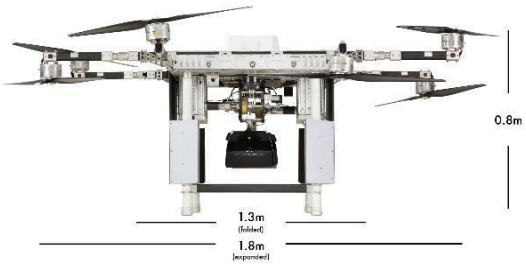


Рисунок 1.1 – Мультикоптер «A2Z Drone Delivery»

Методом RDSX є контрольоване вільне падіння, що дає змогу швидко й безпечно скинути вантаж, без пошкоджень, з висоти до 45 метрів (відносно поверхні). Також мультикоптер оснащений системою, яка дозволяє точно скидати пакунки над пунктом призначення. Це економить час, який зазвичай потрібен для посадки апарата або повільного спуску вантажу лебідкою.

Кевларовий трос і механізм автоматизованого відпускання скидають корисний вантаж і дозволяють гравітації забезпечити його швидкий спуск. Бортовий комп’ютер і сенсорна платформа виявляють, коли пакунок наближається до землі, полегшуючи їх контрольовану плавну зупинку, перш ніж опустити їх на відстань, що залишилася до точки доставки. Коробки, які використовуються для безпеки та захисту товарів, потім випускають їхній вміст на землю, щоб клієнти забрали його, і швидко повертаються назад на борт RDSX для повторного використання.

Окрім того, що останній етап доставки стає швидким, найважчим кроком у процесі є утримання мультикоптера на великих висотах, і це непокоїть клієнтів, що користуються послугами компанії «A2Z Drone Delivery».

Велика кількість потенційних клієнтів, які планують скористатися можливостями RDSX, висловлюють своє занепокоєння з приводу шуму та інших впливів роторів. А також й те, що літальні апарати, що приземляються, можуть підірвати їх конфіденційність.

Також в окремих випадках мультикоптер може бути задіяний у швидкому наданні першої до медичної допомоги та пошуково-рятувальних операціях. Також були випадки, коли мультикоптер доставляв корисний вантаж з берегу на борт морського судна.

Наступним на черзі розглянемо «Flytrex Drone Delivery». Компанія «Flytrex» пропонує доставку їжі за допомогою своїх мультикоптерів. Одна з унікальностей цього літального апарату те, що він не має камер, а керується натомість складною хмарною системою, яка контролює польоти в режимі реального часу [6].

У своїй пілотній програмі в Північній Кароліні спеціально розроблені БПЛА Flytrex можуть перевозити корисні вантажі вагою до 2.7 кг на відстань 5 км і назад на домашню базу. Клієнти можуть вибрати доставку у свій двір або до іншого місця, куди квадрокоптер має змогу долетіти, не порушуючи правила виконання польотів на БПЛА. Варто врахувати, що польоти над громадськими місцями – заборонені. Після введення адреси, Flytrex, працюючи разом із Walmart, забере вибрані товари та запустить мультикоптер. Літальний апарат самостійно долетить до місця висадки, де зависне на висоті 25 метрів і безпечно опустить куплені речі на землю за допомогою троса.

Система доставлення пакунків системою мультикоптерів Flytrex схожа, з мультикоптерами RDSX.

Коли клієнт вводить свою домашню адресу, система дізнається, чи підтримується ця адреса, і якщо так, то куди саме у дворі БПЛА доставить його пакунок. Але, людина-оператор зберігає можливість повністю контролювати літальний апарат, якщо виникне якась проблема. Він може дати безпілотнику вказівку повернутися додому або приземлитися у визначеній безпечній зоні, якщо це необхідно, але крім цього система є майже автоматизованою.

Рисунок 1.2 – Мультикоптер від компанії «Flytrex Drone Delivery» в процесі доставлення вантажу

Система мультикоптера має численні вбудовані резервні функції, призначені для безпечної роботи в середовищі з середньою кількістю населення. Система може витримати втрату двигуна, втрату батареї, втрату GPS. Якщо ж все не вдається і якщо апарат вилітає із запропонованої траєкторії польоту, падає чи перевертається, у нас є незалежна система, яка може це ідентифікувати. Він запускає сирену, вимикає двигуни і катапультує парашут.

Наступним розглянемо «Payload-release device position tracking». Він має патент під номером: US009849981B1.

Цей літальний апарат має висувну систему доставки корисного вантажу. Тобто, система може опускати пакунок на землю за допомогою пристрою доставки, який фіксує корисний вантаж під час спуску та відпускає його після досягнення землі. Розташування пакунку, що доставляється можна визначити, коли він опускається на землю за допомогою системи відстеження зображення.

Мультикоптер може містити в собі систему візуалізації, яка фіксує дані із зображень та ідентифікує координати оточення навколо літального апарату доставки, а потім координати можуть бути відображені у вигляді корегувань положення БПЛА в просторі. Цей літальний апарат може бути налаштований на врахування будь-яких відхилень від запланованої траєкторії зниження, в режимі реального часу, для визначення точних місць доставки випущених корисних вантажів.

В одному варіанті мультикоптер може включати висувну систему транспортування, систему формування зображення та систему керування. Висувна система включає в себе пристрій доставки, кріплення для вантажу і систему втягування.

Пристрій транспортування налаштований для роз’ємного з’єднання з корисним вантажем. Трос можна з’єднати з літальним апаратом і пристроєм для доставки. Система втягування може бути з’єднана з прив’язним тросом для опускання пристрою доставки та закріпленого, таким чином, корисного вантажу від коптера. Система візуалізації встановлена на апараті таким чином, коли пристрій доставки підвішено до мультикоптера за допомогою троса, поле зору системи включає джерело світла, яке розташоване на пристрої доставки та призначене для випромінювання світла в бік літального апарату.

Система керування може бути налаштована на:

– отримання даних зображення від системи візуалізації, поки пристрій доставки підвішено на мультикоптері через трос;

– ідентифікувати, на основі отриманих даних зображення; координату зображення, пов’язану з джерелом світла, розташованим на пристрої доставки;

– визначити положення пристрою доставки, щонайменше частково на основі ідентифікованої координати зображення.

В іншому варіанті пристрій доставки складається з корпусу, електромеханічного компонента, одного або більше джерел світла, систему зв’язку та систему керування. Корпус включає в себе кріплення для вантажу, налаштований для з’єднання корпусу з тросом. Електромеханічний компонент встановлено на корпусі та налаштовано для розміщення в:

– першому положенні, в якому електромеханічний компонент зачіпає корисне вантаж, щоб закріпити його на корпусі;

– другому положенні, в якому електромеханічний компонент не зачіпає корисне вантаж, що транспортується.

Одне або більше джерело світла можуть бути встановлені на корпусі для випромінювання світла в бік апарата.

Систему зв’язку налаштована на отримання інформації від мультикоптера доставки. Система керування має ряд налаштувань:

– під час операції, пристрій доставки опускається на землю за допомогою троса, змушуючи електромеханічний компонент розташовуватися в першому положенні, щоб закріпити вантаж на пристрої транспортування і направити джерело світла випромінювати світло в бік вантажу;

– визначення, що пристрій доставки знаходиться на землі або поблизу неї;

– отримання через систему зв’язку, даних від коптера про те, що визначене положення пристрою доставки знаходиться в межах порогової відстані від цільового місця (визначене положення пристрою базується на даних зображення, отриманих за допомогою візуалізації системи);

– відповідь як на визначення того, що пристрій доставки знаходиться на землі або поблизу неї, так і на отримання даних від мультикоптера, перемістити електромеханічний компонент з першого положення в друге положення.

На Рисунку 1.3 зображено вид у розрізі пристрою спускання корисного навантаження. Прототип включає в себе деякі функціональні можливості пристрою, які були описані раніше.

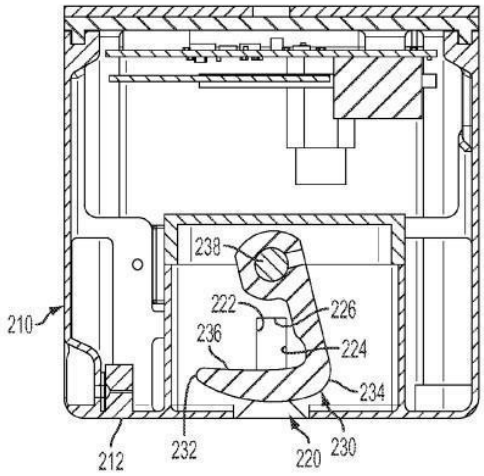


Рисунок 1.3 – Вид системи спускання вантажу (у розрізі) з мультикоптера

Пристрій спуску корисного вантажу включає в себе корпус, що позначено 210, який може мати різні форми. У деяких прикладах корпус (210) сформований з жорсткого матеріалу, такого як метал або пластик. Корпус (210) має поверхні, призначені для запобігання від застрягання або заплутування пристрою під час опускання або піднімання за допомогою троса. Наприклад, корпус (210) може мати загалом кубічну або прямокутну форму із закругленими або частково заокругленими кутами та/або краями між боковими стінками. Можливі багато інших форм.

Корпус (210) включає в себе нижню поверхню (212), яка включає в себе канал (220). Нижня частина (212) являє собою площину, сконфігуровану так, щоб бути зверненою до вантажу, що переноситься, тоді як пристрій (200) доставки прикріплено до пакунку. Канал (220) має два варіанти, де перший сформований як єдине ціле в нижній поверхні (212), а другий має вирізану область нижньої частини (212).

Бокові стінки (222, 224) спроєктовані впоперек до нижньої деталі (212) й вони не з'єднані одна з одною відповідними торцевими стінками, які визначають довжину каналу. Таким чином, механізм для фіксації корисного вантажу вставляється в канал (220), де частково вирівнюється або спрямовується в канал бічними стінками (222, 224).

Утримуючий гак (230) показаний у зачепленому положенні на рисунку 1.3. Цей крюк (230) проходить через відповідні входи в бокових стінках (222, 224). У зачепленому положенні механізм для фіксації вантажу, що транспортується, вставляється в канал й закріплюється утримуючим гаком. В іншому випадку, крюк витягується з каналу, що дозволяє закріпити вантаж без перешкод.

Висновки до першого розділу

1. Проведено аналіз інформації про мультикоптери та їх різновиди. Опрацьовано інформацію щодо можливостей, сфер використання та переваг квадрокоптерів.

2. Переглядаючи існуючі прототипи та ознайомившись з інформацією про принципи їх робіт й патенти, підсумуємо основні аспекти, які повинні бути в системі. На основі цих відомостей буде створено пристрій для автоматизованої системи скидання вантажу. Корпус пристрою буде кріпитися окремо до нижньої частини квадрокоптера. Буде створено можливість нести на борту літального апарату до 6 вантажів, які буде можливість скидати почергово. Така можливість дозволяє скидати, наприклад, GPS маяк для позначення місця знаходження важливого об'єкта або особи під час пошуково-рятувальних робіт, робіт з геодезії, чи екології.

2 ФОРМУВАННЯ СХЕМ ПРИНЦИПУ РОБОТИ, СИНТЕЗУВАННЯ КОМПОНУВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ АСК СКИДАННЯ ВАНТАЖУ

2.1 Функціональна схема

Функціональна схема – це схема, що пояснює певні процеси, які відбуваються в окремих функціональних частинах пристрою, або в самому пристрої в цілому.

Функціональна схема вміщує в собі інформацію про принципи реалізації пристроєм певних функцій. За допомогою неї маємо змогу зрозуміти, як виконується перетворення та які саме для цього необхідні функціональні елементи. Усі функціональні компоненти містять лише ті входи та виходи, котрі необхідні для його коректної роботи [7].

На схемі показується усі функціональні частини пристрою і основні зв’язки. На схемі дозволяється: функціональні частини, на яких відсутні умовні графічні позначення – позначати прямокутником; поєднувати функціональні частини в функціональні групи, що виділяються потім штрих-пунктирною лінією. Кожну групу потрібно назвати або умовно позначити.

Щоб розуміти принцип та порядок роботи автоматизованої системи скидання вантажу для мультикоптера було створено функціональну схему (Рисунок 2.1). Функціональна схема для даної АСК демонструє які компоненти задіяні у роботі та як взаємодіють між собою.

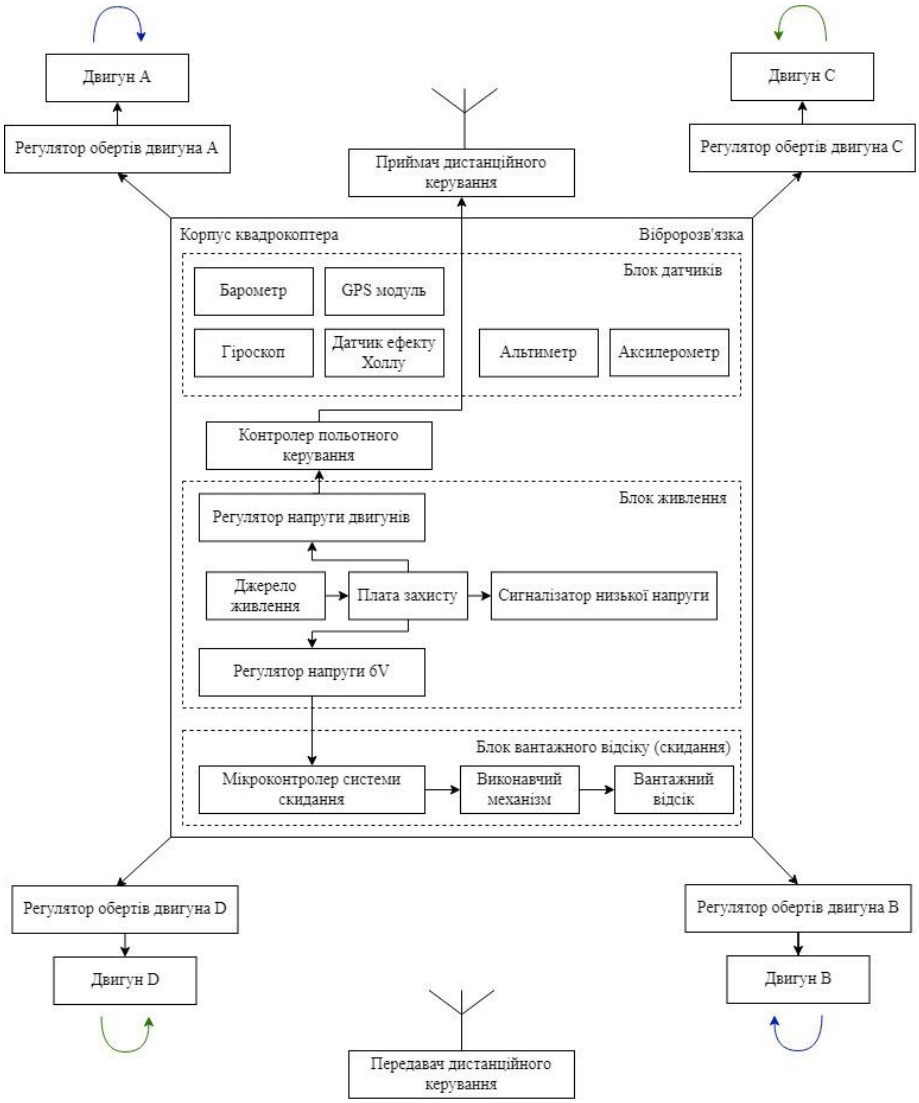


Рисунок 2.1 – Функціональна блок-схема автоматизованої системи скидання вантажу для квадрокоптера

Автоматизована система скидання вантажу складається з наступних блоків: блок живлення, вібророзв’язка, блок датчиків, блок вантажного відсіку, контролера польотного керування, приймача дистанційного керування, двигунів та регуляторів обертів двигунів.

Вібророзв’язка потрібна в корпусі квадрокоптера, щоб такий вплив як вібрація не мав впливу на роботу інших блоків.

Через те що АСК скидання вантажу знаходитися на борту квадрокоптера, є можливість отримувати живлення для системи від БПЛА. Вимикач дає змогу контролювати час роботи мікроконтролера системи скидання та енерговитрату всього апарату.

Коли активується вимикач на пульті дистанційного керування, то сигнал про це надходить на приймач квадрокоптера. Після цього живлення подається на мікроконтролер системи скидання, який виконує умову програмного коду. Задача в коді сформована наступна: виконавчий механізм повинен провернути свій вал з шестернею на певний кут, щоб привести в дію вантажний відсік. Таким чином корисний вантаж буде скинуто з АСК.

На борту квадрокоптера розміщена камера, яка передає відео у реальному часі оператору БПЛА. Той в свою чергу, як буде потрібно, буде приводити в дію систему й скидати корисний вантаж.

2.2 Блок-схема алгоритму

Блок-схема алгоритму – це один з способів графічно представити послідовну роботу компонентів виробу, поділених на окремі функціональні блоки. На схемах прийнято розділяти всі блоки на п’ять видів: лінійні (нерозгалужені), циклічні, змішані, з підпрограмами та розгалужені.

Базуючись на принципі роботи всього виробу, було сформовано алгоритм роботи автоматизованої системи скидання вантажу для квадрокоптера. Він детально описує послідовність процесу. Алгоритм роботи умовно поділений на три етапи. Перший етап: ініціалізація систем та первинні перевірки. Другий етап в себе включає процес скидання ватажу. Третій етап описує алгоритм дії після скидання вантажу та/або завершення польоту.

Перший етап включає в себе початок всього процесу та подачу живлення. Після цього йде увімкнення контролера польотного керування і відбувається з’єднання з дистанційним керуванням. Далі відбувається ініціалізація блоку датчиків та їх калібрування (Рисунок 2.2.1).

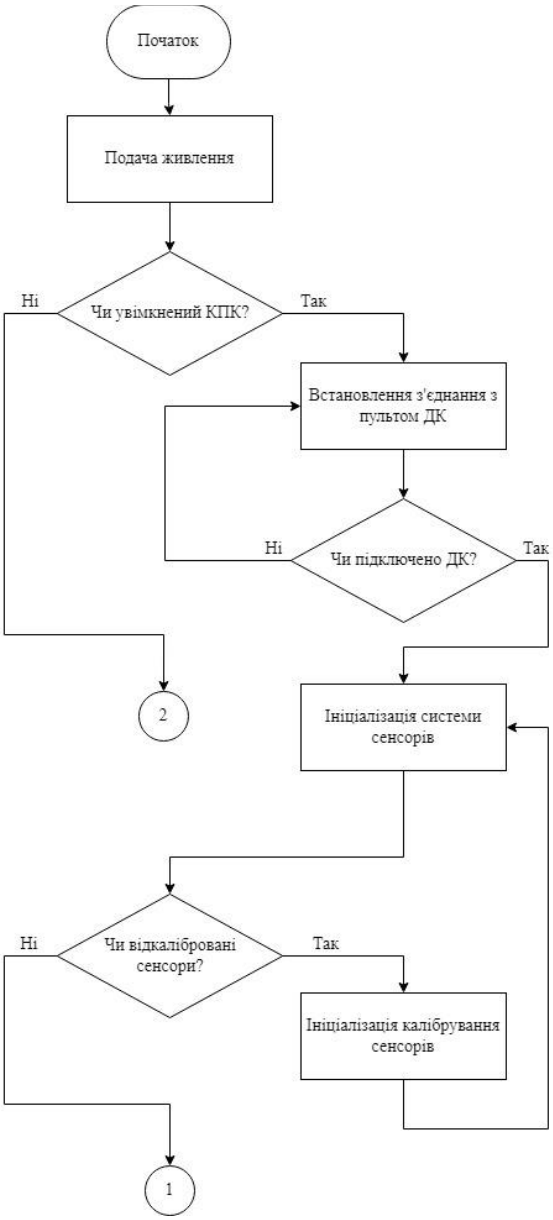


Рисунок 2.2.1 – Алгоритм роботи автоматизованої системи скидання корисного вантажу

Основною цілю другого етапу алгоритму – це описати процес скидання корисного вантажу. Він починається з натискання кнопки на пульті дистанційного керування. Після цих дій йде ініціалізація роботи МК скидання вантажу з його програмним кодом. Якщо умова коду виконується, то виконавчий механізм прокручує свій вал і вантажний відсік (Рисунок 2.2.2).

Рисунок 2.2.2 – Алгоритм роботи автоматизованої системи скидання корисного вантажу

Третій етап полягає в описі процесу після скидання корисного вантажу та/або завершення польоту квадрокоптера. Даний етап розпочинається з перевірки положення БПЛА в просторі. У разі чого АСК літального апарату в автоматичному режимі нормалізує положення виконавши певні дії. Далі йде вимкнення МК скидання вантажу та Контролера польотного керування, тим самим завершується політ БПЛА (Рисунок 2.2.3).

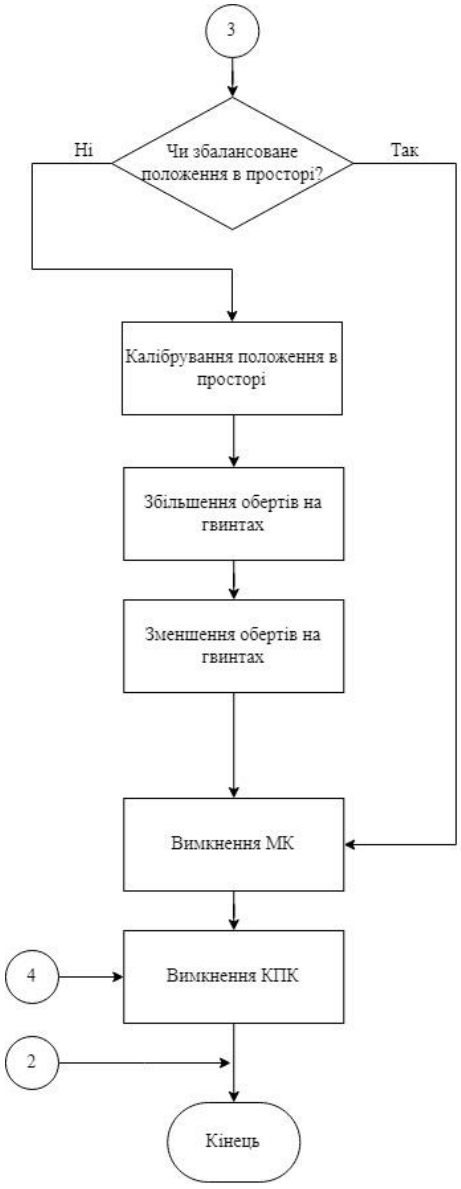


Рисунок 2.2.3 – Алгоритм роботи автоматизованої системи скидання корисного вантажу

2.3 Опис компонування квадрокоптера

Будь-який коптер складається з таких основних частин: рама, двигуни, електронний регулятор швидкості, пропелер, акумулятор, контролер польотного керування, приймач дистанційного керування, плата розподілу електроенергії, датчики, модуль GPS тощо.

Рама є основною структурною складовою квадрокоптера. Вона зазвичай складається з легких, але міцних матеріалів, таких як карбонове волокно або алюміній. Рама має прямокутну або квадратну форму та з’єднує ротори і електроніку квадрокоптера.

Більшість безпілотних літальних апаратів, які несуть корисний вантаж, мають фіксоване шасі, як у гелікоптера, яке кріпиться безпосередньо на корпусі. Однак найкращі безпілотники мають висувне шасі, що дозволяє охоплювати повний огляд на 360° під час польоту. Безпілотники, які не мають підвішеного корисного вантажу, не мають шасі, але якщо ви літаєте в місцях, де є висока трава, каміння або пил, візьміть із собою великий посадковий килимок або придбайте подовжувачі висоти для ніг.

Квадрокоптери мають чотири ротори, які генерують підйомну силу і керують рухами апарата. Ротори зазвичай з’єднані з рамою за допомогою моторів і пропелерів. Вони працюють за принципом обертання пропелерів з високою швидкістю для створення потоку повітря, що забезпечує підйомну силу. Квадрокоптери мають два різних типи пропелерів, по одному для кожного напрямку руху. Кожен пропелер обертається, штовхаючи повітря на поверхню аеродинамічного профілю, що призводить до різниці тиску, завдяки чому коптер піднімається в повітря.

Квадрокоптери зберігають стабільність, змінюючи швидкість кожного гвинта. Керування напрямком у коптері досягається зміною кута атаки пропелерів,

як і в гелікоптері, але ця зміна атаки здійснюється шляхом уповільнення деяких роторів.

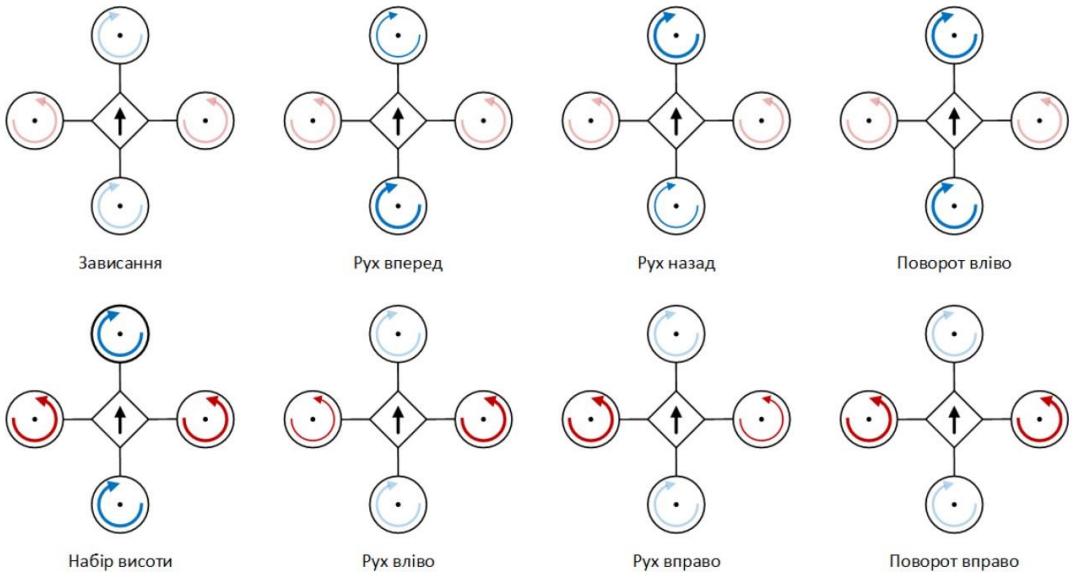


Рисунок 2.3 – Схема обертання гвинтів квадрокоптера для переміщення

Переміщення. Для безпілотного літального апарату з декількома гвинтами є два важливі датчики, які потрібні для досягнення плавного польоту. Акселерометр виявляє лінійний рух, що означає рух по прямій лінії, та гіроскоп, що виявляє обертальний рух, який означає рух навколо лінії [9].

Акселерометр та гіроскоп – це два різних типи датчиків, які використовуються на борту квадрокоптера для вимірювання руху та орієнтації. Різниця між їх використанням полягає в наступному:

– акселерометр вимірює лінійне прискорення, тобто зміну швидкості руху квадрокоптера по трьох осям – XYZ. Він використовується для виявлення змін у русі коптера, таких як зміна швидкості або нахил. Акселерометр допомагає контролеру польоту визначити орієнтацію квадрокоптера, стабілізувати його політ та реагувати зміни навколишнього , такі як вітер;

– гіроскоп вимірює кутову швидкість зміни орієнтації мультикоптера навколо трьох осей – осі рискання, осі тангажу і осі крену. Він використовується

для виявлення обертання або зміни напрямку руху коптера. Гіроскоп допомагає контролеру польоту коригувати роботу роторів для зміни орієнтації та напрямку польоту квадрокоптера.

Акселерометр допомагає утримувати квадрокоптер у стабільному положенні під час польоту. Він виявляє небажані зміни положення і відхилення апарата, і контролер польоту використовує цю інформацію для коригування сигналів, які передаються до роторів для компенсації цих змін і забезпечення стабільного польоту [10].

Альтиметр і барометр – це два різних типи датчиків, які використовуються на борту квадрокоптера для вимірювання висоти або висоти над рівнем моря. Різниця між їх використанням полягає в наступному:

– альтиметр зазвичай вимірює висоту над рівнем моря за допомогою GPS сигналів. Він використовує сполучення інформації про географічні координати та висоту, які отримуються з супутників, для визначення точної висоти польоту квадрокоптера. Альтиметр є більш точним і надійним джерелом вимірювання висоти, особливо при використанні у високогірних регіонах або місцях зі значними висотними різницями;

– барометр вимірює атмосферний тиск і використовує його для визначення висоти польоту. За зміною атмосферного тиску можна визначити зміни висоти, оскільки атмосферний тиск зменшується зі збільшенням висоти. Барометри використовуються в багатьох квадрокоптерах як економічний та простий спосіб вимірювання висоти. Однак, вони можуть бути вразливі до змін атмосферного тиску, спричинених погодними умовами або іншими факторами.

Датчики визначення висоти виконують наступні ролі:

1. вимірювання висоти квадрокоптера відносно поверхні землі або висоту над рівнем моря;

2. допомагають контролеру польоту зберігати певну висоту польоту. Він виявляє зміни в висоті квадрокоптера та передає цю інформацію контролеру. Контролер може коригувати сигнали, що надсилаються до роторів, для збереження сталої висоти польоту або здійснення рухів у вертикальному напрямку;

3. використовуються для забезпечення безпеки польоту. Він може допомогти уникнути зіткнень з перешкодами на землі або іншими повітряними транспортними засобами, регулюючи висоту польоту та сповіщаючи про небезпеку при наближенні до меж безпеки.

На борту квадрокоптера зазвичай знаходяться батареї, які постачають живлення для всіх компонентів, включаючи мотори, електронні системи та датчики.

Батареї, як правило, використовуються у формі літій-полімерних акумуляторів. Вони відомі своєю високою ємністю, легкістю та можливістю постачання високого струму. Вони забезпечують енергію для польоту квадрокоптера на певний період часу. Батарея підключається до плати розподілу живлення.

Плата розподілу живлення електронною платою, яка розподіляє електричний струм від батареї до різних компонентів квадрокоптера. Вона має роз’єми для підключення батареї, а також виводи для підключення моторів, контролера польотного керування, освітлення та інших компонентів. Плата розподілу живлення забезпечує стабільність роботи та регулює розподіл струму, щоб забезпечити надійну роботу всіх систем квадрокоптера [11].

Оскільки акумулятори є чутливими до неправильного використання або перенапруги, деякі плати розподілу живлення можуть мати вбудований захист для батареї. Це може включати функції, такі як перенапруговий захист, захист від перевищення струму або розряду, що допомагає запобігти пошкодженню акумулятора та зберегти його тривалу роботу.

Контролер польотного керування є центральним електронним пристроєм, який керує рухами та стабілізацією квадрокоптера. Він приймає вхідні сигнали від пульта дистанційного керування, обробляє їх і видає відповідні команди моторам та іншим компонентам квадрокоптера для керування польотом.

Основні функції та характеристики контролера польотного керування:

– оснащення різними сенсорами, такими як гіроскопи, акселерометри, компаси, барометри та інші, для вимірювання орієнтації, прискорення, висоти та інших параметрів польоту. Ці дані використовуються для стабілізації та керування польотом квадрокоптера;

– обробка процесів та алгоритмів. Контролер польотного керування має вбудований процесор, який обробляє вхідні дані з сенсорів та виконує розрахунки для прийняття рішень щодо стабілізації та керування польотом. Він використовує спеціальні алгоритми, такі як алгоритми ПІД-регулювання, для корекції положення квадрокоптера на основі вхідних сигналів та бажаної орієнтації;

– комунікаційна. Контролер польотного керування може мати різні роз’єми та інтерфейси для комунікації з іншими пристроями та системами. Це можуть бути роз'єми для підключення до пульта дистанційного керування, приймачів сигналів, GPS модулів, телеметрії та інших пристроїв. Це дозволяє обмінюватись даними, отримувати команди та передавати інформацію про стан польоту;

– налаштування. Контролери польотного керування зазвичай підтримують програмне забезпечення для конфігурації та настройки різних параметрів польоту. Це дозволяє користувачу налаштувати режими керування, чутливість сенсорів, параметри стабілізації та інші налаштування відповідно до своїх потреб та вимог.

GPS використовується в квадрокоптерах для визначення їх місцезнаходження та навігації у просторі.

Система базується на мережі супутників, які кружляють навколо Землі. Супутники випускають радіосигнали, які приймаються GPS приймачем на борту квадрокоптера. За допомогою трьох або більше супутників, приймач може визначити свої координати (широту, довготу, висоту) і швидкість руху.

Система GPS надає квадрокоптеру важливу інформацію для навігації. За допомогою GPS даних, коптер може встановити свою точну позицію в реальному часі, використовувати її для стабілізації польоту, виконання точних маршрутів та виконання автономних функцій, таких як повернення до початкової точки.

GPS може використовуватися для покращення стабілізації квадрокоптера в режимі позиціонування. За допомогою GPS даних, контролер польотного керування може коригувати швидкість та напрямок руху, щоб забезпечити стабільний польоту та компенсувати впливи вітру та інших факторів.

Завдяки системі супутникової навігації, квадрокоптер має змогу повернутися в точку початку польоту уразі втрати сигналу.

Деякі квадрокоптери можуть використовувати GPS дані разом з іншими датчиками, такими як барометри та акселерометри, для отримання більш точних результатів щодо позиціонування, висоти та стабілізації польоту.

Приймач дистанційного керування – це датчик, відповідальний за отримання сигналів від пульта оператор.

Щоб дистанційно керувати квадрокоптером, потрібно мати доступ до бездротової мережі. Радіохвилі є невидимою формою хвилі в електромагнітному спектрі. Щоб радіо працювало, треба мати передавач для надсилання повідомлень і приймач для отримання повідомлень. Точніше, передавач і приймач повинні налаштовані на однакову частоту. Більшість сучасних квадрокоптерів мають Wi-Fi, щоб вони могли транслювати відео на комп’ютер, планшет або смартфон. Деякі коптери також використовують Wi-Fi для дистанційного керування через планшет або мобільний додаток. Приймачі дистанційного керування зазвичай мають PWM

або PPM виходи; Основна відмінність полягає в тому, що PWM використовує один вихід на канал, тоді як PPM компонує всі канали в один вихід.

PWM приймачі мають окремі канали, які відповідають за керування різними функціями апарату. Кожен канал використовує PWM сигнал для передачі інформації. Ширина імпульсу визначається як тривалість високого рівня сигналу в певному періоді. Кожен канал відповідає за певну функцію, наприклад, тяга, кермо, крен, тангаж тощо. Зміна ширини імпульсу вказує на зміну рівня сигналу та, відповідно, на зміну стану або значення функції. PPM приймачі використовуються для об’єднання сигналів кількох каналів в один сигнал. У цьому сигналі, кожен канал передається як окремий пульс з послідовними позиціями пульсів. Період сигналу PPM визначається загальною тривалістю пульсів, а позиція кожного пульсу вказує на рівень сигналу для певного каналу. Зміна позиції пульсу вказує на зміну рівня сигналу для відповідного каналу. Обираючи PWM або PPM приймач, важливо враховувати сумісність з пультом керування та пристроєм, який ви плануєте керувати [12].

Пульт дистанційного керування. Він забезпечує зв’язок між оператором і квадрокоптером. Зазвичай вони дуже схожі на іграшкові пульти дистанційного керування, з тією великою різницею, що вони мають набагато більше кнопок і значно зручніші.

Відеопередавач. Він підключається до камери на підвісі для передачі відео на окуляри або монітор оператора. Більшість квадрокоптерів сьогодні використовують частоту 5.8 ГГц для передачі відео.

Датчик ефекту Холла використовується в квадрокоптерах для вимірювання магнітного поля.

Принцип роботи цього датчику базується на фізичному явищі, відомому як ефект Холла. Коли електричний струм протікає через провідник, розміщений у магнітному полі, відбувається відхилення електронів від свого шляху. Це створює

нерівноважний заряд, який можна виміряти за допомогою датчика ефекту Холла. За допомогою цього датчика можна виявити наявність магнітного поля та визначити його напрямок та інтенсивність.

Датчик ефекту Холла використовується в квадрокоптерах для ряду завдань, зокрема:

– вимірювання орієнтації щодо магнітного поля Землі. Це може бути корисно для компасного режиму, автономних функцій та навігації;

– калібрування гіроскопів квадрокоптера. Це допомагає уникнути накопичення помилок вимірювання та покращує точність орієнтації;

– контроль руху квадрокоптера під час виконання певних завдань, таких як стабілізація, повороти та навігація.

Датчики ефекту Холла можуть бути розташовані на різних частинах квадрокоптера. Зазвичай їх розміщують у контролері польоту або на спеціальній платі, щоб забезпечити зручний доступ до магнітного поля.

Бездротова передача енергії для заряджання БПЛА – це чудова інновація, яка все ще розвивається. Основним обмеженням дронів з електричним приводом є їх радіус дії та витривалість через обмежену ємність батареї. Збільшення розміру акумуляторної системи не є життєздатним рішенням, оскільки її вага стає обмежуючим фактором. Суперконденсатори не є варіантом через їх низьку щільність енергії. Альтернативою є підзарядка БПЛА під час роботи за допомогою бездротової передачі енергії. Вперше цю технологію досліджував Нікола Тесла на початку XX століття. В теорії, чим ближче апарат до зарядної панелі, тим більша напруга та заряд можуть бути створені. Цю станцію бездротової передачі енергії можна розташувати в кількох місцях, уникаючи необхідності відвідування БПЛА певного місця для заряджання та збільшуючи радіус дії.

2.4 Опис та вибір блоків для АСК скидання вантажу для квадрокоптера

2.4.1 Вибір мікроконтролера

Головним компонентом даної система є мікроконтролер, який необхідний для виконання поставлених задач. Існує велика кількість різновидів контролерів, але потребується малогабаритний, так як використовується лише сервопривід й програма для виконання не складних завдань. Також одним з аспектів є вага та розміри, тому що мікроконтролер кріпиться на квадрокоптері, який має обмежену вантажопідйомність. Розглянемо кілька варіантів контролерів та їх характеристики (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристики мікроконтролерів [13-16].

	DCCduino Nano	ESP8266	Arduino Nano	Teensy 4.0
Робоча напруга, В	5	5	5	3.3
Рекомендована .напруга, В	7-11	4.5-9	6-12	2.5-3.6
Напруга, мА	<40	<170	<40	<100
К-ть цифрових входів/виходів, шт.	14	5	14	14
Аналогові входи, шт.	8	1	8	2
ОЗУ, Кб	2	32	2	512
Флеш-пам'ять, Кб	32	<512	32	64
Тактова частота, МГц	16	80-160	16	600
Розміри, мм	18.5×42	48×26	18.5×45	36.8×18
Вага, г	7	18	7	2.8

Всі чотири варіанти схожі по ключовим характеристикам, але в деяких моментах різняться. DCCduino Nano та Arduino Nano майже ідентичні, це пов'язано з тим, що DCCduino створювався як аналог Arduino.

ESP8226 має майже найкращі характеристики та можливості серед розглянутих варіантів. Але Arduino Nano більш поширена й має середні показники серед інших запропонованих варіантів. Тому в подальшому проєктувані буде використано саме цей мікроконтролер.

2.4.2 Вибір сервопривода

Сервопривод виступає виконавчим механізмом в автоматизованій системі скиданні вантажу для квадрокоптера.

Таблиця 2.2 – Характеристики сервоприводів [17-20].

	SG90 9g 180°	MG995 Tower Pro 360°	MG995 Tower Pro 180°	MG90S Micro 180°
Напруга живлення, В	3.5-5	4.2-7.2	4.2-7.2	4.8-6
Кут повороту, °	180	360	180	180
Навантаження на вал при живленні в 4,8 В, кг/см	2	9	9	1.8
Робоча швидкість при живленні в 4,8 В, мс/180°	360	510	510	300
Розміри, мм	33×30×13	40×19×42	40×19×42	32×32×13
Вага, г	9	55	55	13.6

В таблиці 2.2, наведено чотири варіанта сервоприводів. Для скидання вантажу потрібний потужний сервопривід, щоб він зміг обертати відсіки з вантажем. Вимагалося від нього, щоб міг обертати шестерні на 360°. Переглянувши варіанти в таблиці, можна зрозуміти, що найбільше підходить MG995 Tower Pro 360°. Він з серії потужних сервоприводів та єдиний з перелічених може обертатися на 360°, хоч і має невеликий недолік у вигляді робочої швидкості. Але різниця з іншими варіантами незначна. Обраний сервопривід має значно більшу вагу, у порівняні з іншими, але це все компенсується можливістю вільно обертатись.

2.4.3 Вибір підшипника

Підшипник – це механічний пристрій який використовується для зменшення тертя між рухомими частинами машин або механізмів. Він, складається з таких компонентів: зовнішнє кільце, тіло кочення, сепаратор, внутрішнє кільце.

В конструкції автоматизованій системі скидання вантажу для квадрокоптера, підшипник задіяний між основною частиною корпусу й компонента який обертається, а також переміщає корисний вантаж для скидання.

Таблиця 2.3 – Розміри підшипників [21; 22].

	A	B
Внутрішній діаметр, мм	6	17
Ширина, мм	6	10
Зовнішній діаметр, мм	17	35
Вага, г	6	40

Підшипник A та B є однорядними радіальними відкрито та закритого типу. Порівнявши їх габарити, було вирішено використовувати підшипник з меншим внутрішнім діаметром, так як його розміри задовольняють вимоги до АСК скидання вантажу.

2.4.4 Вибір квадрокоптера

На черзі потрібно обрати квадрокоптер, на борту якого розміщується автоматизована система скидання вантажу. Головними критеріями вибору є:

– можливість встановити камеру й транслювати відео в режимі реального часу з борту коптера на зовнішній пристрій;

– нести на борту не менше 2 кг корисного вантажу;

– наявність додаткового оснащення, яке керується з пульту дистанційного керування квадрокоптера.

У таблиці 2.4 наведено технічні характеристики трьох мультикоптерів, а саме DJI Matrice 300 RTK, DJI Matrice 30T, Yuneec H850-RTK.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики мультикоптерів [23-25].

	DJI Matrice 300 RTK	DJI Matrice 30T	Yuneec H850-RTK
Вага, кг	6.300	3.770	5.800
Максимально допустиме навантаження, кг	2.700	0.230	3.000
Дальність польоту, км	15	15	15
Камера	вбудована; знімна	вбудована	знімна
Підсвітка корпусу	вбудована	вбудована	відсутня
Напруга живлення, В	52.8	26.1	23.1
Кількість гвинтів, шт	4	4	6

Враховуючи вимоги до квадрокоптера та запропоновані варіанти, було обрано DJI Matrice 300 RTK. Його вантажопідйомність становить до 2.7 кг , не враховуючи вбудованої камери. Також використовуючи цей коптер, розкриваються колосальні можливості, щоб модернізовувати його. Наприклад: додати знімну камеру Zenmuse H20T, яка включає в себе лазерний далекомір, приближення й тепловізійну камеру. А найголовніше, можна закріпити автоматизовану систему скидання вантажу, яка підключається модернізувавши систему живлення квадрокоптера. Зменшуючи вагу, демонтується підсвітка корпусу коптера, а дроти під’єднуються до мікроконтролера й сервоприводу. Таким чином, коли на пульту дистанційного керування оператор буде натискати кнопку для активації підсвітки – ініціалізується мікроконтролер, а далі йде процес, який описується в блок-схемі алгоритму.

Рисунок 2.4 – Квадрокоптер DJI Matrice 300 RTK оснащений камерою Zenmuse H20T

2.4.5 Вибір двигуна для мультикоптера

Основною складовою, що забезпечує рушійну силу для квадрокоптера – це двигуни. Електродвигуни — це механізми, що перетворюють електричну енергію в механічну енергію. Вони використовуються у багатьох пристроях, включаючи мультикоптери, електромобілі, побутову техніку, промислові машини та інші пристрої, які потребують механічного приводу.

Залежно від джерела живлення та принципу роботи, існує кілька основних типів електродвигунів. Ось деякі з них:

– електродвигуни з постійним струмом. Вони використовують постійний струм для створення обертального моменту. В цих моторах є комутатор та щітки, які змінюють напрямок струму в роторі, що забезпечує його рух. Вони можуть бути двох видів: безщітковими або моторами з комутацією.

– Мотори, що використовують змінний струм називаються електродвигунами. До них відносяться асинхронні, які широко використовуються у промисловості, оскільки вони ефективні та мають просту конструкцію, та синхронні.

– Безколекторні мотори, також відомі як безщіткові постійного струму, не мають комутатора та щіток, що полегшує їх обслуговування та підвищує надійність. Вони широко використовуються у промисловості, електромобілях та мультикоптерах.

– Струмові двигуни. Ці двигуни перетворюють електричний струм в прямолінійний рух, а не в обертальний момент. Вони використовуються у пристроях, які вимагають лінійного переміщення, таких як лінійні приводи, маглев-поїзди та інші.

Акцентуючи увагу на безколекторних двигунах можна відмітити ряд переваг, які відрізняють їх від інших електродвигунів. А саме: висока ефективність та швидкодія, компактність та низька маса, надійність.

Висока ефективність безколекторних моторів пов’язана з відсутністю щіток та комутатора. Це дозволяє зменшити втрати від тертя та випромінювання, що виникають в інших моторах. Це дозволяє безщітковим моторам працювати з більшою ефективністю та знижує їх енергоспоживання.

У випадку з безщітковими двигунами для нейтралізації обертальної сили, створювану обертовими гвинтами, квадрокоптери мають два двигуни за годинниковою стрілкою та два проти годинникової стрілки, і це просто через третій закон Ньютона, який стверджує, що на кожну дію існує рівна та протилежна реакція. Усі найновіші коптери використовують безщітковий електродвигун, який ефективніший, надійніший і тихіший, ніж щітковий.

Висока швидкодія обґрунтована здатністю безколекторних моторів досягати високих швидкостей обертання, оскільки вони не обмежені комутаційними обертами, які характерні для моторів з комутатором. Це робить їх оптимальними для застосувань, де потрібна висока швидкість руху, наприклад, в електромобілях або мультикоптерах.

Компактність і низька маса пов’язана із зазвичай конструкцією невеликих розмірів, оскільки безколекторні мотори не потребують щіток та комутатора. Це робить їх оптимальними для пристроїв з обмеженим простором, де важлива вага та розміри, наприклад, у мобільних роботах або портативних електронних пристроях.

Висока надійність. Оскільки безколекторні мотори не мають щіток, які зношуються з часом, вони мають довший термін служби та вимагають менше обслуговування порівняно з моторами з комутатором. Це знижує необхідність у регулярній заміні щіток та зменшує вартість.

Щоб підняти у повітря мультикоптер вагою близько 6.3 кг разом з вантажем 2.7 кг, потрібні двигуни, які в сумі матимуть максимальну підйомну можливість не менше ніж 10 кг. Розглядаючи безколекторні електродвигуни варто звернути увагу на такі технічні характеристики як: тяга, потужність, максимальна вага яку піднімає, напруга живлення, вага. В таблиці 2.5 наведено технічні характеристики безколекторних електродвигунів, де двигун А – це електродвигун iFlight XING-E Pro 2207, двигун В – це T-Motor F60 PRO IV, двигун С – T-Motor Antigravity MN6007.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики безщіткових електродвигунів [26-28].

	Двигун А	Двигун В	Двигун С
Вага, г	33.8	35.1	180
Потужність, Вт	800	950	936
Тяга, г/Вт	2.12	2.21	5.89
Макс. підйомна вага, г	1700	2 100	5 520
Напруга живлення, В	18.5	18.5 – 22.2	22.2

Рисунок 2.5 – Безщітковий електродвигун T-Motor Antigravity MN6007

Враховуючи вагу, яку потрібно підняти в повітря та конструкційні можливості квадрокоптера DJI Matrice 300, найкраще для цього підходить

електродвигун T-Motor Antigravity MN6007. Встановивши таких чотири мотора, збільшується максимальна підйомна вага збільшується до 20 кг. Це дозволить мати запас потужності на випадок позаштатної ситуації, наприклад, різка змінна напрямку та швидкості вітру.

2.5 Електрична принципова схема

Електрична принципова схема – один з видів електричної схеми пристрою, який дає широке уявлення про склад та принцип його роботи. Дані схемі призначені для більш детального відображення взаємозв’язків приладів з урахуванням принципів їх роботи та послідовності активації. Електричні елементи на схемах позначаються умовними позначеннями.

Маючи підібрані компоненти, було сформовано електричну принципову схему автоматизованої системи скидання вантажу для квадрокоптера (Рисунок 2.6). Вона складається з: мікроконтролера Arduino Nano, двох резисторів, сервопривода MG995 Tower Pro 360° та акумулятора коптера DJI Matrice 300 RTK та вимикача.

Дріт живлення, перш за все, з’єднуємо з резисторами, щоб вирівняти напругу для роботи автоматизованої системи. Щоб правильно підібрати резистори, потрібно провести розрахунки.

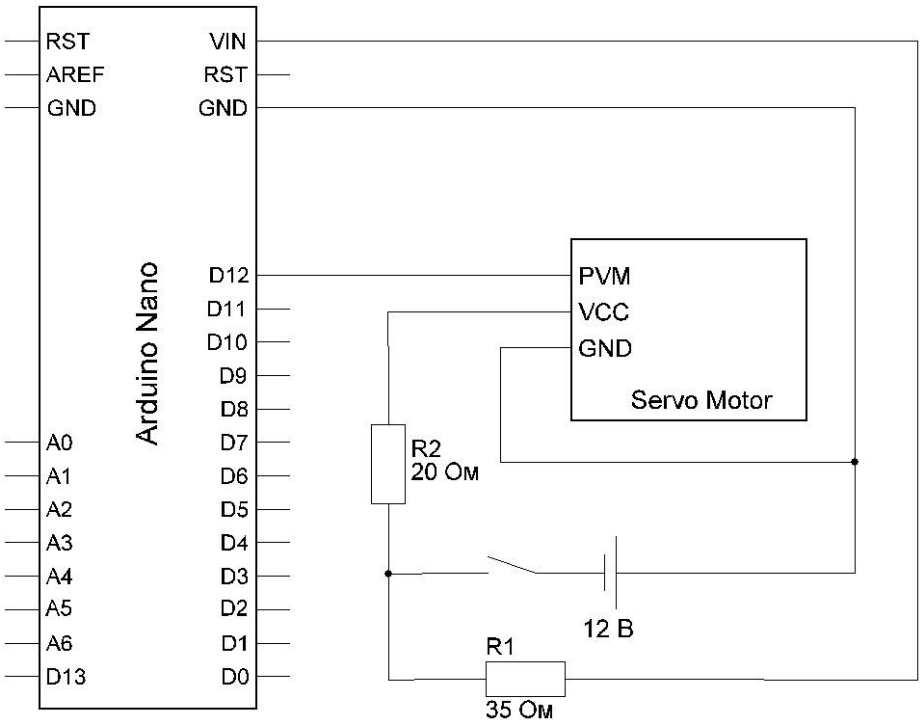


Рисунок 2.6 – Електрична принципова схема АСК скидання вантажу для квадрокоптера

$$R_1 = \frac{V_Q - V_{MK}}{I_{MK}} = \frac{12 - 6}{0.18} = 33.3 \text{ Ом} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{V_Q - V_{SM}}{I_{SM}} = \frac{12 - 6}{0.3} = 20 \text{ Ом} \quad (2)$$

де: V_Q – напруга живлення від квадрокоптера, V_{MK} – напруга живлення мікроконтролера, I_{MK} – струм мікроконтролера, V_{SM} – напруга живлення сервопривода, I_{SM} – струм сервопривода.

Маючи розрахунки, можна обрати резистори. Де перший, для мікроконтролера, буде з номіналом 20 Ом, а другий, для сервопривода, з номіналом 35 Ом.

На сервоприводі присутні три дрота: помаранчевий, червоний, коричневий. Де червоний (VCC) – дріт живлення; коричневий (GND) – дріт заземлення, підключається до заземлення; оранжевий (PWM) – дріт для передачі інформації між МК та серводвигуном.

Спочатку заземлення від акумулятора під'єднаємо до порту GND серводвигуна, та до порту GND мікроконтролера.

Живлення від акумулятора з вимикачем підключаємо до резисторів, після чого від першого резистора ведемо дріт до порту VIN мікроконтролера, а від другого резистора до порту VCC сервопривода.

Наступним кроком, з'єднуємо мікроконтролер з сервоприводом за допомогою дроту між портом контролера D12 та портом, який позначено як «PWM».

Таким чином, з'єднавши потрібні компоненти електричної схеми в одне ціле, потрібно написати та завантажити програмний код на мікроконтролер системи скидання.

2.6 Програмний код для мікроконтролера

Програмування мікроконтролера Arduino здійснюється за допомогою програми Arduino IDE, яка також компілює та завантажує код на МК.

Для автоматизованої системи скидання був написаний програмний код, який завантажено на мікроконтролер. Приклад цього коду наведено в Додатку А.

Перше, що потрібно записати – це яку бібліотеку потрібно використовувати. В даному випадку це бібліотека «Servo.h». В третьому рядку, вказуємо, що об'єкт керування(сервопривод) називається «myservo».

Після таких підготувань, у восьмому рядку зазначаємо до якого виходу під'єднаний сервопривод. В даному випадку, він з'єднаний з портом мікроконтролера, який позначено на схемі D12.

Наступний крок – це задання параметрів для обертання валу. Вал сервоприводу має шестерню, яка має еквівалентну кількість зубців, як і шестерня на осі вантажного відсіку. Тобто передавальне число буде у рівне одиниці. Таким чином, не потрібно розраховувати окремо, скільки градусів повинен провернутися вал сервоприводу, щоб вісь вантажного відсіку провернулась на потрібний кут.

Вантажний відсік має сім секцій, але кількість прокручувань, яка потрібна для скидання всіх вантажів, становить шість, тобто 360°/6=60°. Це буде значення, на яке сервопривід повинен провернути вантажний відсік, щоб було скинути наступний вантаж. Значення 60 вписуємо в команду на чотирнадцятому рядку програмного коду.

Після цього вказуємо затримку, з якою буде виконано умову, а далі зупиняємо програму, командою на шістнадцятому рядку.

2.7 Створення креслення до конструкції АСК скидання вантажу

Креслення – це графічний спосіб зображення об’єктів, деталей, конструкцій або технічних систем за допомогою ліній, символів та текстових позначень.

Креслення конструкції необхідні для зрозумілої технічної комунікації між різними особами, які зацікавлені в цьому. Це можуть бути інженера, дизайнери, виробничі робітники та інші спеціалісти. Основна роль креслень полягає в наступному:

– передача інформації, а саме детальну інформацію про конструкцію та характеристики об’єкта, такі як розміри, форма, положення, матеріали тощо;

– документація проєкту. Креслення є частиною технічної документації про проєкт або виробництво. Вони допомагають зберегти і фіксувати деталі конструкції, забезпечуючи їх доступність і зрозумілість для використання в майбутньому;

– орієнтація та виробництво: креслення вказують належну орієнтацію та положення деталей, монтажні вказівки та інші деталі, що допомагають виготовити, зібрати та виробити об’єкт відповідно до заданих специфікацій;

– перевірка та контроль якості. Креслення використовуються для перевірки виготовлених деталей або виробів на відповідність заданим специфікаціям та контролю якості;

Перед початком створення 3D моделі конструкції, створено креслення трьох окремих елементів. Конструкція автоматизованої системи скидання вантажу складається з: нижньої, або основної частини, вантажних відсіків, що об'єднані в одну деталь, та кришки, яка закриває вантажні відсіки і на якій знаходяться мікроконтролер системи скидання та серводвигун.

Перша деталь має форму кола і його діаметр становить 170 мм. Висота стінок по периметру становить 48 мм. В середині деталі знаходить спеціальне місце для встановлення підшипника. Цей елемент слугує віссю обертання вантажних відсіків. На дні деталі знаходиться отвір діаметром 42 мм, центр якого віддалений від центра деталі на відстані 52.5 мм. Цей отвір слугує для скидання корисного вантажу. Також на верхній частині деталі розміщені спеціальні кріплення, які слугують для фіксації кришки, а також виконують роль кріпленням до квадрокоптера (Рисунок 2.7.1).

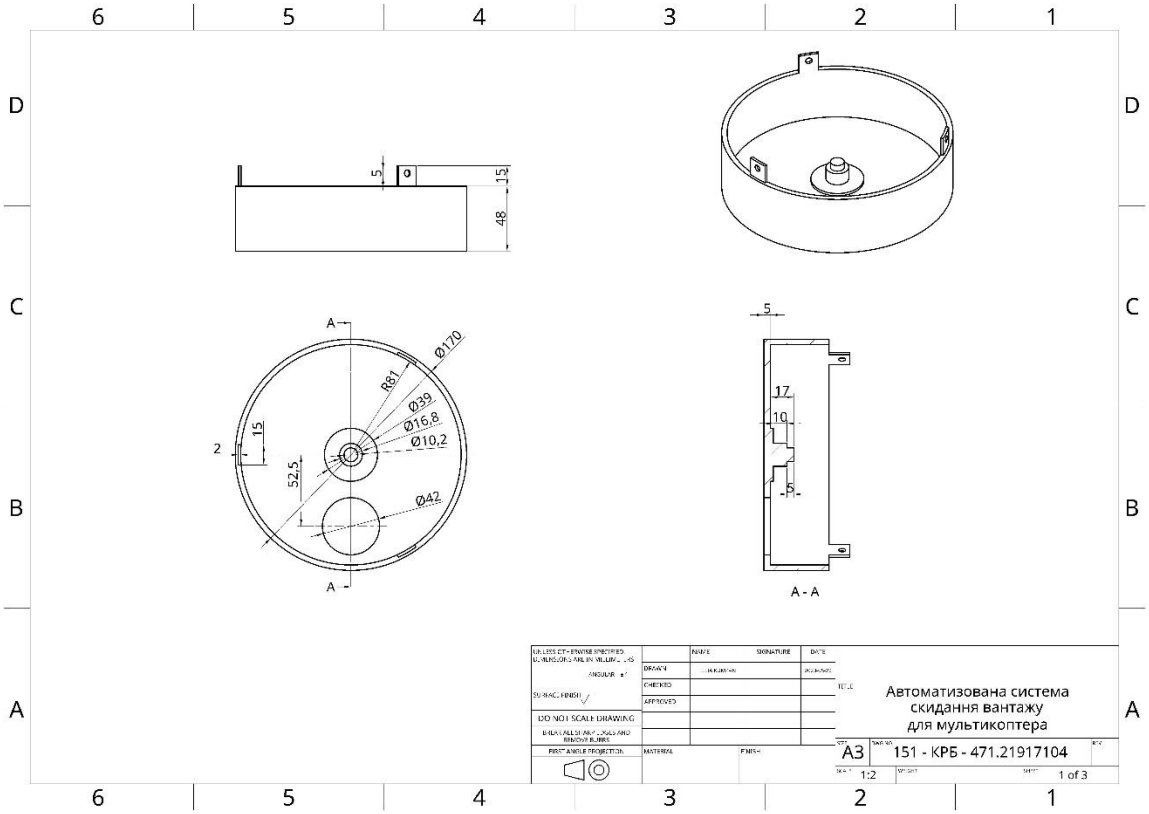


Рисунок 2.7.1 – Креслення нижньої частини конструкції автоматизованої системи скидання вантажу

Особливість другої деталі полягає у розміщені вантажних відсіків навколо вісі обертання. Вісь складається з циліндра діаметром 39 мм та висотою 40 мм. На цьому циліндрі розміщена шестерні, яка має 14 зубців та висоту 52.2 мм. Серводвигун обертає свій вал з шестернею в свою чергу передаючи оберти шестерні на вантажних відсіках.

Вантажі відсіки представляють собою циліндри з внутрішнім діаметром 42 мм та товщиною стінок в 2 мм. Центри циліндрів для вантажу рівновіддалені від центру, вісі обертання на відстані 52.5 мм. Стінки вантажних відсіків доторкаються до сусідніх та з’єднуються з центральним циліндром стінкою довжиною 10.05 мм, товщиною 2 мм та висотою 40 мм. В нижній частині центрального циліндру

знаходиться виріз для монтування підшипника і закріплення на вісі елемента основної частини (Рисунок 2.7.2).

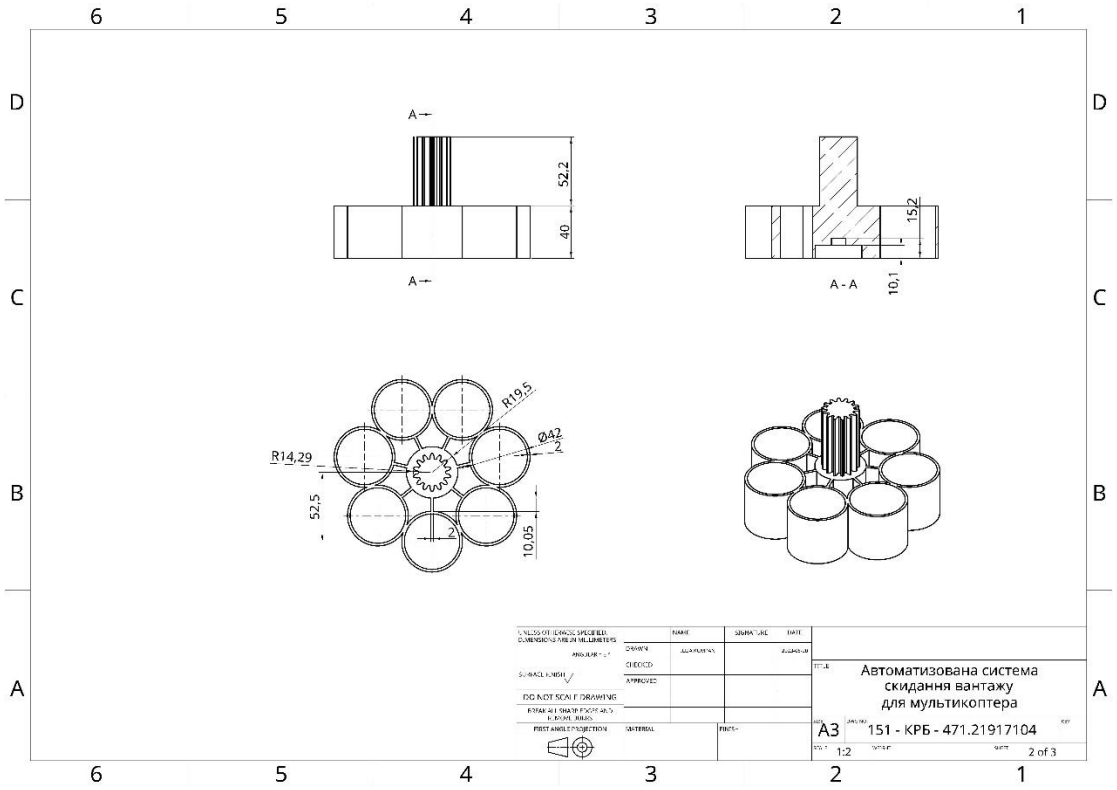


Рисунок 2.7.2 – Креслення вантажних відсіків конструкції автоматизованої системи скидання вантажу

Третя деталь конструкції автоматизованої системи скидання вантажу є кришка. Її ціль не тільки закривати вантажний відсік, а й розміщувати на своїй поверхні мікроконтролер системи скидання та сервопривод для здійснення провертання валу з шестернею. Діаметр кришки становить 170 мм, а товщина – 5 мм. В центрі знаходиться отвір діаметром 30 мм, через який буде проходити шестерня з деталі вантажного відсіку. На поверхні кришки знаходиться спеціальне місце у вигляді коробки для монтування мікроконтролера системи скидання. В одній з стінок знаходиться отвір для з’єднання дротами МК з іншими компонентами. По інший бік деталі знаходиться кріплення для сервопривода. В

кришці присутні три отвори на краях, через які буде проходити кріплення з основної деталі конструкції для закріплення на корпусі квадрокоптера (Рисунок 2.7.3).

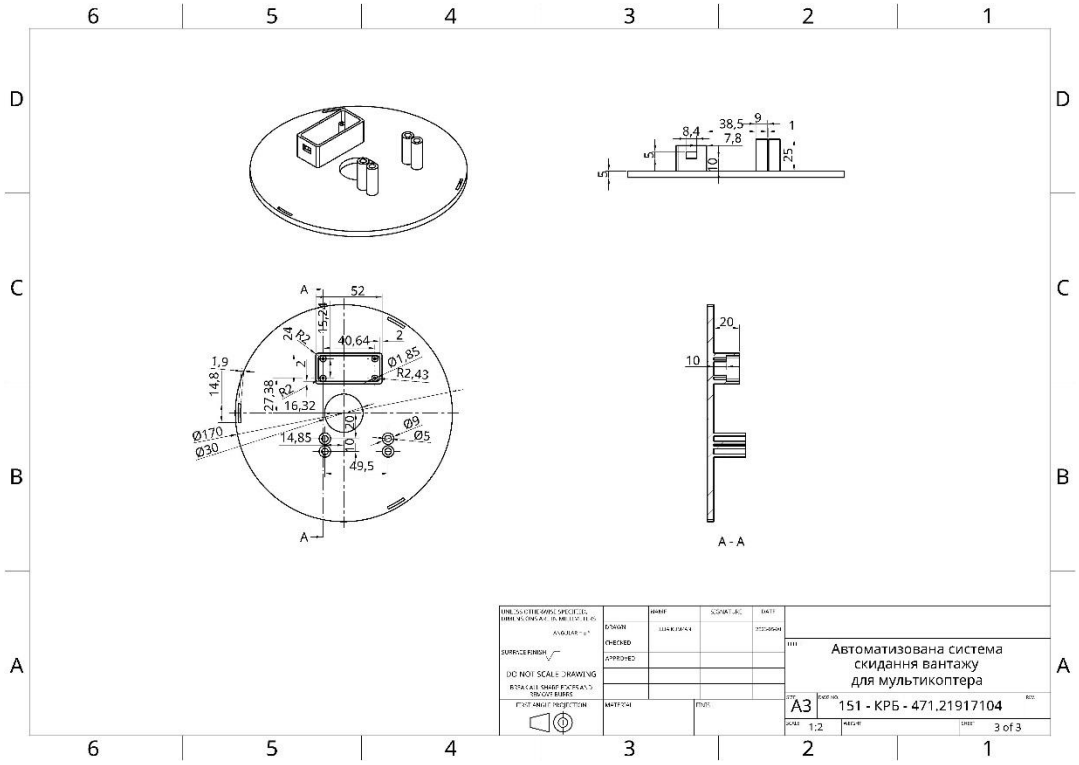


Рисунок 2.7.3 – Креслення кришки конструкції автоматизованої системи скидання вантажу

2.8 3D моделювання

Onshape – це веб-застосунок для автоматизованого проєктування. Широко використовує хмарні обчислення з інтенсивною обробкою та рендерингом. Користувачі можуть взаємодіяти з системою через веб-браузер або програми iOS та Android [29].

Onshape дозволяє командам співпрацювати над єдиним спільним проєктом, так само як кілька авторів можуть працювати разом, редагуючи спільний документ за допомогою хмарних сервісів. Він в основному зосереджений на механічному САПР (MCAD) і використовується для проектування продуктів і машин у багатьох

галузях промисловості, включаючи побутову електроніку, механічне обладнання, медичні пристрої, 3D-друк, деталі машин і промислове обладнання.

Завдяки даній системі було реалізовано 3D модель автоматизованої системи скидання вантажу для квадрокоптера, яка виготовлена з пластику. Моделювання виробу буде проведено в кілька етапів з використанням різних функцій та можливостей системи Onshape, а саме:

– етап перший, створення нижньої частини;
– етап другий, створення вантажних відсіків;
– етап третій, створення кришки.

2.7.1 Створення нижньої частини конструкції

Створюємо «Sketch» вказуючи площину креслення «Top». На скетчі креслимо круг діаметром 170 мм. з центром в центрі площини. Після цього за допомогою інструментом «Extrude» обираємо параметри «Solid», «New», потім обираємо ескіз з колом і задаємо товщину в 5 мм. Зберігаємо зміни і отримуємо готову основу для подальшого моделювання.

Підшипник зменшує зусилля, які прикладаються до предмета. Таким чином його було додано, щоб зменшити силу тертя і зробити навантаження на вал серводвигуна меншим, чим збільшити його термін експлуатації.

Для встановлення підшипника було створено спеціальний вал з основою та пазом, який буде входити у вісь валу корпусу вантажного відсіку. Внутрішній діаметр вальниці дорівнює 17 мм, а зовнішній діаметр – 35 мм, при ширині 10 мм.

Створюємо «Sketch» на площині поверхні основи, яку було створено раніше. Інструментом «Central point circle» креслимо відцентроване коло діаметром 39 мм. Після цього інструментом «Extrude», обираємо ескіз «Підставка для підшипника», та ставимо товщину в 2 мм. Зберігаємо зміни.

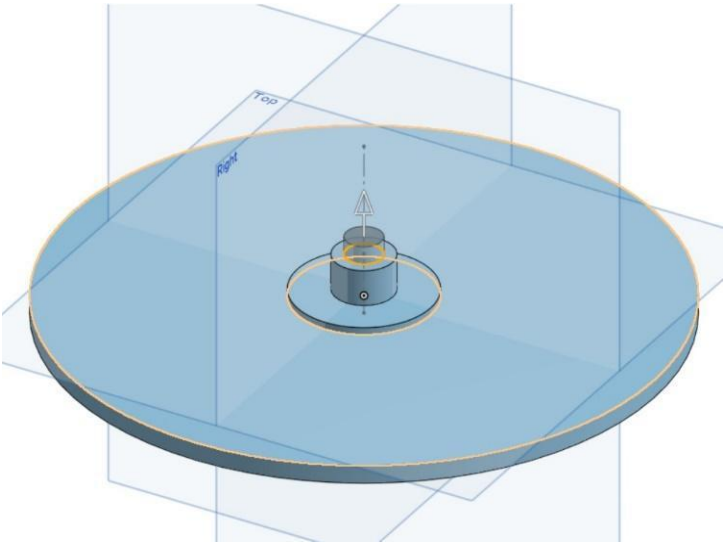


Рисунок 2.8.1 – Вигляд основи нижньої частини з валом для підшипника

На площині підставки-основи створюємо «Sketch», знову беремо інструмент «Central point circle» та креслимо коло діаметром 16.8 мм. Інструментом «Extrude» задаємо об’єм двовимірній фігурі, вказавши висоту 10 мм. Діаметр підшипника і діаметр валу відрізняються на 0.1-0.2 мм. Для цього робиться допуск, щоб не виникало перешкод для моменту при з’єднувані. Це дозволяє деталям входити одна в іншу і при цьому мати щільне з’єднання.

Тепер створюємо «Sketch» на площині поверхні «Top» та беремо інструментом «Center point circle» креслимо відцентроване коло діаметром 10.2 мм. Після чого функцією «Extrude» задаємо розмір цьому ескізу в 5 мм. Таким чином, має вийти кріплення у вигляді двох циліндрів, які знаходяться один на одному, з різними діаметрами, де більший знаходиться знизу (Рисунок 2.8.1).

Наступним кроком буде створення отвору в дні для скидання корисного вантажу, автоматизованою системою. Для цього створюємо «Sketch» та вказуємо поверхню основи (дно), яку було створено напочатку моделювання цієї деталі всього виробу. Далі беремо «Center point circle» та креслимо коло діаметром 42 мм, після чого інструментом «Dimension» вказуємо, що центр накресленого кола й центра площини знаходяться на відстані в 52.5 мм.

В налаштуваннях інструмента «Extrude» вказуємо ескіз з новим накресленим колом та вказуємо деталь з якою працюємо («Part 1»), вказуємо параметри «Solid», «Remove» та зберігаємо зміни. Таким чином, фігура, яка була накреслена була «вирізана» з іншої деталі (Рисунок 2.8.2).

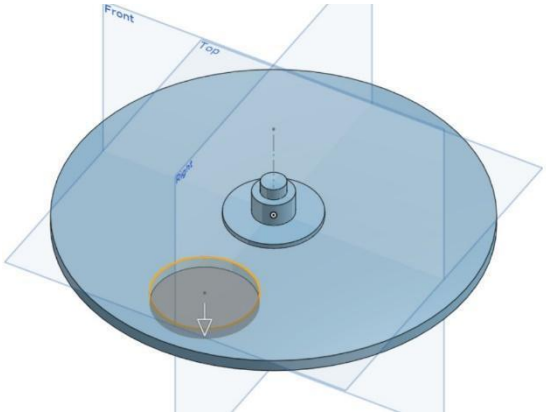


Рисунок 2.8.2 – Моделювання отвору в дні для скидання корисного вантажу

Створюємо «Sketch» на площині дна, після цього беремо інструмент «Center point circle». Креслимо два кола з центрами в точці «Origin» площини, де більше має діаметр 170 мм, а інше креслимо на 8 мм менше діаметром. Після чого беремо інструмент «Dimension» та вказуємо, що відстань між більшим та меншим колом – 4 мм. Далі інструментом «Extrude» обираємо ескіз «Стінки», вказуємо параметри «Solid», «Add» та ставимо величину в 43 мм. Тобто висота стінок корпусу становить 43 мм.

На площині верхньої частини стінок створюємо «Sketch», після чого на внутрішньому краю стіни робимо дві дуги радіусами 81 мм та 83 мм. Після чого замикаємо контур лініями. Довжину такої фігури ставимо інструментом «Dimension» у розмірі 15 мм. Таким чином утворюється фігура довжиною 15 мм й шириною 2 мм на верхній частині стінки (Рисунок 2.8.3).

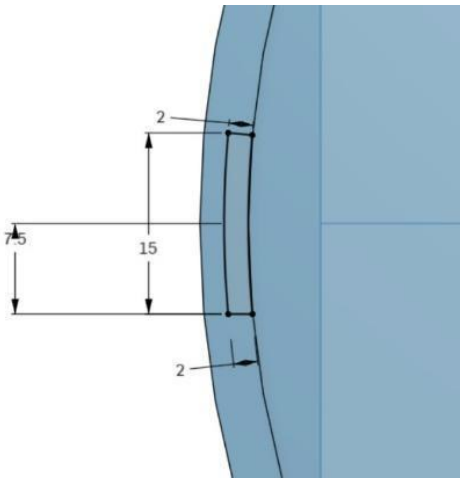


Рисунок 2.8.3 – Ескіз для пазів

Після цього інструментом «Extrude» обираємо креслення пазу, вказуємо параметри «Solid», «New» та вказуємо висоту, на яку буде видавлено – 15 мм. Далі створюємо «Sketch» на площині «Right». Інструментом «Center point Circle» та креслимо коло діаметром 5 мм з центром на осі площини «Front». Вказуємо інструментом «Dimension» відстань між верхом стінки й нижнім краєм кола, 7 мм.

Далі беремо функцією «Extrude» (вказуємо останній «Sketch», параметри «Solid, Remove») ти «вирізаємо» отвір в пазу.

Наступним кроком беремо інструмент «Circular pattern», в налаштуваннях якого обираємо «Part 2» (паз з отвором) для рядка «Entities to pattern», а в рядку «Axis of pattern» – вісь, яка на перетині площини «Front» й «Right». Далі вказуємо кут 360°, а в рядку «Instance count» – 3, зберігаємо параметри. Таким чином було створено три паза, які є ідентичними й розміщені на верхній поверхні стінки рівномірно.

Для об’єднання модель в одну деталь, використовуємо інструмент «Boolen».

2.7.2 Створення вантажного відсіку конструкції

Наступним етапом буде створення вісі на якій буде закріплено вантажні відсіки для корисного вантажу. Потрібно створити:

– вісь з місцем для підшипника;

– пази для з’єднання з корпусом;
– шестерню для взаємодії з серводвигуном;
– відсіки для корисного вантажу.

Створюємо креслення «Вісь» на площині «Top», після чого інструментом «Center point circle» креслимо коло діаметром 39 мм з центром в точці «Origin» площини. Після цього в меню функції «Extrude» вказуємо параметри «Solid», «New» та вказуємо в рядку «Depth» – 40 мм. Таким чином, було створено вісь для вантажних відсіків.

Наступним кроком створюємо креслення «Відсік вантажу» на тій самі площині, що і попередній. Інструментом «Center point circle» креслимо два кола. Перше діаметром 42 мм, інше діаметром 46 мм. Центри цих кіл знаходяться в одній точці, якщо перемістити одне коло – перемітиться й інше. Інструментом «Dimension» вказуємо, що відстань між границями кіл становить 2 мм. Вказуємо відстань між центром кіл для вантажного відсіку да центром валу – 52.5 мм.

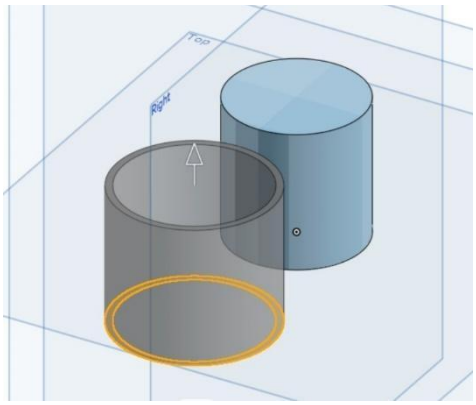


Рисунок 2.9.1 – Вигляд валу й вантажного відсіку

В меню інструмента «Extrude» вказуємо параметри «Solid», «New» та вказуємо в рядку «Depth» – 40 мм.

Надалі створюємо ескіз «Для підшипника» на площині нижньої частини валу. Використовуючи інструмент «Center point circle», креслимо відцентроване коло діаметром 35.2 мм на нижній основі валу. В меню інструмента «Extrude» вказуємо «Solid» та «Remove», обираємо креслення «Для підшипника» в рядку «Face and sketch regions to extrude». В рядку «Depth» ставимо значення 10.1 мм.

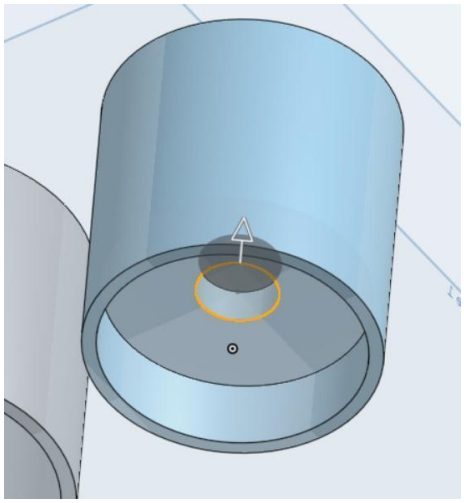


Рисунок 2.9.2 – Вид осі з отвором для підшипника і пазом для з’єднання

Наступним етапом є створення паза, в який з’єднується з валом нижньої частини корпусу. Створюємо креслення «Паз» на площині, яка сформувалась внаслідок утворення простору для підшипника. Інструментом «Center point circle» креслимо коло діаметром 10.8 мм з центром в точці «Origin». Далі в меню функції «Extrude» вказуємо «Solid» та «Remove», обираємо креслення «Паз» в рядку «Face and sketch regions to extrude». Де значення «Depth» дорівнює 5.1 мм.

Для наступного етапу знадобиться інструмент «Plane» та додаткова умовна вісь. Потрібно створити площину, щоб коректно змоделювати стінку між віссю. В меню інструмента «Plane» значенні «Entities» вказуємо площину, паралельно якій буде знаходитись додаткова площина, в даному випадку – «Front plane». В рядку «Offset distance» вписуємо значення 17.8 мм.

Щоб накреслити додаткову умовну вісь, створюємо «Sketch» на площині Front, потім інструментом «Construction» проводимо лінію, яка йде вертикально по центру площини. Ця вісь буде потрібна, щоб в подальшому «розмножити» вантажні відсіки й стінки з’єднання.

Створюємо креслення «Стінка» на площині «Plane 1». Креслимо прямокутник довжиною 40 мм та шириною 2 мм, який знаходиться чітко посередині, де відстань між боковими сторонами і центром дорівнює 1 мм. Варто зазначити, що верхня частина прямокутника знаходиться в одній площині з верхньою частиною вісі й вантажного відсіку. Так само й нижня частина прямокутника, знаходиться в одній площині.

Після цього відкриваємо меню інструмента «Extrude» вказуємо «Solid» та «Add», обираємо ескіз «Стінка» в рядку «Face and sketch regions to extrude». В рядку «Depth» ставимо значення 12.1 мм. Важливим аспектом в даному моменті, буде параметр «Merge scope», де вказуємо вантажний відсік. Так об’єднуємо стінку з вантажним відсіком, щоб далі було легше копіювати (Рисунок 2.9.3).

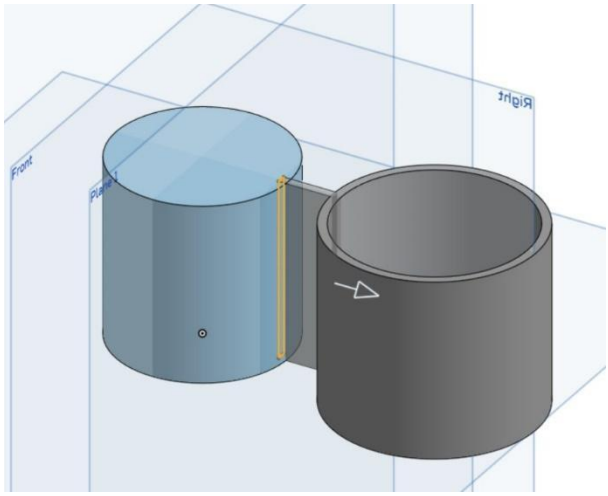


Рисунок 2.9.3 – З’єднання стінкою вантажного відсіку з віссю

Використовуючи інструмент «Circular pattern» в середовищі OnShape можна робити копії елементів, які потрібно розмістити навколо вісі. Так і в даному випадку, в меню цього інструмента вказуємо наступні параметри (Таблиця 2.6)

Таблиця 2.6 – Налаштування інструмента «Circular pattern»

Назва параметру українською	Назва параметру англійською	Значення параметру
Об’єкти для копіювання	Entities to pattern	Part 2
Вісь копіювання	Axis of pattern	Plane 1
Кут	Angle	360°
Кількість копій	Instance count	7
Рівний інтервал	Equal spacing	Ставимо відмітку

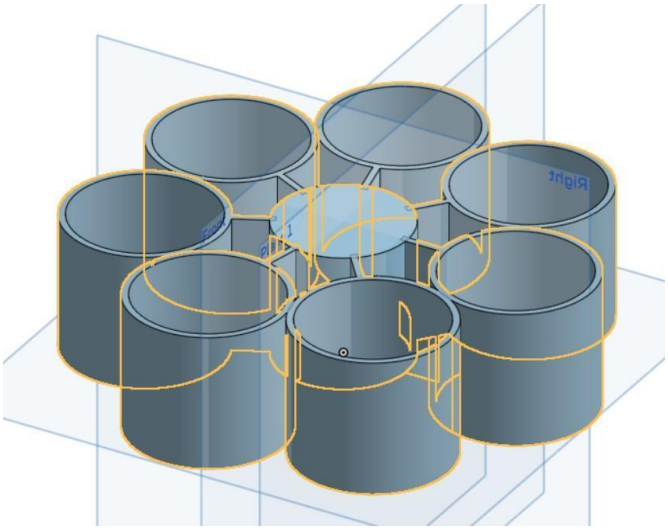


Рисунок 2.9.4 – Вісь з’єднана з вантажними відсіками в одну деталь

Тепер маючи 7 відсіків для вантажу їх потрібно об’єднати з віссю в одну деталь. Для цього є інструмент «Boolean» в середовищі OnShape.

Відкриваємо меню інструмента «Boolean», де в рядку «Tools» додаємо всі «Part» й зберігаємо (Рисунок 2.9.4).

В бібліотеках OnShape можна знайти безліч різних корисних бібліотек з функціями й інструментами для використання у різних проєктах.

Одним з таких інструментів є інструмент «Spur gear», який допомагає створити шестерню вказавши лише потрібні параметри у вікні меню цього інструмента.

Спочатку підготуємо місце, де буде встановлене шестерню. Для цього інструментом «Mate connector» та встановлюємо в центрі верхньої частини вісі. Підписуємо цей з’єднувач «Кріплення для шестерні».

Тепер відкриваємо меню інструмента «Spur gear» та вводимо параметри (Таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 – Налаштування інструмента «Spur gear»

Назва параметру українською	Назва параметру англійською	Значення параметру
Ескіз вершини або точка з’єднання	Sketch vertex or mate connector	Mate connector «Кріплення для шестерні»
Висота	Depth	52.2 мм
Кількість зубців	Number of teeth	14
Передавальне число	Module	1.786
Діаметр шестерні	Pitch circle diameter	25 мм
Кут нахилу	Pressure angle	20°
Основа стрічки	Root fillet	1/3

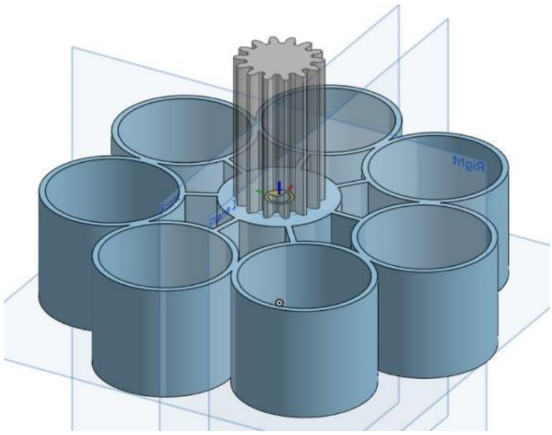


Рисунок 2.9.5 – Приклад розташування шестерні, за допомогою інструмента Spur gear

Виконавши всі налаштування, отримано модель (Рисунок 2.9.5), де шестерня розміщена на верхній частині вісі, але не є одним цілим. Щоб це виправити, потрібно скористатися функцією «Boolean». В меню інструмента вказуємо Part 1 (вісь з вантажними відсіками) й «Spur gear (14 teeth)».

2.7.3 Створення кришки конструкції

Кришка складається: з самої кришки; отворів для пазів призначених для розміщення на борту на квадроптера; кріплення сервопривода; кріплення мікроконтролера. А також з додаткової деталі, у вигляді шестерні для сервопривода, через яку буде здійснюватися передача механічної енергії валу з вантажними відсіками.

Створюємо креслення «Кришка» вказуючи площину «Top». На ескізі креслимо відцентрований круг діаметром 170 мм. Після цього за допомогою інструмента «Extrude» обираємо параметри «Solid», «New». Надалі обираємо креслення з кругом і задаємо товщину в 5 мм. Зберігаємо зміни і отримуємо готову основу для подальшого моделювання.

На площині верхньої частини «Кришки» створюємо креслення «Отвори для пазів», після чого на відстані 2.1 мм від краю кришки, робимо дві дуги радіусами 81 мм та 82.9 мм. Після чого замикаємо контур лініями. Довжину такої фігури ставимо інструментом «Dimension» у розмірі 14.8 мм. Таким чином утворюється фігура довжиною 14.8 мм й шириною 1.9 мм на верхній частині стінки.

Використовуючи інструмент «Circular pattern», копіюємо отвори для пазів. Після цього в меню інструмента «Extrude» обираємо креслення «Отвори для пазів», вказуємо параметри «Solid», «Remove» та «вирізаємо» отвори для пазів в кришці.

В моделюванні конструкції самої кришки є виріз для шестерні валу з вантажними відсіками. Створюємо креслення «Отвір для шестерні» на поверхні кришки, після чого інструментом «Center point circle» креслимо коло діаметром 30 мм з центром в точці «Origin». Наступним кроком є «вирізання» цього отвору за

допомогою інструмента «Extrude», де вказуємо параметри «Solid», «Remove» та обираємо вирізати ескіз «Отвір для шестерні» (Рисунок 2.10.1).

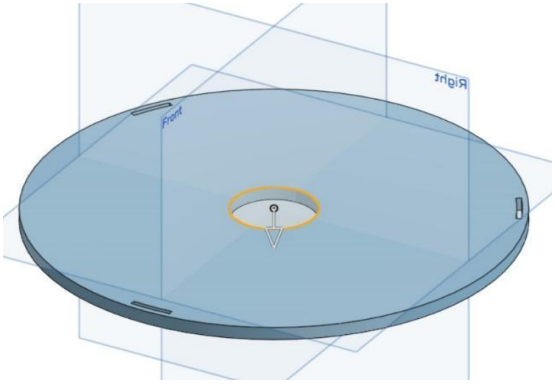


Рисунок 2.10.1 – Кришка виробу з вирізами для шестерні та пазів

Система скидання вантажу знаходиться на борту квадрокоптера, де відбуваються різкі рухи по всім осям руху та існує вплив навколишнього середовища, наприклад, вітру. Для цього сервопривод потрібно зафіксувати на кришці. Створюємо кріплення, детальне креслення якого можна побачити на рисунку 2.10.2.

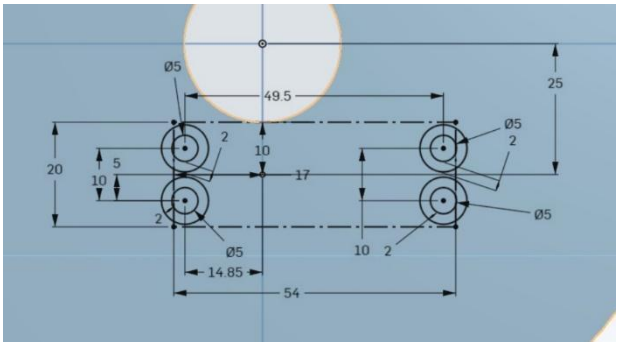


Рисунок 2.10.2 – Креслення кріплення для сервопривода

Знаючи розміри сервопривода, було вирішено розмістити його на такій відстані, щоб шестерні могли працювати у штатному режимі.

Відстань між центрами валів сервопривода й вантажного відсіків становить 25 мм.

Після того, як креслення зроблено, відкриваємо меню інструмента «Extrude». Встановлюємо параметри «Solid», «Add», обираємо скетч з кресленнями й значення «Depth» вводимо 25 мм.

Наступним кроком є створення кріплення для мікроконтролера на кришці. Як і з кріпленням для сервопривода, для мікроконтролера є отвори та стінки, щоб зменшити дію зовнішнього середовища на електроніку, яка знаходиться у відкритому доступі.

На рисунку 2.10.3 зображено креслення кріплення для мікроконтролера Arduino Nano. Заокруглення на кутах було виконано за допомогою інструмента «Sketch Fillet».

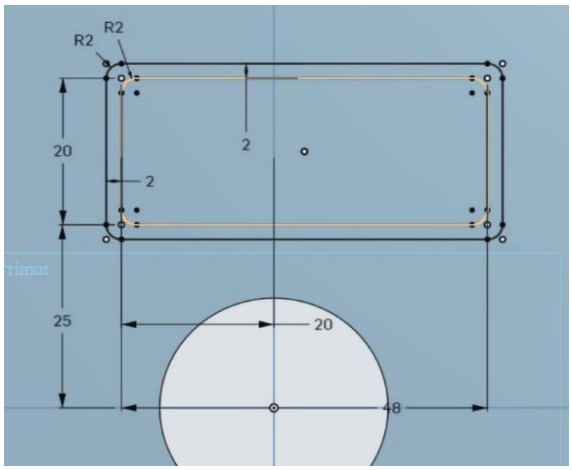


Рисунок 2.10.3 –Креслення кріплення для МК

Під час надання об’єму варто звернути увагу, що висота стінок й висота кріплення має бути різною. Тому для стінок було прийнято встановити висоту в 20 мм, а для кріплень 10 мм.

Для проведення дротів між мікроконтролером та компонентами системми, було створено виріз, розміром 8.4×5 мм. Отвір знаходиться на відстані 10 мм від поверхні кришки, а центр цього прямокутника (отвору) знаходиться на відстані 10 мм від кута стінки.

Останнім кроком залишилось створення шестерні, яка кріпитися на сервопривод. Вона є однакового розміру з шестернею валу. Для початку створимо креслення з точкою «Origin», яка буде слугувати умовною опорою для моделювання шестерні. Відкриваємо меню інструмента ««Spur gear» та вводимо параметри (Таблиця 2.8).

Таблиця 2.8 – Налаштування інструмента «Spur gear»

Назва параметру українською	Назва параметру англійською	Значення параметру
Ескіз вершини або точка з’єднання	Sketch vertex or mate connector	Sketch 1
Висота	Depth	52.2 мм
Кількість зубців	Number of teeth	14
Передавальне число	Module	1.786
Діаметр шестерні	Pitch circle diameter	25 мм
Кут нахилу	Pressure angle	20°
Основа стрічки	Root fillet	1/3
Отвір по центру	Center bore	Ставимо відмітку
Діаметр отвору	Bore diameter	2.6 мм

Модель кришки з кріпленнями для сервопривода й мікроконтролера можна переглянути в Додатку Г. На рисунку зображено як розташовані компоненти на конструкції.

2.9 Розрахунок максимальної ваги корисного вантажу

Так як автоматизована система скидання вантажу з квадрокоптера закріплена на самому коптері – це вимагає точності у розрахунках максимальної ваги корисного вантажу.

При розрахунку максимальної ваги корисного вантажу для квадрокоптера варто враховувати наступні умови:

– максимальна підйомна вага. Необхідно знати технічні характеристики електродвигунів квадрокоптера і знати їх загальну підйомну вагу. Це важливий параметр, оскільки він визначає, скільки ваги здатен підняти коптер;

– маса квадрокоптера;

– вага додаткових компонентів. Якщо планується встановлення додаткових компонентів, таких як камера, додаткові системи та інше;

– запас тяги. Рекомендується залишити деякий запас тяги, щоб мати додаткову стабільність та можливість компенсувати будь-які незбалансованості навантаження або несподівані обставини.

– межі безпеки, а саме дотримання рекомендацій виробника квадрокоптера, що стосуються максимальної ваги польоту;

– режими польоту. Різні режими польоту мають вплив на максимальну вагу корисного вантажу. Наприклад, у режимі стабілізації або позиціонування діють обмеження на максимальну вагу, оскільки квадрокоптер повинен забезпечувати стабільний політ;

– умови польоту. Важливо враховувати умови польоту, такі як вологість, температура повітря, напрям та швидкість вітру та інші фактори, які можуть вплинути на продуктивність мультикоптера та його здатність підняти вагу.

Щоб розрахувати масу конструкції автоматизованої системи скидання вантажу, маємо інструменти в середовищі Onshape, які дозволяють вказувати матеріал, з якого буде виготовлено конструкції. Це в подальшому допомагає оперувати значеннями об'єму конструкції, масами та величинами.

Для початку, в середовищі Onshape, в контекстному меню «Part» обираємо «Edit material…». Після чого вказуємо матеріал ABS. ABS – це акрилонітрилбутадієнстирол, також відомий, як пластик, з якого виготовляють деталі на 3D принтерах й не тільки.

Після вказання матеріалу, з якого буде виготовлятися деталь, відкриваємо меню «Display mass properties» та обираємо «Part». В меню вказано об'єм та масу деталі, враховуючи, що вона буде виконана цільною, без пустот.

Виконавши ряд розрахунків мас окремих елементів конструкції та опираючись на маси обраного компонування, сформовано таблицю. До неї було внесено масу окремих частин та загальну вагу автоматизованої системи скидання вантажу.

Таблиця 2.9 – Маси компонування АСК скидання вантажу для квадрокоптера

Найменування компонента	Маса, кг
Камера	0.828
Корпус	0.213
Вантажний відсік	0.152
Кришка	0.123
Підшипник	0.040
Сервопривід	0.055
Мікроконтролер	0.007
Всього	1.418

З урахуванням умов для безпечного транспортування квадрокоптером, розраховано максимальну вагу вантажу (Таблиця 2.9).

Таблиця 2.10 – Розрахунок максимального корисного вантажу [30, 31].

	DJI Matrice 300 RTK
Максимальна вага вантажу, кг	2.700
Вага АСК скидання вантажу, кг	1.418
Вага корисного вантажу, кг	1.282

Таким чином, максимальна вага корисного вантажу, яку піднімає квадрокоптер DJI Matrice 300 з вмонтованою АСК скидання вантажу становить 1.282 кг.

Висновки до другого розділу

1. Виявивши переваги та недоліки існуючих прототипів, сформовано функціональну схему та алгоритм роботи АСК скидання вантажу для квадрокоптера, описавши принцип роботи системи.

2. Проведено синтез компонування для системи скидання, обравши для неї: мікроконтролер, сервопривод, підшипник, квадрокоптер та електродвигун. Опираючись на компонування, сформовано електричну принципову схему.

3. За допомогою САПР Onshape створено креслення конструкції АСК. На основі цього, було спроєктовано 3D моделі конструкції системи скидання вантажу для квадрокоптера.

4. Проведено розрахунок максимальної ваги вантажу, яку транспортує квадрокоптер.

ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

1. У ході проведення аналізу було опрацьовано наявну інформацію, щодо вже існуючих та діючих прототипів систем скидання й доставки корисного вантажу за допомогою квадрокоптерів. Було проведено патентний пошук на корисну модель. Таким є патент US-9849981-B1 «Payload-release device position tracing». Отримавши наявну інформацію, щодо будови існуючих прототипів, конструкційних особливостей, принципів їх роботи, мету поставлену на дипломну роботу, було сформовано критерії та вимоги автоматизованої системи скидання вантажу.

2. Виявивши переваги та недоліки існуючих прототипів, сформовано функціональну схему та алгоритм роботи АСК скидання вантажу для квадрокоптера, описавши принцип роботи системи. Проведено синтез компонування для системи скидання й сформовано електричну принципову схему. За допомогою САПР Onshape створено креслення конструкції АСК. На основі цього, було спроєктовано 3D модель конструкції АСК скидання вантажу для квадрокоптера. Проведено розрахунок максимальної ваги вантажу, яку транспортує квадрокоптер.

Данні були апробовані на XVII міжнародній науковій конференції «Ольвійський форум – 2023: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Учасники проектів Вікімедіа. Автоматизована система керування. Вебсайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматизована_система_керування (дата звернення: 29.11.2022).

2. Мультикоптер. Вебсайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мультикоптер (дата звернення: 29.11.2022).

3. Дрон. Вебсайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Дрон (дата звернення: 29.11.2022).

4. Основи аерокосмічної техніки. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.Є. Жук. «Харків. авіац. ін-т», 2007. 656 с.

5. A2Z launches multitasking RDSX delivery drone. Вебсайт. URL: https://dronedj.com/2021/09/01/a2z-launches-multitasking-rdsx-delivery-drone/ (дата звернення: 12.12.2022).

6. Flytrex & Aha expand Icelandic drone delivery service | Internet of Business. Вебсайт. URL: https://internetofbusiness.com/flytrex-aha-expand-drone-delivery-service-iceland/ (дата звернення: 12.12.2022).

7. Функціональна схема. Вебсайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Функціональна_схема (дата звернення: 14.12.2022).

8. Шамаю Г. Теорія дрона. Київ : ЦУЛ, 2023. 316 с.

9. Джуніпер А. Дрони. Повне практичне керівництво : енциклопедія. Київ : Колібрі, 2019. 160 с.

10. Лавська Н. Гелікоптери. Київ : Країна мрій, 2019. 80 с.

11. Брук Г. Дрони : енциклопедія. Київ : Країна мрій, 2019. 80 с

12. The aircraft book: the definitive visual history. London : Dorling Kindersley, 2021. 320 с

13. Arduino в україні. Вебсайт. URL: https://arduino.ua/prod3354-teensy-4-0 (дата звернення: 17.12.2022).

14. DCCduino Nano CH340. Вебсайт. URL: https://www.mini-tech.com.ua/arduino-nano-ch340 (дата звернення: 17.12.2022).

15. Nano плати ардуіно. Вебсайт. URL: https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Nano (дата звернення: 17.12.2022).

16. WiFi Плата NodeMCU V2 ESP8266 (CP2102). Вебсайт. URL: https://arduino.ua/prod1495-wifi-plata-nodemcu-v2-esp8266-cp2102 (дата звернення: 17.12.2022).

17. Сервопривод MG995 Tower Pro 180°. Вебсайт. URL: https://www.robostore.com.ua/ua/detali-i-komplektuyushie-dlya-robototehniki/servoprivody/servoprivod-mg995-tower-pro-180/ (дата звернення: 17.12.2022).

18. Сервопривод MG995 Tower Pro 180°. Вебсайт. URL: https://www.robostore.com.ua/ua/detali-i-komplektuyushie-dlya-robototehniki/servoprivody/servoprivod-mg995-tower-pro-180/ (дата звернення: 17.12.2022).

19. Сервопривод MG995 Tower Pro 360°. Вебсайт. URL: https://www.robostore.com.ua/ua/detali-i-komplektuyushie-dlya-robototehniki/servoprivody/servoprivod-mg995-tower-pro-360/ (дата звернення: 17.12.2022).

20. Сервопривод SG90 9g 180°. Вебсайт. URL: https://www.robostore.com.ua/ua/detali-i-komplektuyushie-dlya-robototehniki/servoprivody/servoprivod-sg90-9g-180/ (дата звернення: 17.12.2022).

21. Підшипник 6003 2RS (180103). Вебсайт. URL: https://istok.kh.ua/ua/p1714436362-podshipnik-6003-2rs.html (дата звернення: 17.12.2022).

22. Підшипник 6-180016C17. Вебсайт. URL: https://istok.kh.ua/ua/p1143240216-podshipnik-180016s17-606.html (дата звернення: 17.12.2022).

23. Квадрокоптер (дрон) DJI Matrice 300. Вебсайт. URL: https://ek.ua/ua/ek-item.php?resolved_name_=DJI-MATRICE-300&view_=tbl (дата звернення: 17.12.2022).

24. Квадрокоптер (дрон) DJI Matrice 30T. Вебсайт. URL: https://ek.ua/ua/ek-item.php?idg_=2244529&view_=tbl (дата звернення: 17.12.2022).

25. Yuneec h850-rtk. Вебсайт. URL: https://shop.yuneec.com/eu/h850-rtk-drone/h850-rtk/ (дата звернення: 17.12.2022).

26. Електродвигун iFlight XING-E Pro. Радіокеровані моделі та аксесуари: інтернет магазин радіокерованих моделей, радіокеровані моделі літака - modelistam.com.ua. URL: https://modelistam.com.ua/ua/elektrodvigateli-iflight-xing-pro-2207-race-p-44102/ (дата звернення: 01.06.2023).

27. Мотор T-Motor Antigravity MN6007. Радіокеровані моделі та аксесуари: інтернет магазин радіокерованих моделей, радіокеровані моделі літака - modelistam.com.ua. URL: https://modelistam.com.ua/ua/motor-motor-antigravity-mn6007-k320-dlya-p-47041/ (дата звернення: 01.06.2023).

28. Мотор T-Motor F60 PR. Радіокеровані моделі та аксесуари: інтернет магазин радіокерованих моделей, радіокеровані моделі літака. URL: https://modelistam.com.ua/ua/motor-motor-f60-pro-22075-1750k-dlya-p-47250/ (дата звернення: 01.06.2023).

29. Onshape. Вебсайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Onshape (дата звернення: 18.12.2022).5

30. Technische Daten - MATRICE 300 RTK - DJI Enterprise. DJI. URL: https://enterprise.dji.com/matrice-300/specs (дата звернення: 01.06.2023).

31. Інтелектуальний акумулятор TB60 для Matrice 300 RTK. WeEnergy LLC. URL: https://airunit.com.ua/dji-enterprise/matrice-300-rtk/tb60-intelligent-flight-battery/ (дата звернення: 01.06.2023).

ЗМІСТ

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО СЕРЕДОВИЩА .....**Error! Bookmark not defined.**

3.1 Вплив шуму на працівників підприємства ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Вплив шуму від мультикоптерів, БПЛА та інших літальних апаратів на людину..... **Error! Bookmark not defined.**

3.3 Безпека використання мультикоптерів та БПЛА .....**Error! Bookmark not defined.**

Висновки до третього розділу ..... **Error! Bookmark not defined.**

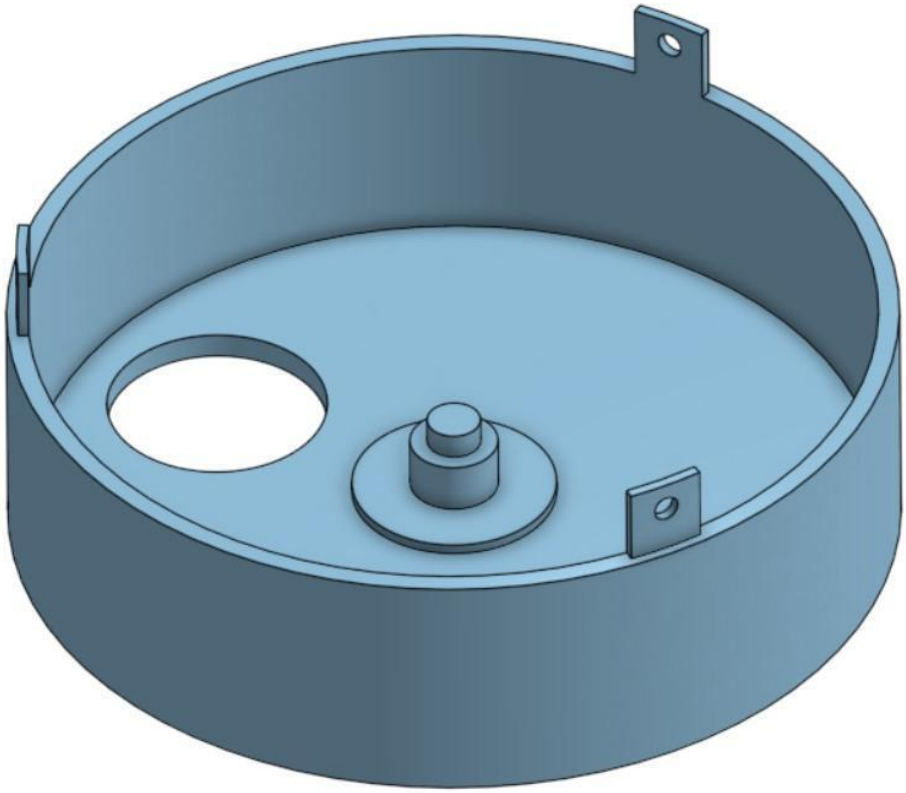
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 66

Додаток А

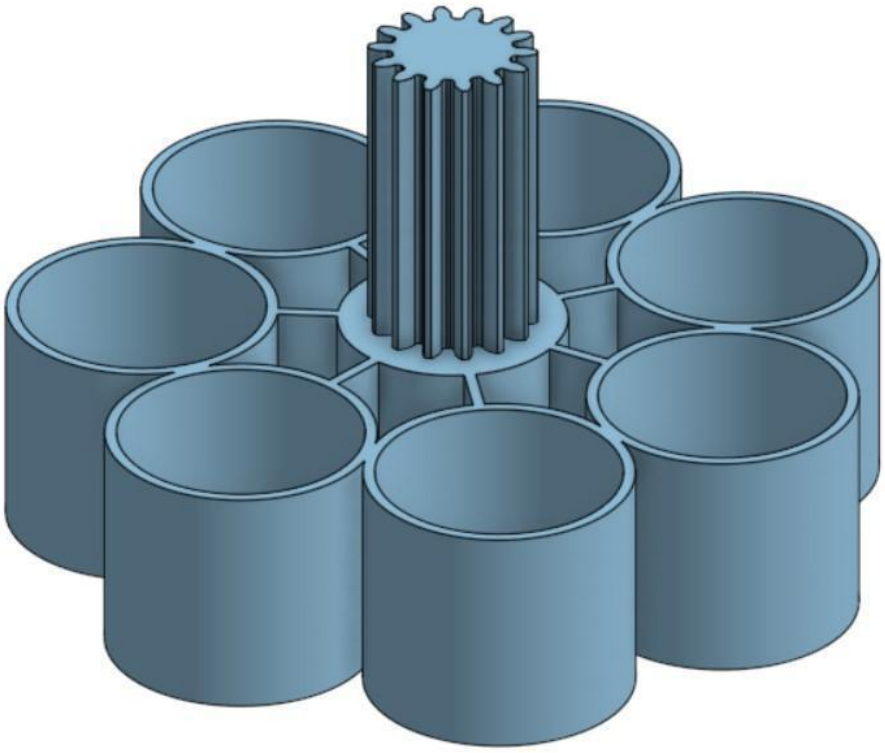
Програмний код для мікроконтролера АСК скидання вантажу для мультикоптера

```
#include <Servo.h>

Servo myservo;  // створюємо об'єкт для керування ним

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(12); // підключаємо сервопривід до виходу 12

}
void loop ()
{
  Serial.println("0");
  myservo.write(51.43);// прокручування валу сервопривода
  delay(100);
  myservo.detach();
}
```

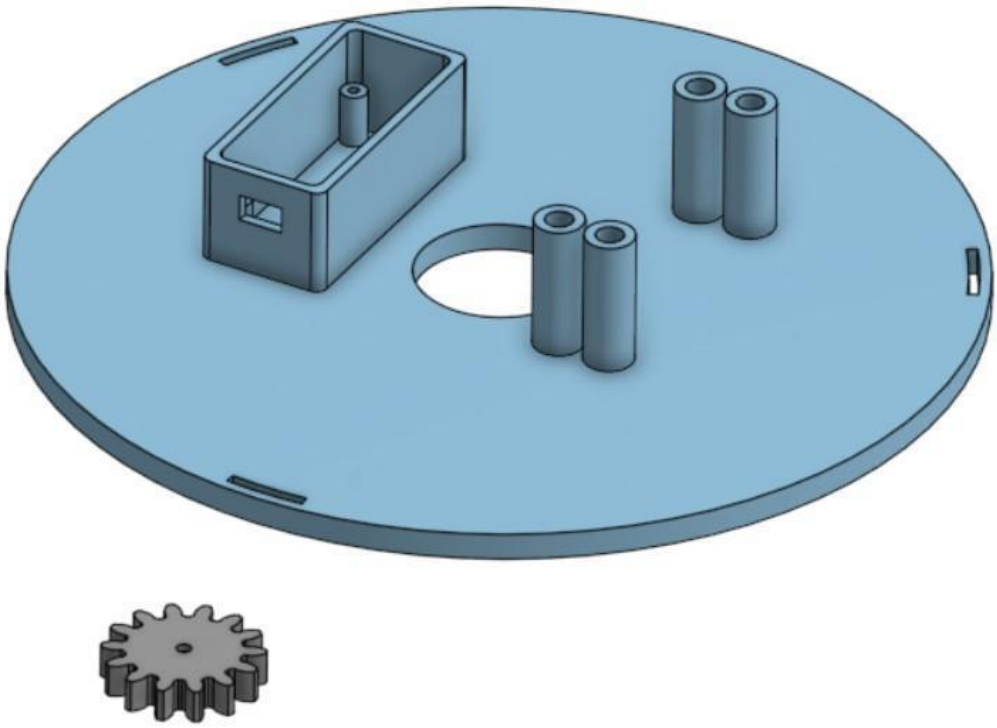
Додаток Б



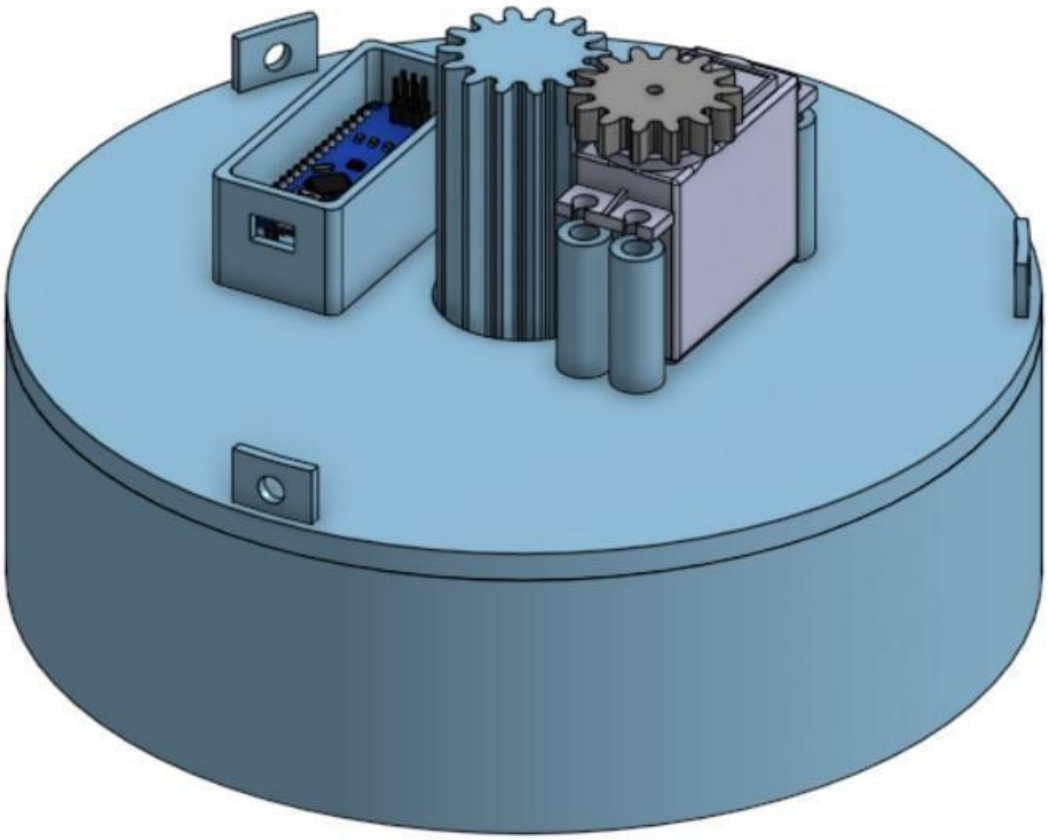
Додаток В



Додаток Г



Додаток Ґ



Додаток Д

Характеристики мікроконтролерів [8-11]

	DCCduino Nano	ESP8266	Arduino Nano	Teensy 4.0
Робоча напруга, В	5	5	5	3.3
Рекомендована .напруга, В	7-11	4.5-9	6-12	2.5-3.6
Напруга, мА	<40	<170	<40	<100
К-ть цифрових входів/виходів, шт.	14	5	14	14
Аналогові входи, шт.	8	1	8	2
ОЗУ, Кб	2	32	2	512
Флеш-пам’ять, Кб	32	<512	32	64
Тактова частота, МГц	16	80-160	16	600
Розміри, мм	18.5×42	48×26	18.5×45	36.8×18
Вага, г	7	18	7	2.8

Додаток Е

Характеристики сервоприводів [12-15]

	SG90 9g 180°	MG995 Tower Pro 360°	MG995 Tower Pro 180°	MG90S Micro 180°
Напруга живлення, В	3.5-5	4.2-7.2	4.2-7.2	4.8-6
Кут повороту, °	180	360	180	180
Навантаження на вал при живленні в 4,8 В, кг/см	2	9	9	1.8
Робоча швидкість при живленні в 4,8 В, мс/180°	360	510	510	300
Розміри, мм	33×30×13	40×19×42	40×19×42	32×32×13
Вага, г	9	55	55	13.6

Додаток Є

Розміри підшипників [16, 17]

	A	B
Внутрішній діаметр, мм	6	17
Ширина, мм	6	10
Зовнішній діаметр, мм	17	35
Вага, г	6	40

Додаток Ж

Технічні характеристики мультикоптерів [18-20]

	DJI Matrice 300 RTK	DJI Matrice 30T	Yuneec H850-RTK
Вага, кг	6.300	3.770	5.800
Максимально допустиме навантаження, кг	2.700	0.230	3.000
Дальність польоту, км	15	15	15
Камера	вбудована; знімна	вбудована	знімна
Підсвітка корпусу	вбудована	вбудована	відсутня
Напруга живлення, В	52.8	26.1	23.1
Кількість гвинтів, шт	4	4	6

Додаток З

Технічні характеристики безщіткових електродвигунів [21-23]

	Двигун А	Двигун В	Двигун С
Вага, г	33.8	35.1	180
Потужність, Вт	800	950	936
Тяга, г/Вт	2.12	2.21	5.89
Макс. підйомна вага, г	1700	2 100	5 520
Напруга живлення, В	18.5	18.5 – 22.2	22.2

Додаток И

Налаштування інструмента «Circular pattern»

Назва параметру українською	Назва параметру англійською	Значення параметру
Об’єкти для копіювання	Entities to pattern	Part 2
Вісь копіювання	Axis of pattern	Plane 1
Кут	Angle	360°
Кількість копій	Instance count	7
Рівний інтервал	Equal spacing	Ставимо відмітку

Додаток І

Налаштування інструмента «Spur gear 1»

Назва параметру українською	Назва параметру англійською	Значення параметру
Ескіз вершини або точка з’єднання	Sketch vertex or mate connector	Mate connector «Кріплення для шестерні»
Висота	Depth	52.2 мм
Кількість зубців	Number of teeth	14
Передавальне число	Module	1.786
Діаметр шестерні	Pitch circle diameter	25 мм
Кут нахилу	Pressure angle	20°
Основа стрічки	Root fillet	1/3

Додаток Ї

Налаштування інструмента «Spur gear 2»

Назва параметру українською	Назва параметру англійською	Значення параметру
Ескіз вершини або точка з’єднання	Sketch vertex or mate connector	Sketch 1
Висота	Depth	52.2 мм
Кількість зубців	Number of teeth	14
Передавальне число	Module	1.786
Діаметр шестерні	Pitch circle diameter	25 мм
Кут нахилу	Pressure angle	20°
Основа стрічки	Root fillet	1/3
Отвір по центру	Center bore	Ставимо відмітку
Діаметр отвору	Bore diameter	2.6 мм

Додаток Й

Маси компонування АСК скидання вантажу для квадрокоптера

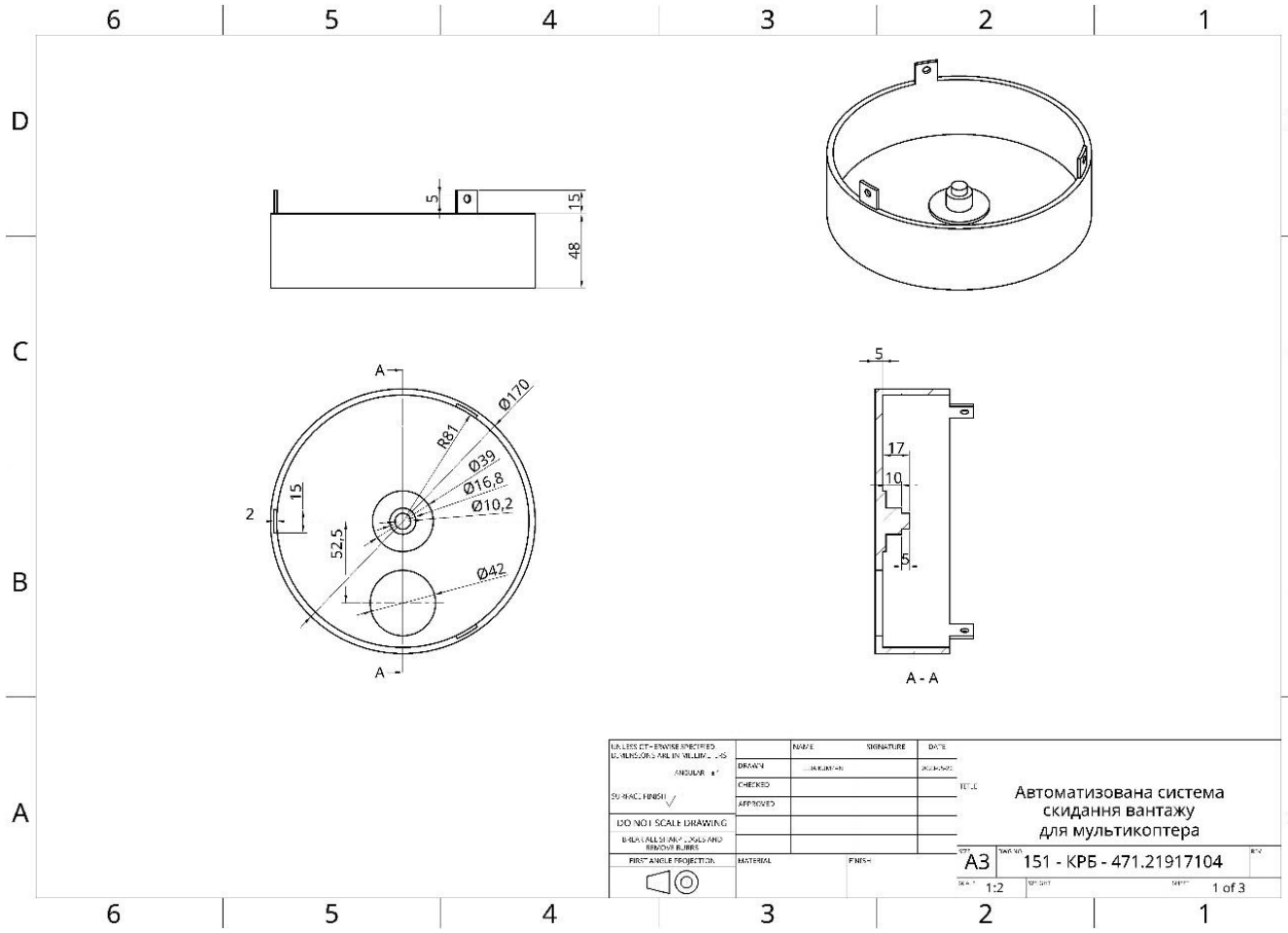
Найменування компонента	Маса, кг
Камера	0.828
Корпус	0.213
Вантажний відсік	0.152
Кришка	0.123
Підшипник	0.040
Сервопривід	0.055
Мікроконтролер	0.007
Всього	1.418

Додаток К

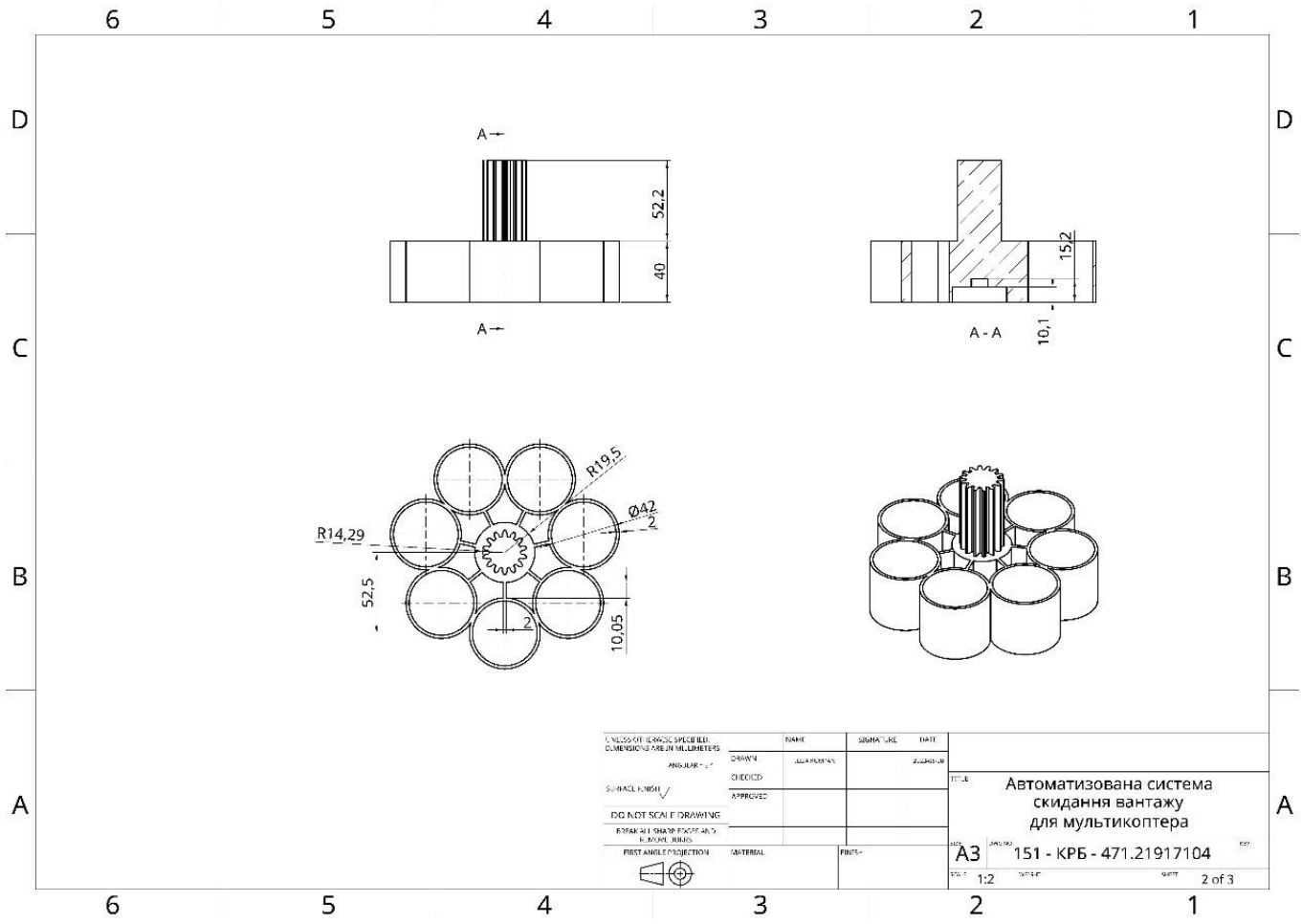
Розрахунок максимального корисного вантажу [25, 26].

	DJI Matrice 300 RTK
Максимальна вага вантажу, кг	2.700
Вага АСК скидання вантажу, кг	1.418
Вага корисного вантажу, кг	1.282

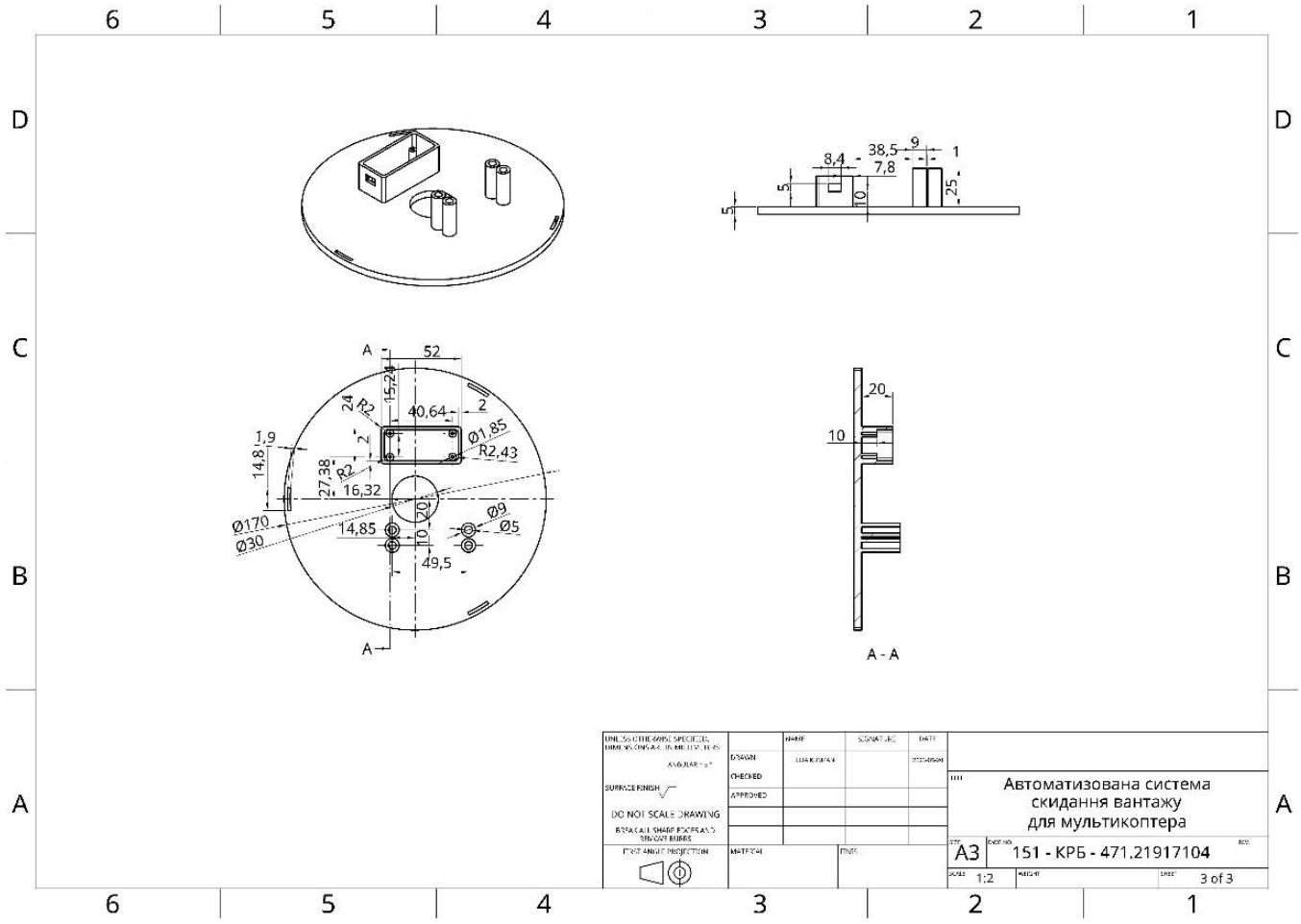
Додаток Л


6
5
4
3
2
1
D
C
B
A
5
15
48
A
Ø170
R81
Ø39
Ø16,8
Ø10,2
Ø42
15
52,5
2
5
17
10
5
A - A
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
CHECKED
APPROVED
DO NOT SCALE DRAWING
FIRST ANGLE PROJECTION
MATERIAL
FINISH
Автоматизована система скидання вантажу для мультикоптера
A3
151 - КРБ - 471.21917104
1:2
1 of 3

Додаток М


A
52,2
40
A
A - A
15,2
10,1
R19,5
Ø42
2
R14,29
52,5
2
10,05
Автоматизована система
скидання вантажу
для мультикоптера
A3
151 - КРБ - 471.21917104
1:2
2 of 3

Додаток Н


8,4
38,5
7,8
9
1
5
10
25
5
A
52
15,24
24
R2
40,64
2
Ø1,85
R2,43
1,9
14,8
2
27,38
R2
16,32
Ø170
Ø30
20
14,85
10
Ø9
Ø5
49,5
A
20
10
A - A
Автоматизована система
скидання вантажу
для мультикоптера
A3
151 - КРБ - 471.21917104
1:2
3 of 3

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
т. в. о завідувача кафедри АКІТ
кандидат технічних наук, доцент

_____М. І. Сідєлєв

«___» _____2023 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СКИДАННЯ ВАНТАЖУ ДЛЯ МУЛЬТИКОПТЕРА

Спеціальна частина з охорони праці та організація безпечного середовища

151 – КРБ – 471.21917104

Студент _____ І.Д. Кумпан
«___»_____2023 р.

Керівник старший викладач _____ В.М. Шенкевич
«___»_____2023 р.

Консультант кандидат технічних наук, доцент _____А.О. Алексєєва
«___»_____2023 р.

Миколаїв – 2023

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці – це система заходів, правил і практик, спрямованих на збереження здоров'я та безпеки працівників на робочому місці. Основна мета охорони праці полягає в запобіганні нещасним випадкам, професійним захворюванням, травмам та іншим негативним наслідкам, пов'язаним з працею.

Охорона праці включає широкий спектр дій і політик, таких як:

1. визначення і контроль ризиків. Оцінка ризиків, пов'язаних з робочими процесами, матеріалами, устаткуванням і оточуючим середовищем. Здійснюється контроль над ризиками шляхом застосування безпечних робочих методів і технологій, а також за допомогою інженерних заходів і персонального захисту;

2. навчання та інформування. Працівники повинні бути наділені необхідними знаннями і навичками, щоб працювати безпечно. Це включає навчання з питань безпеки та здоров'я на робочому місці, інструктажі з правил безпеки, проходження тренінгів з використання захисного обладнання та інше;

3. медичний контроль. Забезпечення проведення медичних оглядів працівників для виявлення можливих захворювань або проблем, пов'язаних з роботою. Це дозволяє вчасно виявляти і лікувати професійні захворювання, а також забезпечує відповідність працівників медичним вимогам;

4. управління надзвичайними ситуаціями. Розробка планів дій в разі виникнення пожеж, аварій, евакуації та інших надзвичайних ситуацій. Це включає навчання працівників з правил поведінки в надзвичайних ситуаціях, забезпечення наявності необхідних засобів пожежогасіння, планування евакуаційних маршрутів та організацію тренувань на випадок надзвичайних ситуацій;

5. внутрішній контроль і аудит. Проведення регулярних перевірок і оглядів робочих місць, систем безпеки та дотримання вимог охорони праці. Це допомагає ідентифікувати потенційні проблеми, виявляти порушення та вживати заходів для їх виправлення;

Охорона праці важлива, оскільки вона забезпечує належні умови праці, знижує ризик нещасних випадків та професійних захворювань, покращує загальний стан здоров'я працівників та сприяє підвищенню продуктивності. Вона також є вимогою законодавства багатьох країн і виконується з метою дотримання прав працівників і забезпечення безпечного і здорового робочого середовища.

Мультикоптери генерують шум під час роботи своїх пропелерів або електродвигунів. Шум утворюється через обертання пропелерів, які створюють турбулентні потоки повітря, що приводить до звукових коливань.

У великих дозах та при порушеннях норм шум від мультикоптерів може стати шкідливим для людського організму з декількох причин:

1. Високий рівень шуму може викликати незручність, роздратування та стрес у людей, особливо якщо вони перебувають біля мультикоптера протягом тривалого часу.

2. Довготривале викладання шуму високої інтенсивності може призвести до пошкодження слуху і спричинити проблеми зі слухом, такі як тимчасова або постійна втрата слуху.

3. Шум може мати негативний вплив на загальний стан здоров'я людини, включаючи збільшення ризику серцево-судинних захворювань, погіршення сну, вплив на концентрацію та роботу нервової системи.

3.1 Вплив шуму на працівників підприємства

Шум як професійний фактор спостерігається у промисловості, на транспорті, у сільському господарстві тощо. З кожним роком збільшується кількість професій, пов'язаних із шумом, а зростаюча спеціалізація праці веде до збільшення тривалості його впливу на людину.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки (їх сукупність), які заважають нормально працювати, сприймати потрібні звуки, відпочивати. Шум несприятливо впливає на людину і може спричинити хворобливі наслідки: з'являються симптоми перевтоми, послаблюється увага, підвищується нервова збудливість, знижується працездатність, порушується робота шлунково-кишкового тракту. Для оцінки шуму прийнято вимірювати його інтенсивність і звуковий тиск не абсолютними фізичними величинами, а відношеннями цих розмірів до умовного нульового рівня, що відповідає порогові чутливості стандартного тону, частотою 1000 Гц. Ці відношення називають рівнями інтенсивності і звукового тиску та виражені вони в белах (Б). На практиці використовують одиницю в десять разів меншу за бел – децибел (дБ). Органи слуху людини відчувають зміни гучності в 1 дБ [1].

У людини, яка перебуває протягом 6-8 годин під дією шуму інтенси-вністю 90 дБ, наступає помірне зниження слуху, яке проходить через го-дину після припинення його дії.

Шум, що перевищує 120 дБ, дуже швидко викликає у людини втому, головний біль, порушує серцевий ритм, змінює кров'яний тиск, погіршує роботу органів дихання, негативно впливає на психіку. Чим вищий рівень шуму, тим згубніше він діє на людину. При великій інтенсивності шум викликає вібрацію в кістках черепа і зубах, в м' яких тканинах носа і гортані [2].

Високий рівень шуму спостерігається при обробці металів різанням. Найвищий рівень шуму – у цехах холодного висаджування (101-105 дБ), цвяхівних (104-110 дБ), полірування швів (115-117 дБ), токарно-револьверних (84-88 дБ), фрезерних верстатів (93-95 дБ). На робочих місцях ковалів-штампувальників рівень шуму становить 110-115 дБ. Інтенсивний шум з'являється при обрубуванні та очищенні лиття, роботі пневматичних трамбівок, вибивних решіток тощо. У гірничорудній і вугільній промисловості шум, що утворюється відбійними молотками, за рівнем інтенсивності досягає 92-109 дБ, під час роботи пневматичних перфораторів – 114-127 дБ. У текстильній промисловості найвищий рівень шуму у ткацьких цехах (94-104 дБ), на робочих місцях швачок-мотористок швейних фабрик він становить 90-95 дБ. За санітарними нормами 80 дБ – допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства.

Вплив шуму на організм людини часто посилюється й іншими виробничими факторами: вібрацією, інфра- і ультразвуком, несприятливим мікрокліматом, токсичними речовинами, випромінюванням тощо. На сучасному виробництві шум часто є причиною зниження рівня працездатності, підвищення рівня загальної і професійної захворюваності, частоти виробничих травм.

Шум як стрес – фактор є загальнобіологічним подразником, який негативно впливає на всі органи і системи організму. У разі тривалого систематичного впливу шуму може виникнути патологія з переважним ураженням слуху, центральної нервової і серцево-судинної систем. В основі змін є складний механізм нервово-рефлекторних і нейрогуморальних порушень, які можуть призвести до порушення регуляторних процесів з боку центральної нервової системи.

У працівників з невеликим стажем роботи зміни з боку нервової системи спостерігаються частіше, ніж у слуховому аналізаторі. У них з'являється головний біль, апатія, підвищуються стомлюваність, подразливість. У працівників із стажем роботи 10 років і більше ці зміни посилюються.

Тривалий та інтенсивний шум негативно відбивається на здоров'ї людини, її працездатності. Тривала дія шуму викликає загальну втому, може поступово призвести до втрати слуху і до глухоти. Під втратою слуху розуміють збільшення порогу чутливості на визначеній частоті, тобто незворотне(стійке) зниження гостроти слуху від дії шуму.

Якщо втрата слуху на мовних частотах складає 10-20 дБ, то це легке зниження слуху (1 ступінь); 21-30 дБ – помірне зниження слуху(2 ступінь); 31 дБ і більше – значне зниження слуху (3 ступінь).

При систематичній дії сильних шумів і при недостатньому часі на відпо-чинок, коли під час відпочинку не встигає повністю відновитись слухова сенсорна система, наступає стійке зниження слуху. При цьому послаблюється увага і гальмуються психофізіологічні реакції. За цих причин шум сприяє ви-никненню нещасних випадків.

Шум посилює дію шкідливих професіональних факторів: на 10-15% підвищує загальну захворюваність, понижує продуктивність праці. Для збереження продуктивності праці людина повинна затрачувати на 10-20% більше фізичних і нервових зусиль.

Водночас, шум може впливати на людину і позитивно, наприклад, шелест листя дерев, приємна музика тощо. Шум відіграє велику роль в акустиці, радіотехніці, радіоастрономії, діагностиці. Абсолютна тиша теж негативно відбивається на здоров'ї, почуттях і працездатності людини.

Боротьба з шумом на виробництві є однією з найскладніших проблем, оскільки джерела шуму різноманітні й потребують комплексу заходів технічного, організаційного і медичного характеру на всіх стадіях проектування, будівництва, експлуатації машин і устаткування.

При виконанні визначених завдань рівень шуму не повинен перевищувати:

– 40 дБА – роботи, пов'язані з розробкою концепцій, викладацька, творча діяльність;

– 50 дБА – розумова праця, керування виробництвом;

– 55 дБА– висококваліфікована робота у приміщенні;

– 65 дБА – розумова робота за індивідуальним планом, машинна графіка.

Знизити рівні шуму на робочих місцях можливо за рахунок:

– зменшення рівня шуму у джерелі виникнення, застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів;

– виконання робіт зі звукоізоляції устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо;

– використання засобів індивідуального захисту.

Для забезпечення оптимальних умов праці та відпочинку людей для міст нормується шум транспорту, що не повинен перевищувати: для легкових авто-мобілів - 77 дБА, вантажних автомобілів - 79-84 дБА, автобусів – 83 дБА.

Нормування шуму проводиться за двома методами: нормування за граничним спектром шуму та нормування рівня звуку в дБА. Перший метод нормування є основним для постійних шумів. Рівні звукового тиску нормуються в октавних смугах частот. Октавна смуга частот (октава) – діапазон частот, у якому верхня гранична частота вдвічі більша за нижню граничну частоту. Октава характеризується середньо геометричним значенням частоти. Частотний діапазон чутності органа слуху людини розподілений на дев'ять октав із середньо-геометричними частотами від 31.5 до 8000 Гц. Сукупність гранично допустимих рівнів звукового тиску в дев'яти октавних смугах часто і є граничним спектром шуму. Кожний із граничних спектрів має свій індекс, який вказує на допустимий рівень звукового тиску в октавній смузі при певній базо-вій частоті, наприклад, ГС 86, де 86 – допустимий рівень звукового тиску на робочих місцях проектно-конструкторських бюро в октавній смузі з середньо-геометричним значенням базової частоти 31.5 Гц. Зі зростанням частоти допу-стимі

рівні зменшуються (на тому ж робочому місці при середньо геометрич-ному значенні базової частоти 2000 Гц рівень звукового тиску повинен становити 42 дБ).

Максимальний рівень шуму, що коливається в часі та переривається, не повинен перевищувати 110 дБА. Максимальний рівень для імпульсного шуму не повинен перевищувати 125 дБА.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях визначаються ДСН 3.3.6–037-99, ГОСТ 12.003–83, ССБТ «Шум. Загальні вимоги безпеки».

Допустимі рівні шуму залежать від важкості та напруженості роботи. Наприклад, при дуже напруженій легкій роботі чи роботі середньої важкості рівень шуму неповинен перевищувати 50 дБА, а при цих же роботах малої напруженості – 80 дБА.

Максимальна величина інтенсивності шуму в жилих приміщеннях, яка не впливає на організм людини, становить 30 дБА в нічний час і 35 дБА - протягом дня(СНиП 2-12-77).

3.2 Вплив шуму від мультикоптерів, БПЛА та інших літальних апаратів на людину

Використання літальних апаратів з кожним днем збільшується. Це пов'язано з розвитком інфраструктури, технічним прогресом та з тенденцією збільшення доступності мультикоптерів для особистого використання.

Мультикоптери впроваджуються в сферу послуг, де служать на благо людей. До прикладу, використання квадрокоптера для доставки вантажу клієнтам. Але потрібно розуміти, що БПЛА несуть як користь, так і небезпеку.

Важливо враховувати наслідки використання мультикоптерів на здоров'я людей та навколишнього середовища, таких як шум.

Мультикоптери, БПЛА та інші літальні апарати виробляють шум під час своєї роботи. Шум може мати негативні наслідки як для людей, так і для дикої тварини та природи. Існує кілька основних чинників, які впливають на рівень шуму, створюваного цими апаратами:

– ротори. Мультикоптери та БПЛА зазвичай працюють за допомогою електричних роторів, які можуть генерувати шум під час руху повітря. Залежно від конструкції, розміру і типу мультикоптера шум може бути значною проблемою;

– швидкість та висота. Більш великі літальні апарати зазвичай працюють на вищих швидкостях і в більшій висоті, що може підвищити рівень шуму. За низьких висот і великій кількості польотів в місцях зі сконцентрованою житловою забудовою, це може викликати дискомфорт та впливати на якість життя мешканців;

– типи рейсів. Використання мультикоптерів та БПЛА може варіюватися від особистого використання до комерційних цілей. Різні типи рейсів можуть мати різні рівні шуму і тривалість.

– Щоб зменшити вплив шуму, що створюють мультикоптери, БПЛА та інші літальні апарати на навколишнє середовище, можна вжити кілька заходів:

– розвиток технологій. Прогрес у технологічній сфері може допомогти вдосконалити дизайн мультикоптерів та БПЛА, зменшити шум їх роботи і поліпшити аеродинамічні характеристики. Розробка більш ефективних та менш шумних систем руху може бути ключовим кроком у зниженні впливу шуму;

– регулювання використання. Законодавчі органи можуть розробити і впровадити правила та обмеження, що стосуються використання мультикоптерів та БПЛА у регіонах зі сконцентрованою житловою забудовою або екологічно чутливих ділянках. Це може включати обмеження щодо годин роботи, висоти польоту та зон, в яких заборонено польоти;

– співпраця з виробниками. Виробники мультикоптерів та БПЛА можуть співпрацювати з науковими дослідниками та урядовими органами для вдосконалення дизайну та розробки більш шумозахисних систем. Важлива роль в цьому процесі належить інженерам, які мають розуміння проблеми шуму та можуть впровадити необхідні зміни в конструкцію апаратів.

Держава має важливу роль у регулюванні використання мультикоптерів, БПЛА та інших літальних апаратів з метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Ось кілька можливих підходів:

– встановлення нормативів. Державні органи можуть встановлювати нормативи щодо рівня шуму, які мультикоптери та БПЛА не повинні перевищувати. Це може включати обмеження на рівні шуму, що створюється під час польоту, і встановлення стандартів, які виробники повинні дотримуватися;

– ліцензування та реєстрація. Держава може вимагати ліцензування та реєстрації операторів мультикоптерів та БПЛА. Це дозволяє збирати інформацію про кількість і типи апаратів, а також контролювати їх використання;

– інформування та освіта. Урядові органи можуть проводити кампанії з інформування громадськості про вплив шуму від мультикоптерів та БПЛА на навколишнє середовище та способи захисту. Це допоможе підвищити свідомість і залучити громадськість до питання шуму, а також створить підґрунтя для сприйняття регулювань та заходів для зменшення впливу.

До прикладу на території України діє «Повітряний кодекс України», десятий розділ якого стосується охорони навколишнього природного середовища. В цьому розділі є стаття 84, частина перша, яка затверджує, що максимальний допустимий рівень шуму під час експлуатації повітряного судна, емісії авіаційних двигунів та електромагнітного випромінювання об'єктів авіаційної діяльності не повинен перевищувати гранично допустимого рівня, встановленого авіаційними правилами України [3].

3.3 Безпека використання мультикоптерів та БПЛА

Відповідно до вимог пункту 4 розділу II Правил використання повітряного простору, польоти безпілотних повітряних суден масою до 20 кг включно виконуються без подання заявок на використання повітряного простору, без отримання дозволів на використання повітряного простору, без інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України та органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України, органів Державної прикордонної служби України, органів обслуговування повітряного руху та відомчих органів управління повітряним рухом, за однією з таких умов, як польоти не виконуються над:

– скупченням людей на відкритому просторі та над місцями щільної забудови;

– об'єктами (зонами), які визначені Міністерством оборони України, Міністерством інфраструктури України, Міністерством внутрішніх справ України, Державною прикордонню службою України, Службою безпеки України, Національною поліцією України, Національною гвардією України, Державною фіскальною службою України, Службою зовнішньої розвідки України, Управлінням державної охорони України, іншими військовими формуваннями та правоохоронними структурами, утвореними відповідно до законів України, та відносно яких здійснюється охорона/державна охорона окрім випадків виконання польотів за дозволом зазначених вище повноважних органів [4].

Також варто враховувати технічні вимоги зазначені виробником мультикоптера, а саме максимальна вага яку може підняти у повітря. Важливим фактором при польотах на квадрокоптерах є швидкість вітру та можливі зміни в його інтенсивності в різних місцях та висотах польоту. Це пов'язано з тим що двигунам не вистачить потужності, щоб корегувати положення мультикоптера в просторі та переміщатися в потрібну точку маршруту.

При закріплені додаткового вантажу на мультикоптер, таких як камера, чи автоматизована система скидання вантажу, потрібно впевнитися перед польотом, чи надійно закріплені ці елементи.

Транспортуючи корисний вантаж, необхідно його розміщувати в вантажних відсіках надійно, щоб унеможливити його рух при польоті.

Висновки до третього розділу

1. Використання мультикоптерів, БПЛА та інших літальних апаратів надає багато переваг, проте їх вплив на навколишнє середовище, зокрема шум, необхідно враховувати та регулювати. Розвиток технологій, співпраця між виробниками та державні регулювання можуть допомогти знизити вплив шуму на здоров'я людей та дику природу. Забезпечення балансу між використанням цих технологій та охороною навколишнього середовища є ключовим завданням для сталого розвитку.

2. Важливо дотримуватись встановлених норм і рекомендацій щодо рівня шуму при експлуатації мультикоптерів. Крім того, застосування засобів активного шумозаглушення та інших технологій може допомогти зменшити шкідливий вплив шуму на людей та оточуюче середовище.

3. Дотримуючись законів та правил користування літальними апаратами, можна підвищити рівень безпеки при використані мультикоптерів. Недотримання законів може призвести до кримінальної відповідальності. А недотримання правил безпеки користування – до втрати керування дроном, його падінням та пораненням людей, у тому числі оператора.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шум, його основні характеристики та засоби зменшення впливу шуму на організм працюючих на підприємствах – Південно-Східне міжрегіональне управління Державної служби з питань праці. URL: https://dp.dsp.gov.ua/novyny/shum-ioho-osnovni-kharakterystyky-ta-zasoby-zmenshennia-vplyvu-shumu-na-orhanizm-pratsiuiuchykh-na-pidpryiemstvakh/ (дата звернення: 31.05.2023).

2. Вплив шуму на організм людини. Нормування шуму. StudFiles. URL: https://studfile.net/preview/5462190/page:18/ (дата звернення: 31.05.2023).

3. Повітряний кодекс України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#n750 (дата звернення: 31.05.2023).

4. Безпілотні повітряні судна – Державна авіаційна служба України. URL: https://avia.gov.ua/bezpilotni-povitryani-sudna-2/ (дата звернення: 31.05.2023).