

**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. Сіделев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р

**КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ТРАНСПОРТУВАННЯ  
ВАНТАЖІВ В ЗОНІ УСКЛАДНЕНОГО ПРОХОДЖЕННЯ**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917103

**Студент**

\_\_\_\_\_ О.А. Волчан  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Керівник старший викладач кафедри АКІТ**

\_\_\_\_\_ В.М. Шенкевич  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Миколаїв – 2023**

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно – інтегрованих технологій

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

\_\_\_\_\_ М. І. Сіделєв

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р

## ЗАВДАННЯ

### на виконання бакалаврської роботи

Видано студенту групи 471 факультету комп'ютерних наук

Волчану Олександрю Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження

Затверджена наказом по ЧНУ від «\_» \_\_\_\_\_ 2023 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

Створення повноцінної та функціональної системи, яка забезпечує безпечну та ефективну доставку вантажів в умовах складних географічних умов.

4. Перелік питань, що підлягають розробці

Аналіз існуючих систем транспортування вантажів в ускладнених умовах.

Вивчення особливостей технічного обладнання, необхідного для створення автоматизованої системи транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження.

Визначення методів автоматичного керування рухом транспортних засобів та їх координації для забезпечення безпечного транспортування вантажів.

Розробка методів моніторингу руху транспортних засобів та їхнього взаємодії з перешкодами в процесі транспортування вантажів.

Розробка програмного забезпечення для керування транспортними засобами та моніторингу процесу транспортування вантажів.

Розробка алгоритмів, які дозволять забезпечити автоматичний вибір маршруту руху транспортних засобів в умовах непередбачуваних перешкод та обмежень.

Визначення технічних вимог до елементів системи (датчики, актуатори, програмні засоби тощо).

5. Перелік графічних матеріалів:

6. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
Шенкевич В.М..	Автоматизація та КІТ	1 розділ

Керівник роботи Шенкевич Володимир Миколайович

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийнято до виконання Волчан Олександром  
Анатолійовичем

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023

## 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 \_\_\_\_\_ Волчан О.А.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_ Шенкевич В.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

до бакалаврської наукової роботи

«Автоматизована система транспортування вантажів в зоні  
ускладненого проходження»

Студента 471 Волчан Олександра Анатолійовича

Керівник: Ст.викл. Шенкевич В.М.

Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження — це комплекс технічних та програмних рішень, який дозволяє забезпечити безпечну та ефективну транспортування вантажів в умовах зони ускладненого проходження, таких як гірські масиви, лісові масиви, пустелі, території з незабезпеченим доступом до доріг та інші.

Основна ідея автоматизованої системи полягає у використанні різноманітних транспортних засобів, таких як дрони, безпілотні автомобілі, вертольоти та інші, які оснащені різними сенсорами, камерами та іншими пристроями для збору інформації про дорожні умови та інші фактори, які можуть впливати на процес транспортування вантажів.

**Метою** роботи є створення повноцінної та функціональної системи, яка забезпечує безпечну та ефективну доставку вантажів в умовах зони ускладненого проходження.

**Об'єктом** дослідження став процес транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження.

**Предметом** автоматизована система транспортування вантажів.

Для досягнення поставленої мети було поставлено такі **задачі**:

1. Провести аналіз ринку транспортних систем, що використовуються в умовах зони ускладненого проходження, з метою виявлення недоліків та переваг існуючих рішень.
2. Розглянути існуючі конструкції та сформулювати критерії транспортних систем.
3. Розробити функціональну схему та алгоритми для автоматизації

процесу транспортування вантажів, які враховують усі ускладнення та можливі ризики. Розробити програмне забезпечення для реалізації цих алгоритмів.

4. Розробити 3D модель конструкції в програмному середовищі Onshape.

5. Провести комп'ютерне моделювання роботи системи з використанням різних варіантів вхідних даних.

## **ABSTRACT**

to the Bachelor work

"Automated system of transportation of goods in the zone of difficult passage"

Student of group 471: Volchan Oleksandr

Supervisor: St. Ex. Shenkevich V.M.

The automated system of cargo transportation in the area of difficult passage is a complex of technical and software solutions that allows for safe and effective transportation of goods in the conditions of the area of difficult passage, such as mountain ranges, forest areas, deserts, territories with unsecured access to roads, and others.

The main idea of the automated system is to use various vehicles, such as drones, unmanned cars, helicopters and others, which are equipped with various sensors, cameras and other devices to collect information about road conditions and other factors that can affect the process of transporting goods.

The purpose of the work is to create a full—fledged and functional system that ensures safe and efficient delivery of goods in the conditions of the zone of difficult passage.

The object of the research was the process of transporting goods in the area of difficult passage, and the subject was the automated system of transporting goods.

The subject is an automated cargo transportation system.

To achieve the goal, the following tasks were set:

1. Market research of analogues: an analysis of the market of transport systems used in the conditions of the zone of difficult passage was carried out in order to identify the shortcomings and positive aspects of the existing solutions.

2. Development of algorithms and software: algorithms were developed to automate the process of cargo transportation, which take into account all complications and possible risks, and software was created to implement these algorithms.

3. Modeling and testing: a computer simulation of the system's operation was

carried out using various options of input data, as well as real testing of the system was carried out in the conditions of the zone of difficult passage.



## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРОГРЕС АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ В ЗОНІ УСКЛАДНЕНОГО ПРОХОДЖЕННЯ	6
1.1 Історія розвитку.....	6
1.2 Визначення автоматизованої системи транспортування вантажів.....	7
1.3 Огляд зони ускладненого проходження.....	13
1.4 Аналіз існуючих дронів, маніпуляторів та роботів для транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження.....	16
1.5 Вплив штучного інтелекту на автоматизацію транспортування.....	23
Висновки до першого розділу.....	25
2 РОЗРОБКА СХЕМ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ	28
2.1 Компоненти.....	28
2.2 Функціональна схема.....	37
2.3 Блок – схема алгоритму.....	39
2.4 Електрична принципова схема.....	42
2.5 Моделювання.....	47
2.6 Програмний код для мікроконтролера АСК транспортування.....	56
Висновки до другого розділу.....	59
ВИСНОВКИ	61
Додаток А	65
Додаток Б	66
Додаток В	67
Додаток Г	68
Додаток Ґ	69

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

АСК – Автоматизована система керування

PWM – Pulse Width Modulation (Широтно-імпульсна модуляція)

GPS – Global Positioning System (Глобальна система позиціонування)

МК – мікроконтролер

SRAM – Static Random-Access Memory (Статична пам'ять з довільним доступом)

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Електрично стирається програмована постійна пам'ять)

ADC – (аналогово-цифровий перетворювач)

UART – (універсальний асинхронний приймач-передавач)

GPIO – (введення-виведення загального призначення)

## ВСТУП

Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження – це система, яка використовує автоматичні засоби для перевезення вантажів у важкодоступних місцях. Така система включає в себе різні компоненти, такі як автономні роботи, дрони, рухомі конвеєри, ліфти або транспортні засоби з автоматизованим керуванням. Вона розроблена для полегшення транспортування вантажів в областях, де людський доступ обмеженим або небезпечним [1].

Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження дозволяє зменшити ризик пошкодження вантажів, покращити ефективність доставки і знизити витрати на робочу силу. Вона використовується в різних галузях таких, як будівництво, експлуатацію важкої техніки, логістику, рятувальні операції та інші.

Ця система працює за допомогою програмного забезпечення, датчиків, механічних або електронних пристроїв, які дозволяють контролювати рух вантажів і запобігати можливим перешкодам або небезпекам на шляху. Вона програмується для виконання різних завдань, таких як підняття, переміщення, складування або вивантаження вантажів. [1]

**Метою** роботи є створення повноцінної та функціональної системи, яка забезпечує безпечну та ефективну доставку вантажів в умовах зони ускладненого проходження.

**Об'єктом** дослідження став процес транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження.

**Предметом** дослідження автоматизована система транспортування вантажів.

Для досягнення поставленої мети було поставлено такі **задачі**:

1. Провести аналіз ринку транспортних систем, що використовуються

в умовах зони ускладненого проходження, з метою виявлення недоліків та переваг існуючих рішень.

2. Розглянути існуючі конструкції та сформулювати критерії транспортних систем.

3. Розробити функціональну схему та алгоритми для автоматизації процесу транспортування вантажів, які враховують усі ускладнення та можливі ризики. Розробити програмне забезпечення для реалізації цих алгоритмів.

4. Розробити 3D модель конструкції в програмному середовищі Onshape.

5. Провести комп'ютерне моделювання роботи системи з використанням різних варіантів вхідних даних.

# 1 ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРОГРЕС АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ В ЗОНІ УСКЛАДНЕНОГО ПРОХОДЖЕННЯ

## 1.1 Історія розвитку

Автоматизовані системи транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження розвивалися протягом багатьох років і є результатом поєднання передових технологій з різних галузей [2,3].

Перші кроки у розвитку таких систем можна прослідкувати у сфері промисловості та автоматизації виробництва. Введення автоматизованих робочих місць, рухомих конвеєрів та роботів – дозволило значно підвищити ефективність транспортування виробів у виробничих приміщеннях.

З появою дронів відбувся прорив у транспортуванні вантажів в складних місцях, таких як гірські райони або важкодоступні території. Дрони здатні доставляти вантажі над перешкодами і швидко пересуватися по повітрі, що дозволяє економити час і ресурси.

Також важливий внесок у розвиток автоматизованих систем транспортування вантажів внесли робототехніка та автономна технологія. Роботи здатні виконувати різноманітні завдання, включаючи переміщення вантажів, завантаження/розвантаження та навіть операції з обробки. Автономні транспортні засоби, такі як автомобілі, є все більш поширеними і використовуються для перевезення вантажів без необхідності присутності водія.

Останні розробки у сфері штучного інтелекту, комп'ютерного зору та сенсорних систем, також сприяють вдосконаленню автоматизованих систем транспортування вантажів. Вони дозволяють системам ефективно виявляти перешкоди, прогнозувати маршрути, адаптуватися до змінних умов та навіть взаємодіяти з людьми у безпечний спосіб [3].

Загалом, історія розвитку автоматизованих систем транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження відображає постійний прогрес у використанні передових технологій для полегшення транспортування та підвищення продуктивності вантажних операцій.

Продовжуючи історію розвитку автоматизованих систем транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження, варто зазначити, що останні розробки у сфері штучного інтелекту, комп'ютерного зору та сенсорних систем значно сприяють їх вдосконаленню.

Штучний інтелект дозволяє системам автоматично виявляти перешкоди, аналізувати навколишнє середовище та приймати розумні рішення щодо маршрутів та безпеки переміщення. Комп'ютерний зір дозволяє системам сприймати та розпізнавати об'єкти навколишнього середовища, що є важливим для ефективної навігації та уникнення перешкод. Сенсорні системи забезпечують збір даних про навколишнє середовище, включаючи інформацію про температуру, вологість, відстань та інші параметри.

Ці передові технології допомагають автоматизованим системам транспортування вантажів ефективно функціонувати навіть у складних умовах, забезпечуючи безпеку та оптимальну продуктивність. Крім того, системи здатні взаємодіяти з людьми у безпечний спосіб, сприяючи покращенню колаборації між роботами та людьми [3].

У загальному, розвиток автоматизованих систем транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження відображає постійний прогрес у використанні передових технологій для полегшення транспортування та підвищення продуктивності вантажних операцій.

## **1.2 Визначення автоматизованої системи транспортування вантажів**

### **Означення автоматизації та системи транспортування вантажів**

Автоматизована система транспортування вантажів – це комплекс

технологій, програмного забезпечення та обладнання, які призначені для автоматичного управління та оптимізації процесів перевезення вантажів. Вона включає в себе використання сенсорів, механізмів керування, автоматичних систем і штучного інтелекту для забезпечення ефективності, безпеки та точності усіх етапів транспортування вантажів [2,4].

Автоматизація в транспортуванні вантажів полягає в застосуванні технологій для заміни або полегшення ручних робіт, що пов'язані з перевезенням та обробкою вантажів. Система транспортування використовується для керування рухом вантажів, маршрутизації, контролю, виявлення та управління різними елементами логістичних процесів. Вона дозволяє забезпечити швидкість, ефективність, надійність та безпеку перевезень у зоні ускладненого проходження, де існують фізичні, географічні або інфраструктурні обмеження, які ускладнюють процеси транспортування вантажів [4]. Ця система допомагає знизити витрати, збільшити продуктивність та покращити управління логістичними процесами в цих умовах.

Автоматизована система транспортування вантажів в ускладнених умовах проходження включає в себе використання передових технологій і інноваційних рішень для забезпечення ефективності та надійності перевезення вантажів у важкодоступних, небезпечних або віддалених місцях. Вона використовує різноманітні компоненти, такі як GPS– модулі для визначення місцезнаходження, механізми керування для керування рухом вантажів, датчики для виявлення перешкод та системи комунікації для обміну даними з центральним керуванням.

Однією з важливих переваг АСК транспортування вантажів в ускладнених умовах є зменшення ризиків та підвищення безпеки перевезень. Застосування автоматичних систем та штучного інтелекту дозволяє уникнути людських помилок, знизити ризик випадкових аварій або нещасних випадків і забезпечити безпечну та надійну доставку вантажів.

Крім того, АСК транспортування допомагає збільшити продуктивність та ефективність перевезень. Вона забезпечує оптимальне розподілення ресурсів, економію часу і зусиль, а також мінімізацію затрат на транспортування. Це досягається завдяки контролю та оптимізації руху вантажів, використанню оптимальних маршрутів, розподілу навантаження між різними транспортними засобами та вдосконаленню логістичних процесів [2,3].

Автоматизована система транспортування вантажів в ускладнених умовах проходження сприяє покращенню управління логістичними процесами. Вона забезпечує збір і аналіз даних, моніторинг стану вантажів, відстеження та контроль руху, а також можливість планування та прогнозування перевезень. Це дозволяє ефективно реагувати на зміни умов транспортування, вирішувати проблеми оперативно, а також вдосконалювати процеси на основі отриманих даних та аналітики.

Таким чином, АСК транспортування вантажів в ускладнених умовах проходження є необхідним інструментом для оптимізації, підвищення безпеки та ефективності перевезень, а також для покращення управління логістичними процесами в таких умовах.

### **Пояснення необхідності автоматизації в зоні ускладненого проходження**

Автоматизація системи транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження є необхідною з декількох причин:

1. Підвищення ефективності: ускладнені умови проходження, такі як гірські масиви, перешкоди на дорозі, погана інфраструктура тощо, можуть значно уповільнити та ускладнити процес транспортування вантажів. Автоматизована система дозволяє оптимізувати маршрути, визначати найкоротші шляхи, уникати перешкод та покращувати час доставки, що призводить до збільшення ефективності транспортування [4].



2. **Забезпечення безпеки:** у зоні ускладненого проходження ризик аварій та нещасних випадків зростає. Автоматизовані системи транспортування включають різні сенсори та системи контролю, що дозволяють виявляти небезпеки, попереджати водіїв про них та навіть втручатися для уникнення небезпеки. Це забезпечує підвищення рівня безпеки та зниження ймовірності аварій.

3. **Зниження витрат:** ускладнені умови проходження можуть вимагати додаткових витрат, таких як підвищене споживання палива, знос та поломки транспортних засобів, витрати на обслуговування доріг та інфраструктури. Автоматизована система дозволяє ефективно використовувати ресурси, уникати зайвих витрат та знижувати оперативні витрати.

4. **Покращення точності та контролю:** автоматизовані системи здатні забезпечувати високу точність у виконанні операцій транспортування, що дозволяє уникати помилок та збільшувати контроль над процесом. Це особливо важливо в умовах, де навігація та маневрування вимагають особливої уваги та прецизії [5].

5. **Мінімізація людського впливу:** у складних умовах проходження, де можуть виникати ризики для людського життя та здоров'я, автоматизована система дозволяє зменшити залежність від людського фактору. Це може бути особливо важливо, наприклад, у небезпечних гірських маршрутах або в умовах поганої видимості. Автоматизація дозволяє забезпечити більш безпечні умови перевезення, оскільки робота виконується без необхідності присутності людей на небезпечних ділянках.

Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження допомагає забезпечити оптимальні умови перевезення вантажів, зменшити ризики та збільшити продуктивність в цих умовах, що робить її необхідним рішенням для ефективною та безпечною логістики.

### **Переваги та недоліки**

Переваги автоматизованої системи транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження порівняно з недоліками можуть бути наступними:

**Переваги:**

– Ефективність: автоматизована система забезпечує швидку та точну доставку вантажів навіть в ускладнених умовах проходження, що сприяє збільшенню продуктивності та зниженню часу доставки.

– Точність: система працює з високою точністю, що дозволяє уникати пошкоджень вантажів або припинення їх перевезення внаслідок помилок операторів. Безпека: автоматизована система оснащена різними заходами безпеки, такими як датчики перешкод, системи аварійного гальмування тощо, що допомагає запобігти небезпечним ситуаціям та зберегти вантаж та обладнання.

– Масштабованість: систему легко масштабувати для виконання різних завдань транспортування вантажів в різних ускладнених умовах [4,6]. Це дає можливість збільшити її потужність або змінити конфігурацію залежно від потреби.

– Автоматизація рутинних задач: система дозволяє автоматизувати рутинні операції, що зменшує втомлюваність працівників та дозволяє їм зосередитись на більш складних завданнях [6].

– Ефективне використання простору: автоматизована система оптимізує використання простору, забезпечуючи компактне розташування вантажів і мінімізуючи витрати на складські приміщення або транспортні маршрути.

– Покращення стабільності та надійності: автоматизована система менш вразливою до людських помилок та факторів, що впливають на надійність, таких як втома чи неправильне виконання інструкцій. Це призводить до зниження ризику аварій та втрати вантажів.

– Збільшення пропускної здатності: автоматизована система

забезпечує більш швидку та ефективну обробку вантажів, що дозволяє підвищити загальну пропускну здатність системи транспортування.

– Відстеження та моніторинг: автоматизована система забезпечує постійне відстеження руху вантажів, що дозволяє в режимі реального часу моніторити їх положення, стан та прогнозувати час доставки. Це дозволяє покращити контроль над процесом транспортування та реагувати на можливі проблеми швидко й ефективно.

– Екологічні переваги: автоматизована система сприяє зменшенню використання палива та викидів шкідливих речовин, оскільки оптимізується маршрути та ефективніше використовувати ресурси.

#### **Недоліки:**

– Висока вартість: розробка та впровадження автоматизованої системи є затратною. Вона вимагає інвестицій у спеціальне обладнання, програмне забезпечення, навчання персоналу та інфраструктуру.

– Залежність від технології: автоматизовані системи вразливі до технічних проблем, таких як відмови обладнання або програмних збоїв. В разі таких проблем виникають перебої у роботі системи та затримки в доставці вантажів [7].

– Складність в обслуговуванні: автоматизована система вимагає спеціалізованого технічного обслуговування та регулярного технічного огляду для забезпечення безперебійної роботи. Це призводить до додаткових витрат та зусиль.

– Обмежена гнучкість: автоматизована система менш гнучкою у порівнянні з ручним керуванням, оскільки вона працює за заданими алгоритмами та програмами. Це обмежує здатність швидко адаптуватися до змінних умов та нестандартних ситуацій.

– Вразливість до кібератак: автоматизовані системи піддаються кібератакам, що призводить до порушення безпеки та недоступності системи.

Захист від кіберзагроз вимагає розробки та впровадження ефективних заходів кібербезпеки.

### **1.3 Огляд зони ускладненого проходження**

#### **Аналіз фізичних, географічних та інфраструктурних особливостей зони**

Огляд зони ускладненого проходження включає аналіз фізичних, географічних та інфраструктурних особливостей цієї зони. Нижче наведено загальний огляд кожного з аспектів:

1. Фізичні особливості. Рельєф: досліджується характер рельєфу зони, наявність гірських масивів, пагорбів, долин, річок та інших водойм, а також їх вплив на проходження вантажів. Кліматичні умови: визначаються погодні умови, типи опадів, температурні коливання, сезонні впливи та інші фактори, що можуть вплинути на перевезення вантажів [7].

2. Географічні особливості:

Локація: Встановлюється географічне положення зони ускладненого проходження та її віддаленість від центрів виробництва, дистрибуції або споживання. Доступність: Аналізується доступність до зони через дорожню, залізничну, водну або повітряну інфраструктуру, а також можливі перешкоди, такі як географічні перешкоди, кордони, прикордонні контрольні пункти тощо.

3. Інфраструктурні особливості:

Дорожня мережа: Вивчається стан доріг, їх пропускна спроможність, якість покриття, наявність об'їзних шляхів, шляхів обслуговування, дорожніх знаків та сигналізації. Інженерна інфраструктура: Аналізується наявність мостів, тунелів, переходів, естакад, дорожніх розбудов, а також доступність паливних станцій, сервісних пунктів тощо. Цей огляд дозволяє отримати уявлення про характеристики та умови зони ускладненого проходження, що допомагає визначити необхідність та ефективність автоматизованої системи

транспортування вантажів в цій зоні.

4. Екологічні особливості:

Визначення екологічного статусу та наявність особливих екосистем, які можуть бути під загрозою внаслідок транспортування вантажів.

Оцінка впливу перевезення вантажів на довкілля, включаючи шум, викиди, забруднення повітря та води.

5. Безпека:

Виявлення потенційних загроз безпеці під час перевезення вантажів, таких як крадіжки, вандалізм, терористичні акти, природні катастрофи тощо.

Оцінка наявності та ефективності систем безпеки, включаючи контроль доступу, відеоспостереження, сигналізацію та інші заходи.

6. Соціальні аспекти:

Врахування впливу перевезення вантажів на місцеву спільноту, включаючи проблеми шуму, забруднення, заторів, витрат на життя та інші фактори.

Оцінка можливості взаємодії з місцевими жителями та регулюючими органами для забезпечення взаємних відносин.

Ці аспекти доповнюють загальний огляд зони ускладненого проходження і допомагають детально зрозуміти умови та вимоги для автоматизованої системи транспортування вантажів в цій зоні.

**Визначення факторів, що ускладнюють проходження вантажних транспортних засобів**

Фактори, що ускладнюють проходження вантажних транспортних засобів в зоні важкодоступного проходження, включають:

Фізичні перешкоди: гірські масиви та перевали: Велика крутизна, серпантини, обмежена ширина доріг можуть ускладнити рух вантажних транспортних засобів. Річки, озера та інші водойми: наявність водних перешкод може вимагати використання понаднормативних переправ або спеціалізованих

транспортних засобів. Лісові масиви та джунгли: Завантаженість рослинністю, вузькі проїзди та відсутність прогалин ускладнюють проходження [6,8].

Погодні умови:

Погані погодні умови: сильні опади, снігопади, ожеледиця, туман, штормові вітри тощо ускладнюють рух та знизити видимість на дорозі. Екстремальні температури: Надмірна спека або мороз впливають на роботу транспортних засобів, паливо та дорожнє покриття.

Інші фактори, що ускладнюють проходження вантажних транспортних засобів включають:

Дорожня інфраструктура:

Погана якість доріг: нерівності, ями, пошкодження покриття призводять до проблем з безпекою та швидкістю руху.

Вузькі проїзди: обмежена ширина доріг або мостів вимагає спеціальних навичок та обмеження для великих вантажних транспортних засобів.

Обмеження ваги та розмірів: деякі дороги та мости мають обмеження щодо максимальної ваги або розмірів транспортних засобів.

Адміністративні обмеження:

Прикордонні контрольні пункти: перетин прикордону вимагають додаткової перевірки документів та відобразитися на часі проходження.

Регуляція руху: обмеження на швидкість, заборони на рух у певні години або на певних ділянках доріг ускладнюють проходження.

Транспортні затори: великий об'єм транспорту, дорожні пригоди або будівництво призводить до заторів, затримок та складнощів з рухом.

Брак палива та сервісних пунктів: відсутність заправних станцій або сервісних пунктів на довгих ділянках маршруту створює проблеми з паливом, технічним обслуговуванням та ремонтом транспортних засобів.

Врахування цих факторів дозволяє планувати та впроваджувати відповідні заходи для забезпечення безпеки, ефективності та успішного

проходження вантажних транспортних засобів через зону ускладненого проходження.

## **1.4 Аналіз існуючих дронів, маніпуляторів та роботів для транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження**

### **Загальний огляд**

#### **1. Дрони (БПЛА):**

Вертикальний зліт та посадка: Дрони можуть здійснювати вертикальний зліт та посадку, що робить їх особливо корисними в умовах з обмеженим простором для маневрування. Маневреність: Дрони мають високу маневреність, що дозволяє їм обходити перешкоди та проникати в узкі місця, де інші транспортні засоби можуть зазнавати труднощів. Доступ до важкодоступних місць: Дрони доставляють вантажі в місця, недоступні для інших видів транспорту, наприклад, на висоту, на воду або в густолісся [9].

#### **2. Маніпулятори транспортування вантажів:**

Гнучкість і адаптивність: маніпулятори мають різні типи захватів, які адаптовані до різних типів вантажів. Вони легко пристосовуються до різних розмірів та форм вантажів. Точність та контроль: маніпулятори дозволяють забезпечити точне позиціонування та маніпулювання вантажем, що важливо в умовах, де простір обмежений або вимагається дотримання високої прецизії. Автоматизація: маніпулятори автоматизовані, що дозволяє використовувати програмні алгоритми для виконання різних операцій транспортування вантажів без прямого участі оператора. Аналіз існуючих дронів та маніпуляторів показує їх потенціал для використання в зоні ускладненого проходження. Вони забезпечують швидку, гнучку та ефективну доставку вантажів у важкодоступних умовах, що зробить їх привабливими рішеннями для автоматизованих систем транспортування вантажів у таких зонах [9,10].

Аналіз існуючих роботів для транспортування вантажів в зоні

ускладненого проходження вказує на їх потенціал для ефективної доставки товарів у важкодоступних умовах. Деякі характеристики і переваги таких роботів включають:

**Гусеничні роботи:** гусеничні роботи є відмінними вантажними засобами для зон з ускладненим проходженням, такими як нерівний терен або бездоріжжя. Вони мають велику маневреність та долають перешкоди, такі як камені, корені дерев, ґрунтові перешкоди тощо. Гусеничні роботи мають велику вантажопідйомність і забезпечувати стабільну доставку вантажів навіть на нерівному терені [10].

**Колісні роботи:** колісні роботи підходять для зон з рівним або дорожнім покриттям, де не потрібна велика маневреність. Вони швидко переміщатися по дорогах та тротуарах, що дозволяє ефективно доставляти вантажі в ускладнені умови. Колісні роботи зазвичай мають компактний розмір і легко маневрувані навколо перешкод.

**Маніпулятори роботів:** маніпулятори роботів використовуються для завантаження та розгрузки вантажів у зоні ускладненого проходження. Вони забезпечують гнучкість у виборі методу захвату та маніпуляції вантажами, що дозволяє їм пристосовуватися до різних типів товарів та умов. Маніпулятори роботів мають різні типи захватів, включаючи гребінчасті, магнітні, вакуумні тощо, що забезпечує їх універсальність у роботі з різними вантажами [11].

Аналіз існуючих роботів для транспортування вантажів показує, що вони стають ефективними інструментами для автоматизованої системи транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження. Їхні можливості маневрування, вантажопідйомність, гнучкість та автоматизована функціональність дозволяють забезпечити швидку, безпечну та ефективну доставку вантажів навіть у важкодоступних умовах.

### **Приклади існуючих дронів та маніпуляторів**

#### **1. Дрони:**



DJI Matrice 600: Професійний дрон, що підтримує великі навантаження та має довгий час польоту. Він має велику маневреність і використовуються для транспортування вантажів у важкодоступних місцях (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – DJI Matrice 600

Freefly Alta 6: Інший професійний дрон з високою підйомною силою та стійкістю в польоті. Він оснащений системою GPS та автопілотом, що забезпечує точність та безпеку польоту [12].

DJI Matrice 600 і Freefly Alta 6 є двома відомими професійними дронами, які використовуються для транспортування вантажів у важкодоступних умовах.

DJI Matrice 600 є потужним дроном зі змогою витримувати велике навантаженнями та довгим часом польоту. Він оснащений конструкцією з шістьма гвинтами і може підтримувати встановлення різних типів камер та обладнання. Завдяки своїй великій маневреності та стійкості, DJI Matrice 600 легко проникати в узкі місця та пересуватися навколо перешкод. Цей дрон є

надійним рішенням для транспортування вантажів в ускладнених умовах проходження.

Freefly Alta 6 також є потужним дроном з високою підйомною силою та стійкістю в польоті. Він має інтегровану систему GPS та автопілот, що дозволяє забезпечувати точність та безпеку польоту. Freefly Alta 6 використовується для транспортування великих вантажів і володіє гнучкістю в управлінні завдяки своїм продвинутим системам керування [11].

Обидва дрони – DJI Matrice 600 і Freefly Alta 6 – мають потужні ресурси для транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження. Вони забезпечують швидку та ефективну доставку вантажів, а також дозволяють виконувати завдання навіть у важкодоступних умовах.

## 2. Маніпулятори:

Kinova Jaso: маніпулятор з шести ступенями свободи, що забезпечує гнучкість та точність у керуванні. Він встановлений на різні платформи, включаючи роботизовані системи або транспортні засоби (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Kinova Jaso

Його використовують як самостійний маніпулятор або встановити на різні платформи, включаючи роботизовані системи або транспортні засоби. Kinova Jaso дозволяє виконувати різні завдання транспортування вантажів з високою прецизією, завдяки своїм гнучким кінематичним ресурсами.

KUKA LBR iiwa є ще одним потужним маніпулятором з семіступінчастою структурою. Він має додаткові силові датчики, що дозволяють виконувати завдання з високою прецизією та контролювати силу, яку маніпулятор застосовує до вантажу. KUKA LBR iiwa може бути програмований для виконання різних операцій транспортування вантажів, включаючи підйом, переміщення та розташування вантажу в потрібному місці.

Якщо розглядати Kinova Jaso та KUKA LBR iiwa у контексті транспортування вантажів у зоні ускладненого проходження, обидва маніпулятори забезпечують точність та контроль під час маніпулювання вантажем. Вони адаптуються до різних типів вантажів та виконувати завдання в умовах обмеженого простору або високої прецизії. Використання Kinova Jaso або KUKA LBR iiwa в автоматизованій системі транспортування вантажів дозволить забезпечити ефективність та точність перевезення ускладнених вантажів.

### 3. Роботи

Clearpath Robotics Husky – це наземна роботизована платформа, призначена для роботи в ускладнених умовах. Основні особливості Husky включають:

Гусенична платформа: Husky має гусеничну конфігурацію, що дозволяє йому безперешкодно переміщатися по різних типах терену, включаючи нерівні, кам'янисті або розорані поверхні.

Гнучкість та налаштування: Ця роботична платформа має гнучкі конструкційні ресурси, що дозволяють налаштувати її під конкретні потреби проекту. Розміщення різних типів сенсорів, обладнання або вантажу легко

здійснюється .

Автономність та датчики: Husky обладнаний різноманітними датчиками, такими як лазерні сканери, камери або GPS, що дозволяє роботу в режимі автономного керування та надає здатність до виявлення оточуючого середовища.

Легка інтеграція: платформа Husky має відкрите програмне забезпечення, що спрощує розробку та інтеграцію різних додаткових функцій або алгоритмів.

Clearpath Robotics Husky використовується в різних галузях, включаючи дослідження, розробку робототехнічних систем, агропромисловість та багато інших сфер, де потрібна мобільна роботизована платформа для роботи в ускладнених умовах (рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Clearpath Robotics Husky

Husky — платформа розробки роботів середнього розміру. Його велика вантажопідйомність і системи живлення вміщують корисні навантаження, налаштованих відповідно до потреб досліджень. Експерти з інтеграції додають

до UGV стереокамери, LIDAR, GPS, IMU, маніпулятори тощо. Міцна конструкція Husky та трансмісія з високим крутним моментом переносять дослідження туди, куди не впорається жоден інший робот. Husky повністю підтримується в ROS з відкритим вихідним кодом і прикладами, керованими спільнотою.

Було опубліковано численні дослідницькі роботи з використанням Husky як тестової установки. Husky є перевіреним стандартом для створення нових досліджень і розробок роботів [13].

Таблиця 1.1 – Розміри и вага

Зовнішні розміри	990 x 670 x 390 мм
Внутрішні розміри	296 x 411 x 155 мм
Вага	50 кг
Максимальна вантажопід'ємність	75 кг

Таблиця 1.2 – Швидкість та пробуктивність

Максимальна швидкість	1,0 м/с
Час використання	3 години
Сила користувача	5 В, 12 В і 24 В з запобіжником по 5 А кожен

Ці приклади є лише деякими з багатьох доступних на ринку моделей дронів, маніпуляторів та роботів. Вибір конкретного обладнання повинен базуватися на вимогах проекту, бюджеті та потребах вантажів.

## 1.5 Вплив штучного інтелекту на автоматизацію транспортування

Вплив штучного інтелекту на автоматизацію транспортування розглядають з різних аспектів. Розширений опис впливу штучного інтелекту на автоматизацію транспортування:

Оптимізація маршрутів: штучний інтелект дозволяє використовувати алгоритми машинного навчання для оптимізації маршрутів транспортування. Враховуючи різні фактори, такі як відстань, час, трафік і обмеження, системи автоматизованої транспортування вибирають оптимальні маршрути для ефективної доставки вантажів [14].

Прогнозування трафіку та визначення оптимальних шляхів доставки: штучний інтелект аналізує великі обсяги даних про трафік, включаючи історичні дані, реальні часові дані та інші фактори, щоб прогнозувати трафік на дорогах та визначати оптимальні шляхи доставки вантажів. Це дозволяє уникнути заторів і затримок, збільшити ефективність транспортування та знизити витрати.

Управління безпілотними транспортними засобами: штучний інтелект використовується для розпізнавання оточення та прийняття рішень на основі сенсорних даних у безпілотних транспортних засобах. Він допомагає виявляти перешкоди, прогнозувати рух інших транспортних засобів, а також автоматично реагувати на зміни у середовищі. Це забезпечує безпечну та ефективну автоматизовану доставку вантажів.

Оптимізація розкладів доставки та ресурсного планування: штучний інтелект аналізує дані про попит, час доставки та наявні ресурси для оптимізації розкладів доставки та ресурсного планування. Він допомагає забезпечити ефективне використання транспортних засобів та зменшення затрат на доставку.

Виявлення та вирішення проблем в процесі транспортування: штучний

інтелект виявляє аномалії та проблеми в процесі транспортування, такі як затримки, пошкодження вантажів або несправності транспортних засобів. Це дозволяє операторам системи автоматизованої транспортування швидко реагувати на проблеми і вживати відповідних заходів для їх вирішення.

Етичні та правові аспекти: з впровадженням штучного інтелекту в автоматизацію транспортування виникають етичні та правові питання, пов'язані з безпекою, приватністю та відповідальністю. Вирішення цих питань є важливим аспектом подальшого розвитку технологій автоматизації транспортування.

Навчання та розвиток персоналу: з впровадженням штучного інтелекту в автоматизацію транспортування виникає потреба в навчанні та розвитку персоналу. Оператори транспортних систем повинні отримати необхідні навички для ефективного використання систем автоматизованої транспортування та взаємодії з ними.

Перспективи розвитку технологій штучного інтелекту в автоматизації транспортування: штучний інтелект продовжує розвиватися, а нові технології, такі як поглиблене навчання та розподілені системи, вносять значний вплив на автоматизацію транспортування. Це включає в себе розвиток автономних транспортних засобів, покращення систем управління та прийняття рішень, а також забезпечення високої безпеки та надійності систем автоматизованої транспортування.

Штучний інтелект та розумні маршрутизаційні системи: з використанням штучного інтелекту розробляють розумні маршрутизаційні системи, які враховують різні фактори, такі як трафік, дорожні умови, обмеження ресурсів та пріоритети доставки. Це дозволяє забезпечити оптимальний вибір маршруту з метою скорочення часу доставки, зменшення витрат палива та підвищення задоволеності клієнтів.

Розпізнавання та управління вантажами: застосування штучного

інтелекту дозволяє розробляти системи розпізнавання об'єктів і автоматичного управління вантажами. з використанням комп'ютерного зору та машинного навчання виявляти та класифікувати вантажі, а також здійснювати їх маніпуляцію та переміщення з високою точністю та швидкістю.

Прогнозування попиту та оптимізація запасів: штучний інтелект використовується для прогнозування попиту на транспортні послуги та оптимізації запасів. З аналізу великих обсягів даних про попит, розумний інтелект передбачає майбутні потреби та допомагати в плануванні транспортних ресурсів, таких як транспортні засоби, вантажні приміщення та персонал, для забезпечення ефективної доставки та мінімізації невикористаних ресурсів.

Розширені аналітичні можливості: штучний інтелект дозволяє проводити складний аналіз даних та видобувати цінну інформацію з них. Він виявляє тенденції, залежності та взаємозв'язки у великих наборах даних, що дозволяє зробити більш обґрунтовані рішення в галузі автоматизованого транспортування. Наприклад, штучний інтелект допомагає виявити причини затримок, збоїв та несправностей в транспортних системах та запропонувати ефективні заходи щодо їх вирішення [14].

Застосування штучного інтелекту в автоматизації транспортування має великий потенціал для покращення ефективності, надійності та безпеки транспортних систем. Це відкриває нові можливості для розвитку інноваційних технологій та оптимізації транспортних процесів. Однак, при впровадженні штучного інтелекту необхідно враховувати етичні, правові та соціальні аспекти, забезпечувати захист персональних даних та враховувати вплив на працівників та суспільство в цілому.

## **Висновки до першого розділу**

1. Розвиток автоматизованих систем транспортування вантажів є



результатом поєднання передових технологій з різних галузей протягом багатьох років. Початкові кроки у розвитку таких систем прослідковуються у сфері промисловості та автоматизації виробництва, де введення автоматизованих робочих місць, рухомих конвеєрів та роботів значно підвищило ефективність транспортування виробів у виробничих приміщеннях.

2. Автоматизована система транспортування вантажів – це комплекс технологій, устаткування та програмного забезпечення, що дозволяють автоматизувати процеси переміщення, завантаження та розвантаження вантажів з мінімальною необхідністю участі людей. Автоматизація в зоні ускладненого проходження є необхідною для подолання фізичних, географічних та інфраструктурних перешкод, які ускладнюють процес транспортування вантажів. Це дозволяє забезпечити швидку та безпечну доставку вантажів у важкодоступних місцях. Автоматизовані системи транспортування вантажів мають ряд переваг, включаючи підвищену ефективність, точність та швидкість доставки. Вони також забезпечують зниження витрат та ризиків, пов'язаних з працівниками. Однак, вони вразливі до технічних збоїв та потребувати значних інвестицій у впровадження та обслуговування. Аналіз фізичних, географічних та інфраструктурних особливостей зони ускладненого проходження є необхідним для розробки ефективних автоматизованих систем транспортування вантажів. Це включає визначення факторів, що ускладнюють проходження вантажних транспортних засобів, таких як гірські райони, важкодоступні території або перешкоди на шляху [15].

3. Огляд існуючих дронів, маніпуляторів та роботів, призначених для транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження, дозволяє визначити наявні ресурси та обмеження цих технологій. Це включає вивчення їх характеристик, максимальної вантажопідйомності, швидкості та маневреності.

4. Розвиток штучного інтелекту зробив внесок важливий вплив на автоматизацію транспортування вантажів. Використання штучного інтелекту дозволяє системам автоматично виявляти перешкоди, аналізувати навколишнє середовище та приймати розумні рішення стосовно маршрутів та безпеки переміщення. Це сприяє підвищенню ефективності та надійності автоматизованих систем транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження.

## 2 РОЗРОБКА СХЕМ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ

### 2.1 Компоненти

#### Arduino Uno

Arduino Uno є одним з найпопулярніших моделей плат Arduino.

Детальніша інформація про Arduino Uno:

Мікроконтролер: Arduino Uno використовує мікроконтролер Atmega328P, який працює на тактовій частоті 16 МГц. Цей мікроконтролер має 32 кілобайти флеш – пам'яті для збереження програмного коду, 2 кілобайти оперативної пам'яті (SRAM) для збереження даних під час виконання програми і 1 кілобайт EEPROM для збереження постійних даних.

Вхідні/вихідні піни: Arduino Uno має 14 цифрових вхідно-вихідних пінів, серед яких 6 пінів підтримують широтно-імпульсну модуляцію (PWM). Це означає, що ви керуєте інтенсивністю сигналу на цих пінах для керування наприклад яскравістю світлодіода або швидкістю обертання мотора.

Аналогові входи: Arduino Uno має 6 аналогових вхідних пінів, позначених як A0 до A5. Ці піни дозволяють зчитувати аналогові значення, такі як величини напруги або сенсорні виміри [16].

Інтерфейси: Arduino Uno має USB – порт, за допомогою якого можна підключити плату до комп'ютера для програмування та зв'язку з іншими пристроями. Крім того, на Arduino Uno також є UART (серійний порт), I2C і SPI, що дозволяють підключати різноманітні пристрої і комунікувати з ними.

Живлення: Arduino Uno може житися від джерела живлення від 7 до 12 вольт. Ви можете жити його через USB – порт комп'ютера або використовувати зовнішнє джерело живлення, таке як батарея чи адаптер змінного струму.

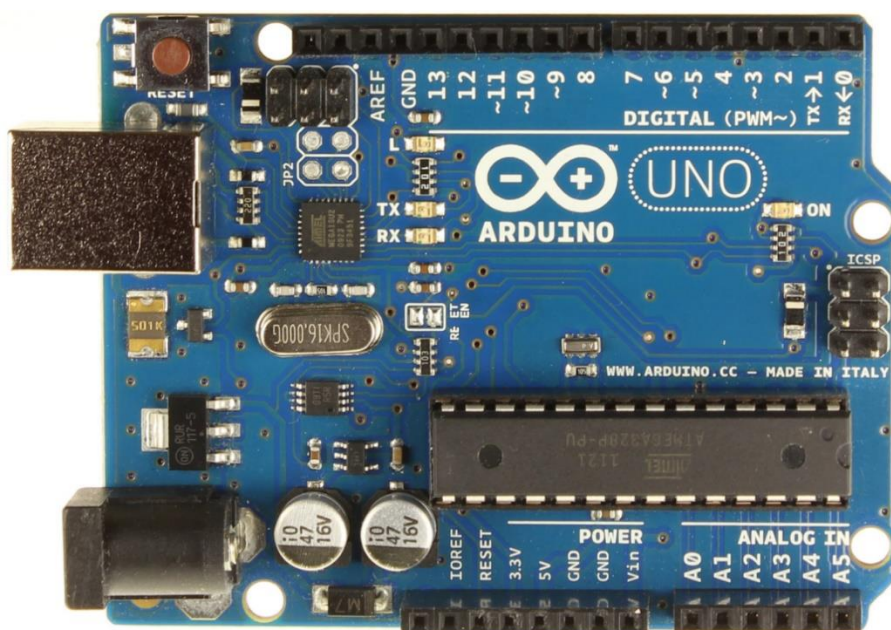


Рисунок 2.1 – Плата Arduino Uno

Програмування: Arduino Uno програмується за допомогою Arduino IDE (інтегроване середовище розробки), яке забезпечує простий інтерфейс для написання коду, завантаження його на мікроконтролер та налагодження програми.

Arduino Uno є потужним і простим у використанні мікроконтролером, який забезпечує широкі можливості для розробки різноманітних проектів, від простих світлодіодних миготінь до складніших систем автоматизації та керування. Він підходить як для початківців, так і для досвідчених розробників.

Таблиця 2.1 – Характеристики Arduino Uno [16].

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7 – 12В
Напруга живлення (гранична)	6 – 20В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи)
Аналогові входи	6

Максимальний струм одного виводу	40 мА
Максимальний вихідний струм виведення	3.3V 50 мА
Тактова частота	16 МГц

АТmega328 є одним з популярних мікроконтролерів, що належить до сімейства AVR виробництва Microchip Technology. Він заснований на архітектурі RISC і пропонує широкі можливості для розвитку вбудованих систем та мікроконтролерних додатків. Основні характеристики АТmega328 включають:

**Центральний процесор:** АТmega328 має 8-бітний RISC-процесор з тактовою частотою до 20 МГц. Він підтримує широкий спектр інструкцій та операцій, що дозволяють виконувати різноманітні завдання.

**Пам'ять:** Мікроконтролер має вбудовану пам'ять, яка складається з 32 кілобайт флеш-пам'яті для програм, 2 кілобайт оперативної пам'яті (SRAM) і 1 кілобайт EEPROM для зберігання даних.

**Введення-виведення:** АТmega328 має вбудовані цифрові та аналогові входи-виходи. Він має 14 цифрових входів-виходів, з яких 6 можуть бути використані як вихід PWM, 6 аналогових входів і серійний інтерфейс USART для зв'язку з іншими пристроями.

**Інтерфейси:** Мікроконтролер підтримує такі інтерфейси, як SPI (Serial Peripheral Interface), I2C (Inter-Integrated Circuit) і UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), що дозволяє здійснювати комунікацію зі зовнішніми пристроями.

**Інші функції:** АТmega328 підтримує внутрішній генератор тактових сигналів, таймери, преривання, вбудовані аналого-цифрові перетворювачі (ADC) і багато іншого, що розширює можливості контролера.

АТmega328 використовується в багатьох проектах, що потребують

мікроконтролера з невеликими розмірами пам'яті, низьким споживанням енергії та широким спектром функціональності. Він є популярним серед ентузіастів, розробників прототипів та виробників вбудованих систем.

### **Мотори Pulse Width Modulation 12V DC**

Мотори PWM (Pulse Width Modulation) 12V DC є електромеханічними пристроями, які використовуються для перетворення електричної енергії в механічний рух. Вони працюють з напругою 12V постійного струму [18].

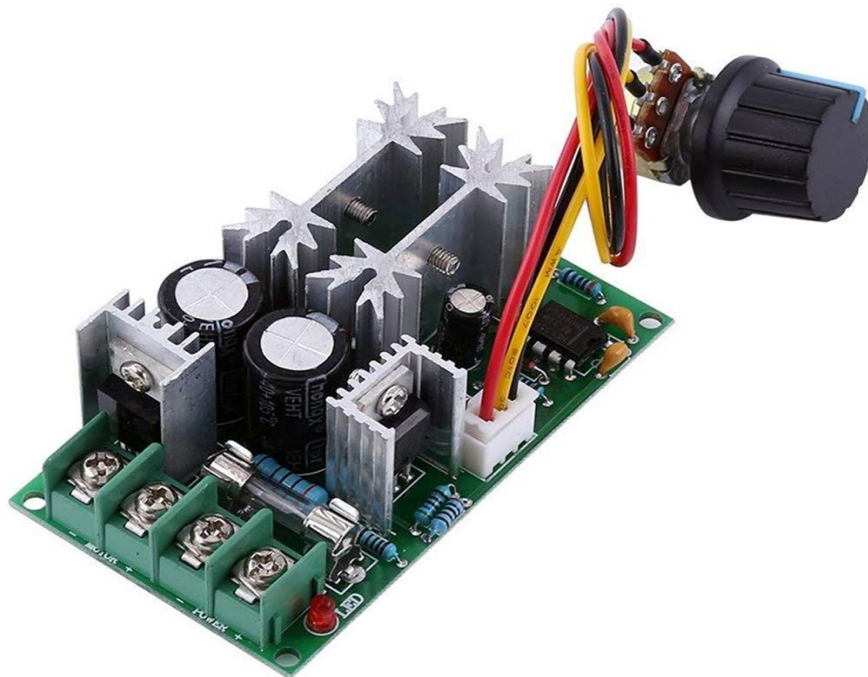


Рисунок 2.2 – Приклад мотора PWM 12V DC

Основні характеристики моторів PWM (12V DC) можуть включати:

**Напруга живлення:** Мотори призначені для роботи з постійною напругою 12 вольт. Важливо підключати їх до відповідних джерел живлення з напругою 12V.

**Потужність:** Мотори мають різну потужність, яка визначає їх здатність виконувати механічні рухи або операції. Потужність зазвичай вимірюється у ватах (Вт) і може бути вказана у специфікаціях мотора.

Швидкість обертання: Мотори мають різну максимальну швидкість обертання, яка вимірюється у обертах на хвилину (об/хв) або обертах на секунду (об/с). Швидкість обертання контролювана за допомогою сигналів PWM, які встановлюються мікроконтролером.

Крутний момент: Це сила, яку мотор виробляють для забезпечення руху або виконання механічних операцій. Крутний момент зазвичай вимірюється у Нм (ньютон – метри) і вказаний у специфікаціях мотора.

Керування швидкістю за допомогою PWM: Мотори PWM (12V DC) підтримують сигнали широтно – імпульсної модуляції, що дозволяє керувати їх швидкістю обертання шляхом зміни ширини пульса сигналу. Це дозволяє точно налаштувати швидкість моторів залежно від вимог приладу.

Загальна характеристика моторів PWM (12V DC) включає їх придатність для керування швидкістю за допомогою сигналів PWM, а також їхню сумісність з живленням 12 вольт. Важливо ознайомитися з конкретними специфікаціями моторів, щоб отримати детальнішу інформацію щодо їхніх характеристик та параметрів [20].

Крім основних характеристик, варто враховувати такі додаткові аспекти при розгляді моторів PWM (12V DC):

Ефективність: мотори мають різні рівні ефективності, що вказує на те, як добре вони перетворюють електричну енергію на механічну. Висока ефективність означає менше втрат енергії і більш економне використання живлення.

Розміри і форма: мотори мають різні фізичні розміри та форми. Важливо врахувати ці параметри при виборі мотора, щоб він відповідав розмірам і монтажним вимогам вашого приладу.

Тип механізму: мотори PWM (12V DC) використовуються з різними типами механізмів, такими як колеса, зубчасті передачі, лінійні приводи тощо. Важливо врахувати тип механізму, з яким ви плануєте використовувати мотор,

для забезпечення сумісності і оптимальної працездатності.

Температурний режим: у специфікаціях моторів вказані діапазони температур, при яких вони працюють надійно. Це важливо врахувати, особливо якщо застосування передбачає роботу в екстремальних умовах температури.

Захист: деякі мотори мають вбудовані захисні функції, такі як захист від перевантаження, короткого замикання або перегріву. Це забезпечує безпеку і захист мотора в разі непередбачених ситуацій.

### **Зарядний пристрій**

Зарядний пристрій 12V призначений для зарядки акумуляторів або батарей з напругою 12 вольт. Основною функцією зарядного пристрою є надання електричного заряду акумулятору з метою відновлення його енергетичного потенціалу.

Основні характеристики зарядного пристрою 12V:

1. Вхідна напруга: зарядний пристрій 12V зазвичай працює від стандартного джерела живлення, такого як мережа з напругою 220V або від автомобільного акумулятора з напругою 12V.
2. Вихідна напруга: зарядний пристрій 12V надає вихідну напругу 12 вольт, яка використовується для зарядки акумулятора або батареї.
3. Сила струму: зарядний пристрій має різні значення сили струму, які вказуються в амперах. Сила струму визначає, як швидко заряджатиметься акумулятор.
4. Тип зарядки: зарядний пристрій підтримує різні режими зарядки, такі як швидка зарядка, повільна зарядка, режим підтримки заряду та інші.
5. Захист і безпека: деякі зарядні пристрої мають вбудовані захисні функції, такі як захист від перевантаження, короткого замикання, перегріву та зворотного поляритету.
6. Індикатори: зарядний пристрій має світлові індикатори, які показують стан зарядки акумулятора, наприклад, зарядження, повний заряд,



помилка тощо.

7. Конектори: зарядний пристрій має різні типи конекторів, які використовуються для підключення до акумулятора або батареї.

Загальною метою зарядного пристрою 12V є забезпечення ефективної та безпечної зарядки акумуляторів або батарей з напругою 12 вольт для забезпечення їхньої оптимальної роботи в різних пристроях або системах.

### **Батарея**

Батарея 12V Ni – МН (никель – металгідридна) є типом акумуляторної батареї, яка використовує хімічну реакцію між нікель – гідридним анодом та оксидом кадмію або гідроксидом нікеля катодом для зберігання та постачання електричної енергії (рис.2.3).

Основні характеристики батареї 12V Ni – МН:

1. Напруга: батарея має номінальну напругу 12 вольт, що дозволяє використовувати її в системах, які працюють з цим рівнем напруги.
2. Ємність: батарея має різну ємність, яка вимірюється в міліампер – годинах (mAh) і вказує на кількість енергії, яку вона зберігає. Більша ємність означає довший час роботи батареї перед необхідністю заряджання.
3. Тип хімії: батарея використовує нікель – металгідридну хімію, що забезпечує високу енергетичну ємність та довгий цикл роботи.
4. Заряджання: батарея заряджена за допомогою відповідного зарядного пристрою, який відповідає характеристикам Ni – МН батареї.
5. Ефект пам'яті: батарея Ni – МН має менший ефект пам'яті порівняно з іншими типами акумуляторів, що дозволяє зберігати батарею в ефективному стані.
6. Екологічність: батарея Ni – МН є менш шкідливою для навколишнього середовища, оскільки не містить шкідливих ртуті або кадмію.



Рисунок 2.3 – Батарея 12V Ni – МН

Батарея 12V Ni – МН широко використовується в різних пристроях, таких як портативні електронні пристрої, іграшки, безперебійні джерела живлення та інші застосування, де потрібна надійна та високопродуктивна енергія.

### **GPS модуль**

GPS модуль Neo – 6M є компактним модулем, що використовується для отримання географічних координат з супутникової системи позиціонування (GPS). Він базується на чіпсеті u – blox Neo – 6M, який забезпечує швидке та точне визначення місцезнаходження (рис.2.4) [23].



Рисунок 2.4 – GPS модуль Neo – 6М

Основні характеристики GPS модуля Neo – 6М:

1. Супутникова система: модуль Neo – 6М підтримує супутникові системи GPS (Global Positioning System) і SBAS (Satellite – Based Augmentation System), такі як WAAS, EGNOS, MSAS, що забезпечують точне позиціонування.
2. Виходи: модуль має різні виходи, включаючи UART (Universal Asynchronous Receiver – Transmitter) для зв'язку з мікроконтролером або комп'ютером, а також PPS (Pulse – Per – Second) для синхронізації часу.
3. Інтерфейс: модуль Neo – 6М використовує стандартний протокол комунікації NMEA (National Marine Electronics Association), що дозволяє отримувати дані про місцезнаходження, швидкість, напрямок руху та іншу інформацію.
4. Висока чутливість: модуль має високу чутливість прийому сигналу GPS, що дозволяє отримувати достатньо сильний сигнал навіть в умовах

обмеженої видимості супутників (наприклад, у внутрішньому приміщенні або міському середовищі).

5. Легка інтеграція: модуль Neo – 6M має компактний розмір і низьку споживану потужність, що робить його зручним для використання в різних електронних пристроях.

6. Приклади застосування: GPS модуль Neo – 6M широко використовується в проектах, пов'язаних з навігацією, геолокацією, стеженням транспорту, моніторингом погоди, автоматичним пілотуванням, спортивними пристроями та багатьма іншими областями.

Загальною метою використання GPS модуля Neo – 6M є отримання точних координат місцезнаходження, що відкриває безліч можливостей для створення різноманітних інтерактивних та автономних систем [23].

## 2.2 Функціональна схема

Функціональна схема – це зображення або діаграма, яка відображає структуру та взаємозв'язки між компонентами або елементами системи, пристрою або процесу.

Вона демонструє функціональні взаємозв'язки та взаємодію між різними елементами системи або процесу.

Функціональна схема використовується в різних галузях, таких як електроніка, інформаційні технології, автоматика, телекомунікації та інші. Вона допомагає розуміти, як система або пристрій працює, які функції виконуються на різних етапах та як вони взаємодіють між собою.

Функціональна схема допомагає інженерам і дизайнерам зрозуміти, як система працює та як її вдосконалити. Вона використовується для комунікації між різними спеціалістами та для документування системи для подальшого використання та аналізу [26].

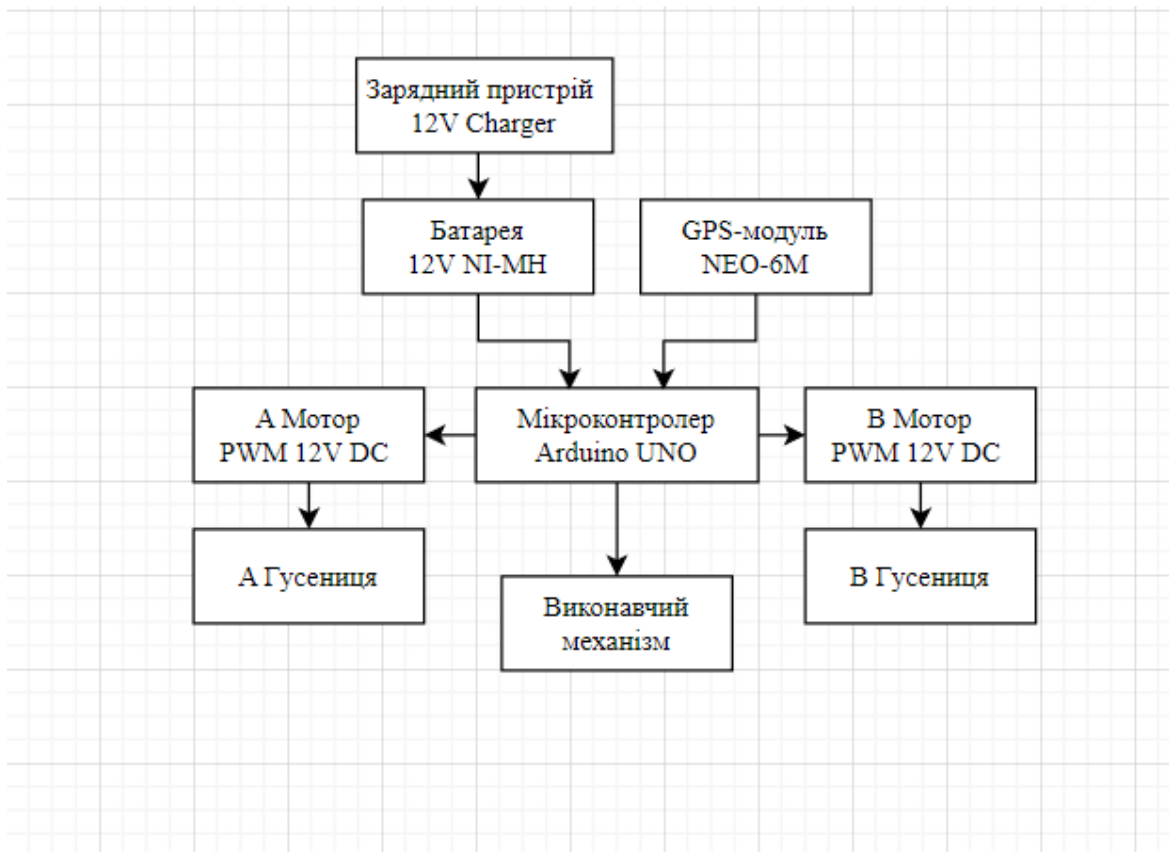


Рисунок 2.5 – Функціональна схема АСК транспортування

На рисунку 2.5 представлена схема, що включає наступні елементи та їх функціональні зв'язки:

1. Arduino Uno: це мікроконтролер, який виконує програмування та керування всією системою. Він має вбудовані цифрові та аналогові входи та виходи, а також можливості керування швидкістю виводів за допомогою сигналів PWM.

2. Два мотори PWM (12V DC): ці мотори призначені для виконання руху або механічних операцій. Вони підключені до виходів PWM Arduino Uno (наприклад, піни 3 та 5) для керування швидкістю обертання. Arduino Uno відправляє відповідні сигнали на мотори через відповідні з'єднання.

3. Зарядний пристрій (12V Charger): цей пристрій використовується для зарядки батареї. Він підключений до вхідного живлення батареї (12V Ni – MH) і надає потрібні струм та напругу для заряджання.

4. Батарея (12V Ni – MH): це джерело живлення для всієї системи. Батарея заряджається за допомогою зарядного пристрою і постачає енергію для живлення Arduino Uno та моторів. Вона підключена до вхідного живлення Arduino Uno (наприклад, за допомогою контакту VIN або роз'єму живлення).

5. GPS модуль (NEO – 6M): цей модуль використовується для отримання географічних координат, швидкості та іншої інформації про місцезнаходження. Він підключений до Arduino Uno за допомогою вхідно – вихідних портів (наприклад, TX та RX), що дозволяє передавати та отримувати дані. Arduino Uno обробляє отримані дані з GPS модуля та використовує їх для подальшого виконання завдань, наприклад, для навігації або збору даних.

Оглядаючи схему, зрозуміло, що Arduino Uno виступає як центральний контролер, який приймає сигнали з GPS модуля, обробляє їх та видає відповідні команди моторам за допомогою сигналів PWM. Батарея та зарядний пристрій забезпечують необхідне живлення для всієї системи, дозволяючи їй працювати незалежно від зовнішнього джерела живлення.

В цілому, ця схема дозволяє використовувати Arduino Uno разом з двома моторами, зарядним пристроєм, батареєю та GPS модулем для створення функціональної системи, яка керує рухом або виконувати механічні операції залежно від отриманої інформації про місцезнаходження.

### **2.3 Блок – схема алгоритму**

Блок-схема алгоритму – це графічне зображення або діаграма, яка використовується для візуалізації послідовності операцій або дій в алгоритмі. Вона складається з блоків, які представляють окремі операції, та стрілок, що показують напрямок виконання алгоритму.

Блоки – схеми алгоритму широко використовуються в програмуванні, проектуванні систем, процесах прийняття рішень та інших областях, де необхідно представити послідовність дій або процесу.

Основні елементи блок – схеми алгоритму включають:

Початок і кінець: це спеціальні блоки, які позначають початок і кінець алгоритму. Вони зазвичай позначаються стартовим і зупинковим символами.

Блоки операцій: це блоки, які представляють конкретні операції або дії, що виконуються в алгоритмі. Наприклад, це арифметичні операції, логічні операції, умовні переходи, цикли тощо. Кожен блок містить опис операції та має певні вхідні та вихідні дані.

Стрілки або лінії: це з'єднувальні елементи, які показують порядок виконання блоків. Вони вказують напрямок виконання алгоритму, де кожна стрілка показує перехід від одного блоку до наступного.

Умовні блоки: це спеціальні блоки, які представляють умови або рішення, які впливають на хід виконання алгоритму. Наприклад, умовний оператор "if", який перевіряє певне умовне вираз і визначає, яку гілку потрібно обрати в залежності від результату перевірки умови [27].

Основний алгоритм для даної системи має наступну структуру:

1. Ініціалізація:

Підключення моторів до вихідних портів Arduino Uno з підтримкою PWM. Підключення GPS модуля до вхідно – вихідних портів Arduino Uno. Ініціалізація необхідних змінних та параметрів.

2. Очікування сигналу:

Очікування вхідного сигналу або команди для активації системи. При отриманні сигналу переходимо до наступних кроків, в іншому випадку продовжуємо очікувати.

3. Зчитування даних з GPS модуля:

Отримання даних про географічні координати, швидкість та іншу інформацію про місцезнаходження з GPS модуля. Збереження отриманих даних у відповідних змінних.

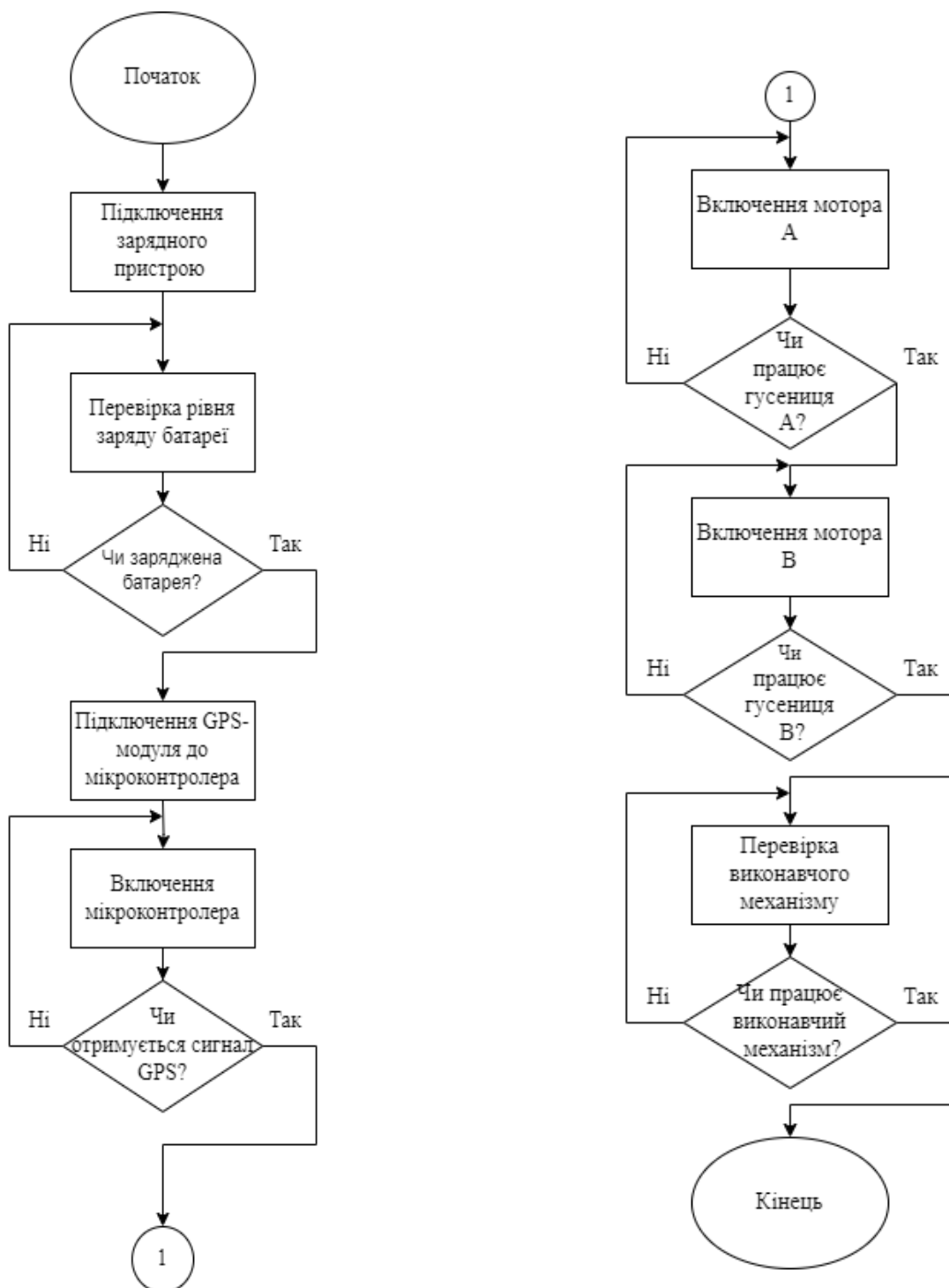


Рисунок 2.6 – Блок – схема алгоритму роботи АСК транспортування

#### 4. Аналіз та обробка даних:

Виконання необхідних обчислень та перевірок на основі отриманих даних. Прийняття рішень щодо подальших дій на основі оброблених даних.



#### 5. Керування моторами:

Встановлення відповідних значень PWM для керування швидкістю обертання моторів залежно від розрахунків та прийнятих рішень. Управління напрямком руху моторів залежно від потрібних дій.

#### 6. Повторення:

Повернення до кроку 3 для зчитування та аналізу нових даних з GPS модуля.

#### 7. Зупинка:

У разі виявлення сигналу або команди зупинити систему, зупинити рух моторів та вийти з програми.

### 2.4 Електрична принципова схема

Електрична принципова схема є зображенням компонентів, їх з'єднань та взаємодії в електричній системі або пристрої. Вона використовується для ілюстрації структури та принципу роботи електричного пристрою, такого як електрична мережа, електрична схема пристрою або електронна схема.

Електрична принципова схема складається з елементів, які зображують різні компоненти, наприклад, резистори, конденсатори, індуктивності, джерела живлення, перемикачі, лампи, транзистори тощо. Кожен компонент позначається спеціальним символом, який відповідає його функції.

Компоненти з'єднуються лініями або провідниками, які вказують напрямок потоку електричного струму. З'єднання представлені лініями, які з'єднують виводи компонентів, а також символами, що показують, які контакти пов'язані.

Електрична принципова схема не має за мету точно відобразити розташування та фізичний вигляд компонентів, але вона передає важливу

інформацію про зв'язки між ними та послідовність функцій. Вона дозволяє інженерам та технікам аналізувати та розробляти електричні системи, встановлювати помилки, вирішувати проблеми та виконувати моделювання та симуляцію перед реалізацією фізичного пристрою.

Отже, електрична принципова схема є важливим інструментом для розуміння та проектування електричних систем і допомагає забезпечити правильну роботу та взаємодію компонентів в електричній схемі. Вона дозволяє визначити, як електричний струм проходить через різні компоненти, включаючи джерела енергії, перемикачі, резистори, конденсатори, індуктивності та інші елементи.

Наприклад, у простій електричній схемі джерела енергії, такі як батареї або джерела живлення, які постачають електричний струм у схему. Цей струм проходить через резистори, які обмежують його потік, або через конденсатори та індуктивності, які зберігають енергію та змінюють поведінку схеми залежно від часу.

З'єднання між компонентами на схемі відображаються лініями, які представляють провідники, що переносять електричний струм. Також використовуються спеціальні символи або позначки, щоб показати, які виводи різних компонентів з'єднані між собою.

Важливою частиною електричної принципової схеми є схематичні символи компонентів. Кожен компонент має свій унікальний символ, який показує його функцію та властивості. Наприклад, резистори зображуються у вигляді прямокутника з характерними позначками, а джерела енергії має позначення батареї або кола з характерними знаками плюса і мінуса.

Електричні принципові схеми дуже корисні при проектуванні, будівництві та ремонті електричних пристроїв і систем. Вони допомагають зрозуміти логіку роботи схеми, виявити можливі проблеми та забезпечити правильне підключення компонентів.

### 2.4.1 Електрична принципова схема зарядного пристрою

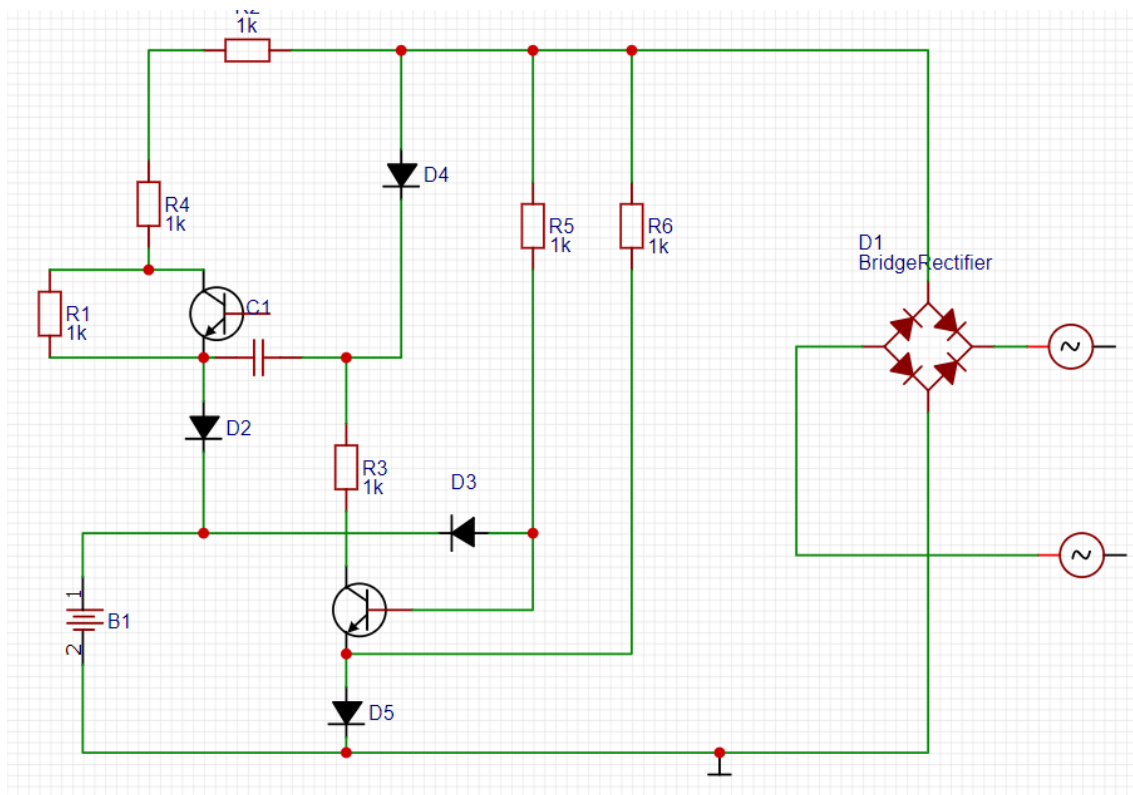


Рисунок 2.7 – Електрична принципова схема зарядного пристрою

На рисунку 2.7 зображена схема зарядного пристрою призначена для заряджання однієї або кількох батарей загальною номінальною напругою 12 В, таких як десять NiCd батарей або шість 2-вольтових свинцево-кислотних акумуляторів. Вона має компактний розмір і вбудована в мережевий адаптер живлення. Ця схема досить небезпечна у використанні, оскільки вона відповідає наступним умовам: неправильне підключення акумуляторів із зворотною полярністю, коротке замикання вихідних клем або втрата живлення позитивно впливають на зарядний пристрій або акумулятор.

Основні компоненти схеми включають трансформатор із вторинною обмоткою напругою 18 В, діодний міст для випрямлення змінного струму, конденсатор С1 для отримання постійного струму з напругою 22 В, резистори R2, R4, R5 і R6, діод D1 та транзистор Т1 для контролю зарядки, а також



Електрична принципова схема модуля NEO– 6М складається з декількох ключових компонентів:

**GPS– приймач:** Основний компонент, який отримує сигнали від супутників GPS та декодує їх для отримання інформації про місцезнаходження.

**Антенa:** Модуль NEO– 6М має вбудовану антену або зовнішню антену, яка приймає сигнали від супутників GPS.

**Мікроконтролер:** Вбудований мікроконтролер відповідає за управління роботою модуля, обробку отриманих даних та взаємодію з іншими компонентами.

**Інтерфейси:** Модуль NEO– 6М має різні інтерфейси, такі як UART або I2C, для забезпечення комунікації з іншими пристроями, наприклад, мікроконтролерами або комп'ютерами.

**Живлення:** Модуль NEO– 6М потребує стабільного джерела живлення, зазвичай 3,3 В або 5 В, для своєї роботи.

### 2.4.3 Електрична принципова мотора

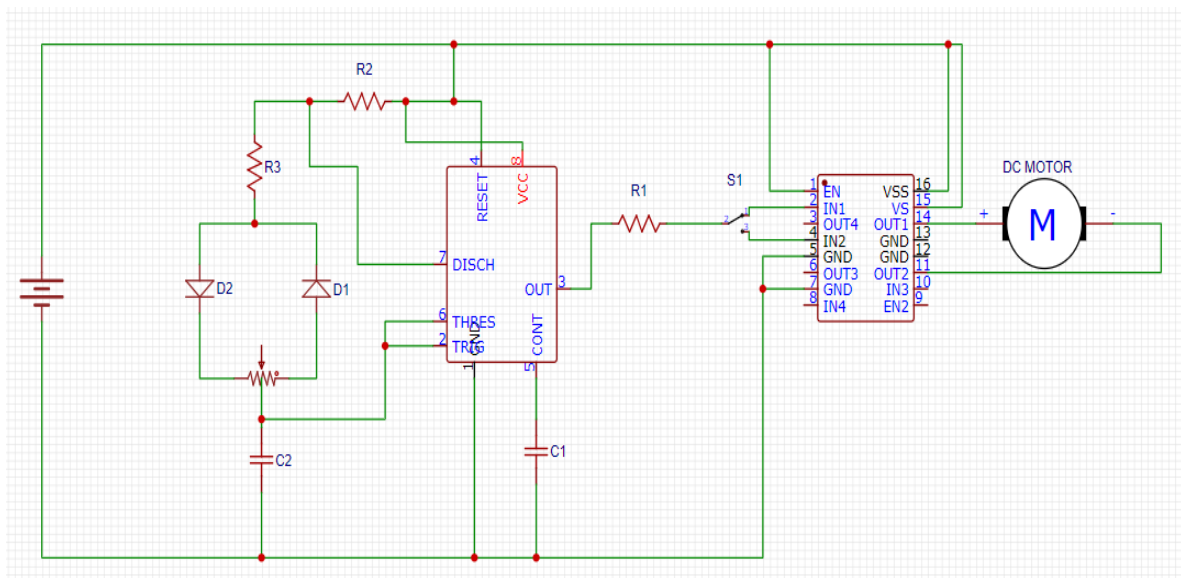


Рисунок 2.9 Електрична принципова мотора

На рисунку 2.9 зображена схема для регулювання швидкості постійного

струму (DC) використовується принцип широтно– імпульсної модуляції (PWM) з використанням таймера IC 555. Залежно від положення потенціометра, таймер генерує прямокутні імпульси зі змінною шириною, або коефіцієнтом заповнення.

Вихідний сигнал від таймера IC 555 безпосередньо підключається до IC H– Bridge – моторного драйвера. H– міст (H– Bridge) – це спеціальна схема, яка дозволяє керувати напрямком руху двигуна, забезпечуючи можливість руху як за годинниковою, так і проти годинникової стрілки. Таким чином, за допомогою цієї схеми керує двома моторами одночасно і змінювати їх напрямок руху.

DC– мотор підключений між виводами 1 (out 1) та 2 (out 2) моторного драйвера IC. Завдяки цій схемі регулює швидкість обертання мотора шляхом зміни ширини імпульсів PWM і змінювати напрямок обертання мотора шляхом відповідної зміни вхідного сигналу для моторного драйвера.

## **2.5 Моделювання**

### **2.5.1 Створення шестерні**

При створенні шестерні в програмі Onshape спочатку відкривається новий документ і обирається потрібний шаблон для моделі. Далі вибираються необхідні інструменти з панелі інструментів програми.

Створюється базова форма шестерні за допомогою кругів, кілець та прямих ліній. Використовуючи інструмент «Sketch», намальовується профіль шестерні та визначаються розміри та форма зубців.

Далі застосовується інструмент «Pattern» або «Circular Pattern» для створення додаткових зубців шестерні, відображених за круговим шаблоном. Це дозволяє швидко створити повний комплект зубців для шестерні.

Завершивши створення шестерні, продовжити редагування моделі,

встановити точні розміри, фаски, отвори або інші необхідні деталі.

Після завершення процесу моделювання шестерні, документ зберегти та використовувати для подальшого проектування дрона.

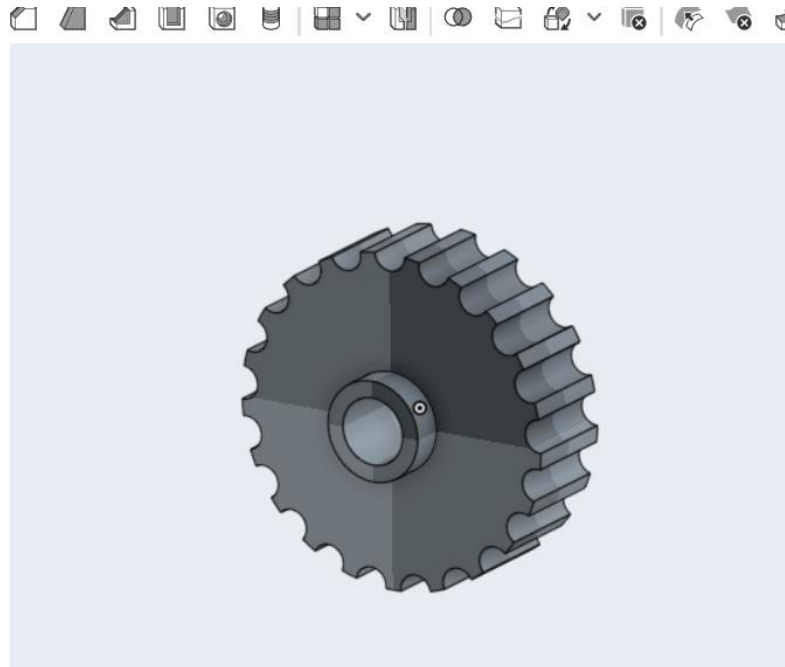


Рисунок 2.10 – Перша деталь

### 2.5.2 Корпус

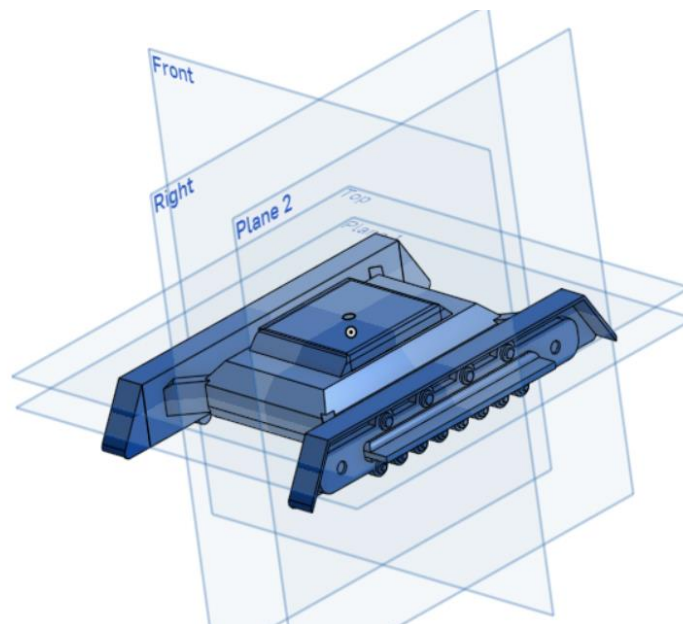


Рисунок 2.11 – Корпус

На зображенні видно корпус гусеничного дрона. Описуючи його, зазначити наступні елементи:

**Основний корпус:** це центральна частина корпусу, яка обгортає внутрішні компоненти дрона і забезпечує захист та підтримку. Він має вирізи та отвори для монтажу різних елементів, наприклад, контролерів, батарей, камер або датчиків.

**Верхня кришка:** це пластикова або металева панель, яка криє верхню частину корпусу. Вона має вирізи для доступу до різних портів, кнопок або інтерфейсів, а також має місце для кріплення камери або інших пристроїв.

**Нижня кришка:** це пластикова або металева панель, яка криє нижню частину корпусу. Вона має вирізи для доступу до портів, кнопок та інших інтерфейсів та місце для кріплення додаткових компонентів.

**Рейки (рейлінги):** це виступаючі частини по боках корпусу, які мають отвори або канавки для кріплення додаткових аксесуарів, наприклад, освітлення, антен або інших модулів.

**З'єднувальні елементи:** корпус містить різні з'єднувальні елементи, такі як гвинти, болти або застібки, які використовуються для збирання та закріплення різних частин корпусу разом.

**Вентиляційні отвори:** на корпусі є вирізи або отвори для забезпечення вентиляції і відведення тепла від внутрішніх компонентів дрона, що допомагає попередити перегрів.

Корпус гусеничного дрона відіграє важливу роль у захисті та структурній цілісності внутрішніх компонентів, а також забезпечує зручність в монтажі та доступі до різних елементів системи.

Корпус включає в себе наступні компоненти:

**Два мотори PWM (12V DC):** ці мотори встановлені всередині корпусу і використовуються для керування рухом або виконання механічних операцій.

**Зарядний пристрій (12V Charger):** цей компонент розташовується



всередині корпусу і використовується для зарядки батареї. Він підключений до джерела живлення та забезпечує потрібний струм і напругу для зарядки.

Батарея (12V Ni – MH): цей компонент розташовується всередині корпусу і є джерелом живлення для системи. Вона підключена до зарядного пристрою та постачає енергію для живлення Arduino Uno, моторів та інших компонентів.

GPS модуль (NEO – 6M): цей компонент знаходиться всередині корпусу і використовується для отримання географічних координат, швидкості та іншої інформації про місцезнаходження. Він підключений до Arduino Uno та передає дані для подальшого використання в програмі.

Всі ці компоненти розташовані всередині корпусу, що забезпечує їх захист і взаємодію з іншими елементами системи. Корпус має відповідні отвори та кріпильні елементи для забезпечення правильного розташування та фіксації компонентів.

### 2.5.3 Гусениця

Створюю нову скетч – площину для гусениці, вибираю поверхню, на якій буде розташована гусениця.

За допомогою інструментів креслення, таких як лінії, дуги та криві, малюю контур гусениці на скетч – площині. Дотримуюся вимог проекту та розмірів гусениці, щоб забезпечити точність моделі.

Зберігаю скетч та перехожу до наступного етапу.

За допомогою інструментів витягування або витягнутий базовий виріз створюю тривимірну модель гусениці, надаючи їй необхідну товщину та форму. Визначаю висоту гусениці відповідно до потреб проекту.

Додатковими інструментами, такими як заокруглення країв або витягування отворів, додаю деталі та поліпшую функціональність гусениці. Забезпечую наявність необхідних особливостей, таких як зубці або кільцеві канавки, якщо вони потрібні для зчеплення з іншими елементами дрона.

Перевіряю модель на наявність помилок або невідповідностей за допомогою вбудованих інструментів перевірки та аналізу в програмі Onshape. Використовую перевірки розмірів, перетину та інших характеристик, щоб забезпечити коректність моделі.

Зберігаю модель гусениці у відповідному форматі, такому як STEP або STL, для подальшого використання або виготовлення.

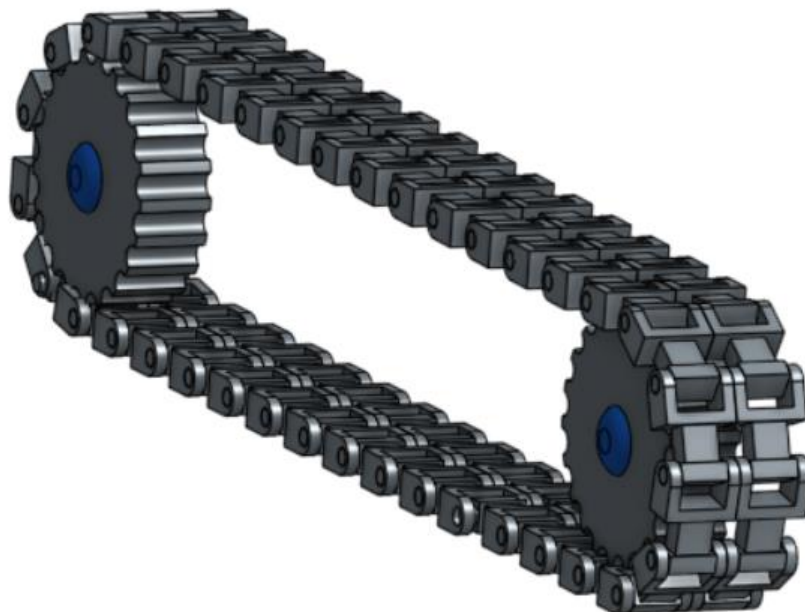


Рисунок 2.12 – Гусениця

Складнощі створення:

Складна геометрія: Гусениця може мати складну форму, що включає кривизну, з'єднання кінців, або витягнуті ділянки. Реалізація цієї геометрії вимагає використання різних інструментів і технік моделювання для точного відтворення дизайну.

Параметризація: задання відповідних розмірів і параметрів гусениці є важливим аспектом. Врахувати розміри гусениці, кількість ланок, глибину

протектора та інші характеристики, щоб модель була точною і функціональною.

Зборка: якщо гусениця складається з багатьох деталей, збирання цих деталей в правильному порядку є складним завданням. Важливо уважно спланувати монтажні точки та способи кріплення, щоб забезпечити стабільність і надійність конструкції.

Перевірка на вигин: гусениця для дрона піддається значному навантаженню та напруженню. Під час моделювання важливо врахувати механічні властивості матеріалу та перевірити, чи витримає гусениця необхідні навантаження без вигину або пошкоджень.

Загалом, створення складної моделі гусениці для дрона вимагає великої уваги до деталей, технічного знання та використання відповідних інструментів та технологій. Вирішення цих складнощів вимагає часу та терпіння, але з правильним підходом можна досягти бажаного результату.

#### **2.5.4 Загальний вигляд моделі**

У програмі Onshape було виконано наступні кроки для приєднання гусениці до корпусу:

Відкрито програму Onshape та відкрито відповідний документ проекту, де знаходяться моделі гусениці та корпусу.

Створено новий документ збірки (assembly) або відкрито існуючий.

Додано моделі гусениці та корпусу до документа збірки.

Розміщено моделі в потрібному положенні, щоб вони були коректно приєднані одна до одної.

Використано відповідні інструменти збірки, такі як приєднати, мати, отворити отвір, для з'єднання гусениці з корпусом.

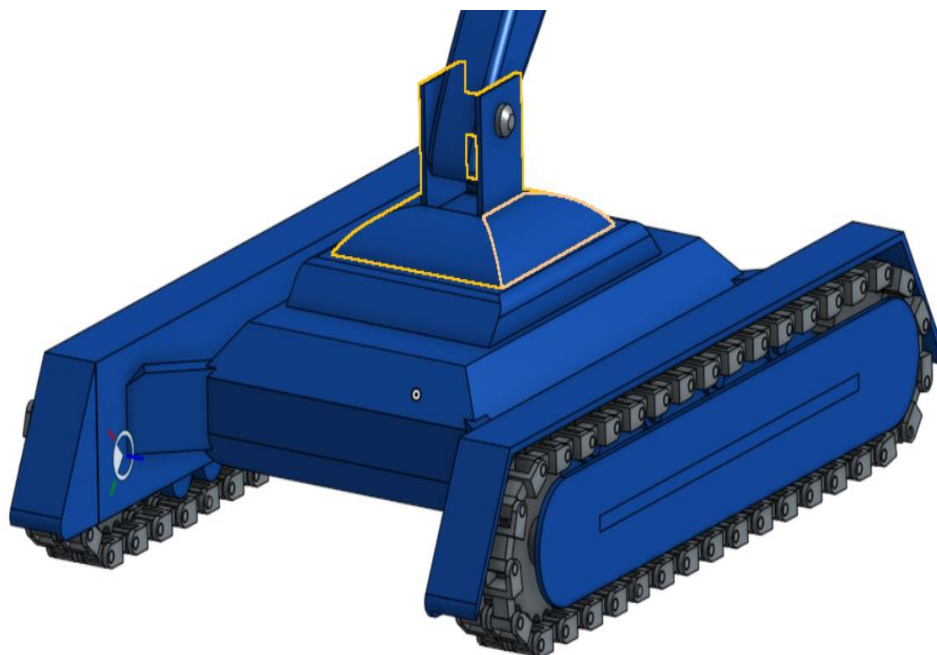


Рисунок 2.13 – Загальний вигляд АСК транспортування

Переконаємось що гусениця належним чином вписана в корпус і коректно приєднана, забезпечуючи стійкість та надійність.

Перевірено збірку на наявність конфліктів, перекриттів або некоректних з'єднань, використовуючи функції перевірки та аналізу в програмі Onshare.

Збережено збірку відповідним чином, забезпечуючи доступність для подальшого використання та додаткових модифікацій.

Цей процес дозволяє правильно і надійно приєднати гусеницю до корпусу в програмі Onshare, створюючи повну модель дрона на гусеницях.

Гусениця під'єднана до корпусу за допомогою спеціальних кріпильних елементів. Корпус має вбудовані рейки або канавки, по яких рухаються гусениці. Гусениці мають зубці або штифти, які входять у відповідні отвори або пази в корпусі, забезпечуючи їх надійне кріплення.

Процес роботи гусеничного дрона передбачає такі етапи:

Підготовка до роботи: зарядити батарею за допомогою зарядного пристрою. Переконатися, що всі компоненти готові до використання,

включаючи Arduino Uno, мотори, GPS модуль та інші необхідні елементи.

Запуск дрона: увімкніть Arduino Uno та інші необхідні компоненти. Переконайтеся, що з'єднання між гусеницею та моторами встановлені належним чином. Впевнитися, що GPS модуль отримує достатньо сигналу для визначення місцезнаходження.

Керування рухом: використання програми або контролера для керування дроном. За допомогою сигналів PWM, Arduino Uno керує швидкістю обертання моторів, що призводить до руху гусениць. За необхідності, використання даних з GPS модуля для навігації та керування рухом дрона.

Виконання завдань: залежно від призначення дрона, він виконує різноманітні завдання, такі як зйомка відео з повітря, доставка вантажу або дослідження місцезнаходження. Дані з GPS модуля використовуються для точного визначення місця призначення або виконання певних дій.

Завершення роботи: після завершення роботи вимкнення дрон та його компоненти. Забезпечення належного зберігання та обслуговування дрона та його компонентів для подальшого використання.

Це загальний опис процесу під'єднання гусениці до корпусу та роботи гусеничного дрона. Залежно від конкретних вимог та налаштувань, процес варіюється.

### **2.5.5 Перспективи**

Приєднання маніпулятора до гусеничного дрона має кілька переваг:

Розширені можливості: маніпулятор дозволяє додати функціональність до гусеничного дрона, таку як підйом та переміщення вантажів, розташування об'єктів та виконання точних операцій. Це дозволяє використовувати дрон в широкому спектрі додаткових застосувань.

Гнучкість та адаптивність: маніпулятори мають різні форми та розміри, що дозволяє їх легко адаптувати до потреб конкретного завдання або проекту.

Вони налаштовані під конкретні вимоги і забезпечити оптимальну функціональність.

Дистанційне управління: застосування маніпулятора на гусеничному дроні дозволяє виконувати операції на відстані. Це особливо корисно у важкодоступних або небезпечних місцях, де необхідно забезпечити безпеку оператора.

Покращена точність та стабільність: маніпулятори обладнані датчиками та системами стабілізації, що забезпечують точність та стабільність при виконанні рухів. Це особливо важливо для вимогливих завдань, де потрібна висока точність та контроль.

Автоматизація процесів: застосування маніпулятора на гусеничному дроні допомогти автоматизувати певні робочі процеси. Наприклад, вантажні операції автоматизовані, що забезпечить ефективність та зниження витрат часу.

Приєднання маніпулятора до гусеничного дрона розширює можливості його використання, забезпечуючи додаткову функціональність та адаптивність. Це відкриває широкі перспективи для застосування в різних галузях, включаючи логістику, рятувальні операції, дослідження та багато інших.

Для приєднання маніпулятора до гусеничного дрона в перспективі виконати наступні кроки:

Підготувати маніпулятор та гусеничний дрон для зборки. Впевнитися, що вони мають всі необхідні компоненти та кріплення.

Розташувати гусеничний дрон та маніпулятор у відповідних позиціях, так щоб вони знаходилися в правильному взаємному положенні.

Застосувати кріплення для з'єднання маніпулятора з гусеничним дроном. Це включає використання болтів, гвинтів, зажимів або інших засобів кріплення відповідно до конструкції.

Впевнитися, що маніпулятор щільно прилягає до гусеничного дрона та надійно закріплений. Переконатися, що всі з'єднання безпечні та стійкі.

Перевірити рухомість маніпулятора та його функціональність. Переконалися, що він виконує необхідні операції та рухи без перешкод.

Перевірити загальну стабільність системи та забезпечити, щоб приєднання маніпулятора не впливало на роботу гусеничного дрона.

Здійснити тестові випробування та переконатися, що приєднання маніпулятора до гусеничного дрона працює належним чином та задовольняє всі вимоги проекту.

Цей опис показує загальний процес приєднання маніпулятора до гусеничного дрона в перспективі. Залежно від конкретної конструкції та вимог проекту необхідні додаткові кроки та налаштування.

## **2.6 Програмний код для мікроконтролера АСК транспортування**

Програмний код для мікроконтролера – це набір інструкцій, написаних на мові програмування, які керують роботою мікроконтролера. Він виконується безпосередньо на мікроконтролері і відповідає за керування його функціями і периферійними пристроями.

Характеристики програмного коду для мікроконтролера включають наступне:

Мова програмування: вибір мови програмування залежить від мікроконтролера і його підтримки. Популярні мови програмування для мікроконтролерів включають C, C++, assembler і мови, специфічні для певних платформ.

Інструкції та алгоритми: Код мікроконтролера містить інструкції, які вказують мікроконтролеру, що робити. Це арифметичні операції, управляючі конструкції, робота з пам'яттю, взаємодія з периферійними пристроями тощо. Алгоритми визначають послідовність операцій для досягнення бажаного результату.

Робота з периферіями: Мікроконтролер має різні периферійні пристрої,

такі як ADC (аналогово-цифровий перетворювач), UART (універсальний асинхронний приймач-передавач), GPIO (введення-виведення загального призначення) і т.д. Програмний код включає налаштування і взаємодію з цими пристроями.

**Обробка переривань:** Мікроконтролер може підтримують переривання, що дозволяють йому реагувати на певні події в реальному часі. Програмний код повинен включати обробку переривань і виконувати певні дії відповідно до подій.

**Оптимізація ресурсів:** Мікроконтролери мають обмежені ресурси, такі як обсяг пам'яті і обчислювальну потужність. При розробці програмного коду необхідно оптимізувати використання ресурсів, щоб забезпечити ефективну роботу мікроконтролера [30].

Надано приклад коду для Arduino UNO, в якому використовуються GPS модуль NEO– 6M та два мотори PWM (12V DC). Код забезпечує отримання даних з GPS модуля та керування рухом двигунів.

Підключається бібліотека SoftwareSerial для зчитування даних з GPS модуля через піни RX і TX. Значення пінів підключення GPS модуля NEO– 6M визначаються змінними `gpsRxPin` і `gpsTxPin`.

Далі визначаються піни підключення двох моторів PWM (`motorPin1`, `motorPin2`, `motorPin3`, `motorPin4`).

У функції `moveForward()` задаються значення PWM для переміщення вперед, а у функції `stopMoving()` встановлюються значення 0 для зупинки двигунів (рис.2.14).



```
};  
#include <SoftwareSerial.h>  
// Піни підключення GPS модуля Neo-6M  
const int gpsRxFPin = 2; // RX пін  
const int gpsTxPin = 3; // TX пін  
  
SoftwareSerial gpsSerial(gpsRxFPin, gpsTxPin);  
  
// Піни підключення двох моторів PWM 12V DC  
const int motorPin1 = 5;  
const int motorPin2 = 6;  
const int motorPin3 = 9;  
const int motorPin4 = 10;  
  
// Функція для переміщення вперед  
void moveForward() {  
    analogWrite(motorPin1, 255); // Швидкість 1-го мотора вперед  
    analogWrite(motorPin2, 0); // Зупинка 1-го мотора  
    analogWrite(motorPin3, 255); // Швидкість 2-го мотора вперед  
    analogWrite(motorPin4, 0); // Зупинка 2-го мотора  
}  
  
// Функція для зупинки руху  
void stopMoving() {  
    analogWrite(motorPin1, 0); // Зупинка 1-го мотора  
    analogWrite(motorPin2, 0); // Зупинка 1-го мотора  
    analogWrite(motorPin3, 0); // Зупинка 2-го мотора  
    analogWrite(motorPin4, 0); // Зупинка 2-го мотора  
}
```

Рисунок 2.14 – Перша частина коду

У функції `setup()` ініціалізуються серійний зв'язок з GPS модулем та налаштовуються піни моторів як вихідні.

У функції `loop()` зчитуються дані з GPS модуля в циклі, якщо вони доступні. Далі наведено приклад руху вперед на 5 секунд за допомогою функції `moveForward()`, потім зупинка на 2 секунди за допомогою функції `stopMoving()`. Цей процес повторюється нескінченно (рис.2.15).

```
void setup() {  
  // Ініціалізація серійного зв'язку з GPS модулем  
  gpsSerial.begin(9600);  
  
  // Налаштування пінів моторів як вихідних  
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  // Отримання даних з GPS модуля  
  while (gpsSerial.available()) {  
    char data = gpsSerial.read();  
    // Обробка отриманих даних з GPS модуля  
    // (додайте код для обробки даних з GPS модуля за потреби)  
  }  
  
  // Приклад руху вперед на 5 секунд, потім зупинка на 2 секунди  
  moveForward();  
  delay(5000);  
  stopMoving();  
  delay(2000);  
}
```

Рисунок 2.15 – Друга частина коду

### Висновки до другого розділу

У другому розділі дипломної роботи було проведено детальний аналіз та розробку компонентів гусеничного дрона.

1. Спочатку створена функціональна схема, яка визначає основні функції та взаємозв'язки між компонентами дрона. Це дозволило визначити функціональні вимоги до дрона та забезпечити їх втілення в проекті.

2. Далі розроблена блок – схема алгоритму роботи дрона, яка відображає послідовність дій, необхідних для виконання основних функцій. Це дозволило систематизувати процеси та встановити логіку роботи дрона.

3. Розроблена електрично – принципова схема, що включає всі

електричні компоненти дрона, такі як мотори PWM, зарядний пристрій, батарея та GPS модуль. Це дозволило встановити правильні з'єднання та взаємодію компонентів для забезпечення ефективної роботи дрона.

4. Крім того, проведено моделювання дрона, використовуючи програму Onshape. Це дозволило візуалізувати та перевірити взаємодію компонентів, правильність їх розташування та вирішити потенційні проблеми до фізичного втілення. В цьому розділі детально описано кожен компонент дрона, його роль та функції, а також виконано моделювання, що дозволило забезпечити оптимальну функціональність та взаємодію всіх елементів.

Висновок даного розділу підкреслює важливість аналізу та розробки компонентів дрона, а також їх моделювання для забезпечення успішної реалізації проекту. Такий підхід дозволяє забезпечити високу функціональність, ефективність та надійність роботи гусеничного дрона.

## ВИСНОВКИ

1. Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження є ефективним інструментом для полегшення транспортування вантажів у важкодоступних або складних місцях. Ця система може працювати за допомогою програмного забезпечення, датчиків, механічних або електронних пристроїв, які дозволяють контролювати рух вантажів і запобігати можливим перешкодам або небезпекам на шляху. Вона може бути програмована для виконання різних завдань, таких як підняття, переміщення, складування або вивантаження вантажів. Автоматизація в транспортуванні вантажів допомагає замінити або полегшити ручні роботи, покращує точність та контроль над процесом.

2. Проведений аналіз ринку транспортних систем, що використовуються в умовах зони ускладненого проходження, дозволив виявити як недоліки, так і переваги існуючих рішень. Це допоможе при формуванні вимог до нової транспортної системи і врахуванні попередніх досвідів для покращення продукту.

3. Розглянуті існуючі конструкції транспортних систем, а також сформовані критерії, що слугуватимуть основою для подальшої розробки. Це дозволяє визначити основні вимоги до нової системи та забезпечити її ефективність та безпеку в умовах ускладненого проходження.

4. Розроблені функціональна схема та алгоритми для автоматизації процесу транспортування вантажів, що враховують усі ускладнення та потенційні ризики.

5. Розроблена 3D модель конструкції в програмному середовищі Onshape. Це дозволить візуалізувати та перевірити працездатність конструкції перед фізичною реалізацією, а також забезпечить можливість внесення виправлень та покращень до проекту.

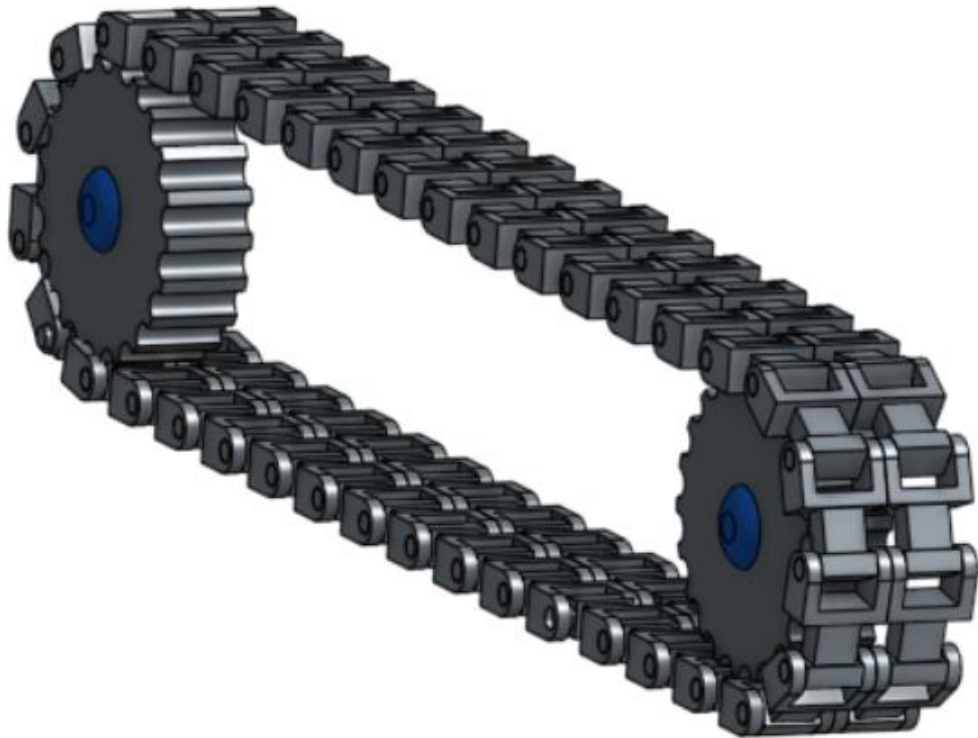
## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. <https://www.britannica.com/technology/automation/Transportation>(дата звернення: 11.03.2023)
2. [https://logistics.public.lu/en/why\\_luxembourg/logistics\\_infrastructure/automated\\_transport\\_systems.html](https://logistics.public.lu/en/why_luxembourg/logistics_infrastructure/automated_transport_systems.html) (дата звернення: 11.03.2023)
3. [Bizon, Nicu & Dascalescu, Lucian & M. Tabatabaei, Naser. \(2014\). Autonomous vehicles: Intelligent transport systems and smart technologie.](#) (дата звернення: 14.03.2023)
4. <https://www.automate.org/robotics> (дата звернення: 02.04.2023)
5. <https://www.automation.com/> (дата звернення: 02.04.2023)
6. <https://ifr.org/> (дата звернення: 05.04.2023)
7. "Robotics: Modelling, Planning and Control" авторів Бруно Сікарецького та Марчелло Х. Ангеллі(2009) (дата звернення: 06.04.2023)
8. "Industrial Automation: Hands – On" автора Френка Ламберта(2013) (дата звернення: 13.04.2023)
9. Beards, C., & Werger, B. (2015). "Design and Analysis of a Track – Based Autonomous Mobile Robot for Indoor Transportation Tasks." *Journal of Field Robotics*, 32(1), 103 – 128. (дата звернення: 15.04.2023)
10. Shariati, N., Solvang, B., & Dubois, A. (2016). "Autonomous Mobile Robots in Logistics: A Review." *Procedia Computer Science*, 83, 416 – 423. (дата звернення: 15.04.2023)
11. <https://www.researchgate.net/>(дата звернення: 19.04.2023)
12. <https://www.sciencedirect.com/>(дата звернення: 19.04.2023)
13. "Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control" автора Джорджа Бекстона(2017) (дата звернення: 25.04.2023)

14. Keshmiri, S., Saadatzi, M. N., & Kazemi, R. (2020). "A Review of Autonomous Mobile Robot Systems for Industrial Applications." *Robotics and Autonomous Systems*, 123, 10(дата звернення: 25.04.2023)
15. <https://www.csiaexchange.com/>(дата звернення: 25.04.2023)
16. García – Rodríguez, R., & Haber Guerra, R. E. (2020). "Development of a Mobile Robot for Object Transportation in Unstructured Environments." *Sensors*, 20(8), 2351. (дата звернення: 25.04.2023)
17. <https://roboticsandautomationnews.com/>(дата звернення: 30.04.2023)
18. <https://www.robotshop.com/collections/tracked-development-platforms>(дата звернення: 03.05.2023)
19. <https://www.superdroidrobots.com/store/robotic-kits-platforms/tracked-robots> (дата звернення: 10.05.2023)
20. "Introduction to UAV Systems" by Paul Fahlstrom and Thomas Gleason(2012) (дата звернення: 10.05.2023)
21. "Small Unmanned Aircraft Systems Guide: Exploring Designs, Operations, Regulations, and Economics" by Brent Terwilliger(2017) (дата звернення: 15.05.2023)
22. <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>(дата звернення: 18.05.2023)
23. <https://arduino.ua/ru/prod4091-modul-gps-neo-6m-mini-sma>(дата звернення: 18.05.2023)
24. <https://www.amazon.com/Controller-Driver-Module-Current-Regulator/dp/B075LB9ZG9>(дата звернення: 18.05.2023)
25. <https://chako.ua/ru/catalog/multikoptery/dji-matrice-600-pro/>(дата звернення: 19.05.2023)
26. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Functional\\_Flow\\_Block\\_Diagram\\_Format.jpg](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Functional_Flow_Block_Diagram_Format.jpg)(дата звернення: 19.05.2023)
27. <https://yevshan.com.ua/info/006/content/content3.html>(дата звернення: 19.05.2023)

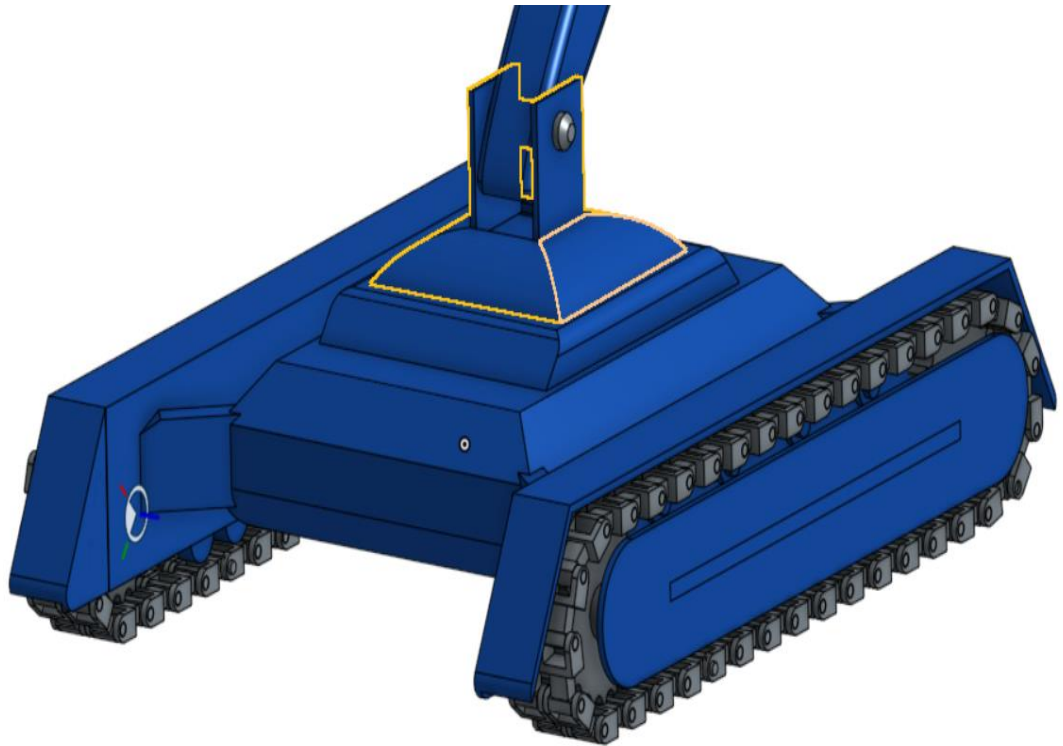
28. <https://forum.arduino.cc/>(дата звернення: 19.05.2023)
29. "Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform" (Массімо Банзі)(2014) (дата звернення: 19.05.2023)
30. "Arduino Workshop: A Hands– On Introduction with 65 Projects" (Джон Боковаччо)(2013) (дата звернення: 19.05.2023)

## Додаток А

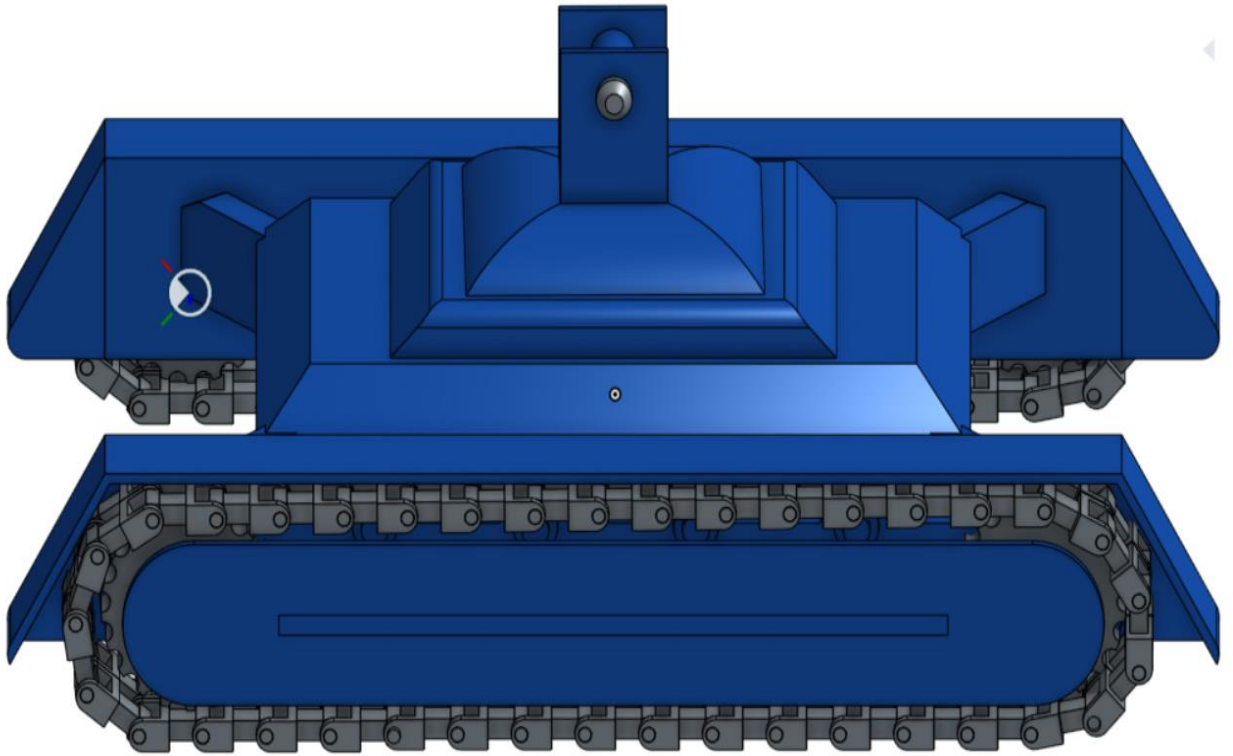




## Додаток Б



## Додаток В



## Додаток Г

```
}#include <SoftwareSerial.h>
// Піни підключення GPS модуля Neo-6M
const int gpsRxPin = 2; // RX пін
const int gpsTxPin = 3; // TX пін

SoftwareSerial gpsSerial(gpsRxPin, gpsTxPin);

// Піни підключення двох моторів PWM 12V DC
const int motorPin1 = 5;
const int motorPin2 = 6;
const int motorPin3 = 9;
const int motorPin4 = 10;

// Функція для переміщення вперед
void moveForward() {
  analogWrite(motorPin1, 255); // Швидкість 1-го мотора вперед
  analogWrite(motorPin2, 0);   // Зупинка 1-го мотора
  analogWrite(motorPin3, 255); // Швидкість 2-го мотора вперед
  analogWrite(motorPin4, 0);   // Зупинка 2-го мотора
}

// Функція для зупинки руху
void stopMoving() {
  analogWrite(motorPin1, 0); // Зупинка 1-го мотора
  analogWrite(motorPin2, 0); // Зупинка 1-го мотора
  analogWrite(motorPin3, 0); // Зупинка 2-го мотора
  analogWrite(motorPin4, 0); // Зупинка 2-го мотора
}
```

## Додаток Г

```
void setup() {  
  // Ініціалізація серійного зв'язку з GPS модулем  
  gpsSerial.begin(9600);  
  
  // Налаштування пінів моторів як вихідних  
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  // Отримання даних з GPS модуля  
  while (gpsSerial.available()) {  
    char data = gpsSerial.read();  
    // Обробка отриманих даних з GPS модуля  
    // (додайте код для обробки даних з GPS модуля за потреби)  
  }  
  
  // Приклад руху вперед на 5 секунд, потім зупинка на 2 секунди  
  moveForward();  
  delay(5000);  
  stopMoving();  
  delay(2000);  
}
```

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

**Факультет комп'ютерних наук**

**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ТРАНСПОРТУВАННЯ  
ВАНТАЖІВ В ЗОНІ УСКЛАДНЕНОГО ПРОХОДЖЕННЯ**

**СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ. – 471. 21917103

**Студент**

\_\_\_\_\_

О.А.Волчан

підпис

ініціали, прізвище

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Консультант** канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_

А. О. Алексеєва

підпис

ініціали, прізвище

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Миколаїв 2023**

## ЗМІСТ

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЛЮДЕЙ .....	71
ВСТУП .....	71
1 Аналіз потенційних небезпек та ризиків .....	72
2 Вимоги до безпечної експлуатації.....	74
3 Інструкції та процедури безпеки .....	75
4 Заходи з попередження нещасних випадків та аварій .....	78
5 Навчання та підготовка персоналу.....	80
ВИСНОВКИ.....	82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	84

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЛЮДЕЙ**

### **ВСТУП**

У контексті теми “Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження”, основні аспекти охорони праці включають аналіз потенційних ризиків та небезпек, пов'язаних з роботою автоматизованої системи транспортування. Розглядаються вимоги безпеки при експлуатації такої системи, а також розробляються заходи для зменшення ризиків та запобігання можливим нещасним випадкам.

В цьому розділі розглядаються також важливі аспекти охорони праці, пов'язані з обслуговуванням та технічним обслуговуванням автоматизованої системи транспортування. Аналізуються процеси підтримки безпеки, включаючи планування навчання працівників, використання захисного обладнання, правильне управління ризиками та вимоги до документації.

Метою цього розділу є забезпечення безпеки, здоров'я та добробуту працівників, які взаємодіють з автоматизованою системою транспортування. Розробка відповідних заходів безпеки та дотримання вимог охорони праці є важливим етапом впровадження ефективної та безпечної автоматизованої системи транспортування в ускладнених умовах проходження.

## **1 Аналіз потенційних небезпек та ризиків**

Аналіз потенційних небезпек та ризиків є важливою складовою частиною забезпечення безпеки під час експлуатації гусеничного дрона. В цьому підрозділі проводиться детальний аналіз можливих небезпек, які можуть виникнути в процесі роботи з дроном, а також оцінка ризиків, пов'язаних з цими небезпеками [1].

Аналіз потенційних небезпек передбачає ідентифікацію можливих загроз для працівників, пов'язаних з роботою з гусеничним дроном. Це можуть бути такі фактори, як ризик травматизму під час обслуговування дрона, небезпека пожежі або вибуху при роботі з енергетичними компонентами, можливість виникнення електричного удару, небезпека втрати стійкості або контролю над дроном під час польоту, а також інші фактори, що можуть створювати ризик для працівників та оточуючих.

Після ідентифікації потенційних небезпек проводиться оцінка ризиків, пов'язаних з цими небезпеками. Це передбачає визначення ймовірності виникнення небезпеки та наслідків, які вона може мати для працівників. На основі цієї оцінки встановлюються пріоритетність заходів з усунення або зниження ризиків. Це можуть бути технічні заходи (наприклад, використання захисного обладнання, систем безпеки, автоматизованих систем контролю), організаційні заходи (наприклад, інструктажі, процедури безпеки, обмеження доступу) або комбінація різних заходів [1].

Аналіз потенційних небезпек та оцінка ризиків є важливою частиною забезпечення безпеки працівників, а також виконання вимог законодавства щодо охорони праці [3]. Встановлення та реалізація відповідних заходів безпеки допоможуть забезпечити безпеку працівників та запобігти можливим нещасним випадкам під час експлуатації гусеничного дрона.

В даному підрозділі розглядаються можливі загрози для працівників, пов'язані з експлуатацією гусеничного дрона в ускладненій проходженні. Враховуючи специфіку роботи в цій зоні, можуть виникати різноманітні



ризика, які потребують уваги та заходів для зниження їх впливу.

Аналіз потенційних небезпек починається з ідентифікації можливих джерел ризику [3]. Це можуть бути небезпеки, пов'язані з перешкодами на шляху руху дрона, небезпечними умовами довкілля (наприклад, висока вологість, температура, наявність шкідливих речовин), можливість зіткнення з іншими об'єктами або перешкодами, втрата контролю над дроном, неправильна реакція на датчики або несправність системи безпеки тощо [1].

Після ідентифікації небезпек проводиться оцінка ризиків, пов'язаних з цими небезпеками. Оцінка ризиків базується на визначенні ймовірності виникнення небезпеки та наслідків, які вона може мати. Використовуються методи оцінки ризиків, які дозволяють встановити рівень ризику та визначити пріоритетність заходів з усунення або зниження ризиків.

На основі отриманих результатів аналізу потенційних небезпек та оцінки ризиків, розробляються та впроваджуються заходи з охорони праці. Це можуть бути технічні заходи, які передбачають встановлення додаткових систем безпеки, апаратних пристроїв або датчиків, що допомагають уникнути небезпек, а також організаційні заходи, такі як інструктаж працівників, встановлення правил експлуатації, розробка плану дій у небезпечних ситуаціях та інші.

Метою проведення аналізу потенційних небезпек та оцінки ризиків є забезпечення безпеки працівників під час експлуатації гусеничного дрона в зоні ускладненого проходження. Цей аналіз допомагає ідентифікувати та зрозуміти можливі ризики, що виникають під час роботи з дроном, та прийняти відповідні заходи для їх усунення або зниження [1].

## **2 Вимоги до безпечної експлуатації**

У цьому підрозділі розглядаються вимоги та правила, які необхідно дотримуватися для безпечної експлуатації гусеничного дрона. Належне виконання цих вимог є важливим для забезпечення безпеки працівників та запобігання можливим небезпекам.

Однією з основних вимог є правильне використання обладнання. Це охоплює належне монтаж, налаштування та технічний стан гусеничного дрона. Перед кожним використанням необхідно перевіряти роботу всіх систем, датчиків та пристроїв безпеки

До вимог також входить професійна підготовка персоналу. Користувачі дрона повинні мати достатні знання та навички з експлуатації та управління дроном. Це включає розуміння принципів роботи дрона, уміння використовувати контролери управління, виконувати процедури безпеки та реагувати на непередбачені ситуації [2].

Важливо дотримуватися процедур безпеки. Це охоплює правильне оформлення робочої документації, встановлення зон безпеки для навколишнього персоналу, використання особистого захисного спорядження та дотримання правил у разі аварійних ситуацій.

Поміж інших вимог можуть бути обмеження на роботу в певних погодних умовах, дотримання дистанції від перешкод та інших об'єктів, а також використання спеціальних систем контролю та моніторингу.

Враховуючи ці вимоги, можна забезпечити безпечну експлуатацію гусеничного дрона, знизити ризики небезпек та забезпечити захист працівників та навколишнього середовища.

Методи усунення та зниження ризиків: У цьому підрозділі розглядаються методи та заходи, спрямовані на усунення або зниження ідентифікованих ризиків, пов'язаних з експлуатацією гусеничного дрона. Ці заходи мають на меті запобігання потенційним небезпекам та забезпечення безпеки працівників та оточуючих [2].

Один з методів усунення ризиків – це розробка та впровадження

ефективних процедур безпеки. Це включає розробку інструкцій з безпеки, навчання персоналу правилам безпеки та їх дотримання. Процедури безпеки можуть включати контроль за використанням обладнання, правила ведення роботи на місці експлуатації, та процедури у разі аварійних ситуацій.

Ще одним методом є регулярний технічний огляд та обслуговування гусеничного дрона. Регулярна перевірка технічного стану дрона допоможе виявити можливі несправності або пошкодження, які можуть становити ризик для безпеки. Виконання запланованого технічного обслуговування та ремонту забезпечить оптимальну роботу обладнання та зменшить ймовірність виникнення непередбачених ситуацій.

Застосування системи контролю та моніторингу може бути також ефективним методом для усунення ризиків [2]. Ці системи можуть включати в себе датчики, які контролюють стан дрона, виявляють потенційні проблеми або небезпеки та сповіщають оператора про необхідні заходи для їх усунення. Використання таких систем може сприяти вчасному реагуванню та запобіганню можливим небезпекам.

Додатковим методом усунення ризиків може бути забезпечення адекватного персонального захисту для працівників. Це включає використання захисного спорядження, такого як захисні окуляри, рукавиці, каски, а також засобів індивідуального захисту дихальних шляхів. Правильний вибір та використання такого захисного спорядження може знизити ризик виникнення травм та інших небезпек [2].

Усі ці методи та заходи спрямовані на забезпечення безпечної експлуатації гусеничного дрона та мінімізацію ризиків для працівників та оточуючих. Вони повинні бути чітко визначені, впроваджені та контрольовані з метою створення безпечного робочого середовища.

### **3 Інструкції та процедури безпеки**

У цьому підрозділі розробляються конкретні інструкції та процедури,

які повинні дотримуватися працівниками при роботі з гусеничним дроном. Ці інструкції та процедури мають на меті забезпечити безпечну експлуатацію дрона і запобігти можливим небезпекам.

Одна з важливих інструкцій – це правильне використання обладнання. Процедури та вказівки щодо монтажу, налаштування та розбирання дрона повинні бути чіткими та доступними для всіх працівників [1]. Це включає правильне підключення та закріплення компонентів, перевірку стану батареї, запуск і зупинку дрона та інші процеси, які вимагають особливої уваги та безпекових заходів.

Додатково, процедури попередньої перевірки перед початком роботи є необхідними для забезпечення безпеки. Це може включати перевірку робочого стану всіх компонентів, виявлення можливих пошкоджень, перевірку рівня заряду батареї, а також перевірку робочого середовища на наявність перешкод або потенційних небезпек[1,2].

Інструкції щодо управління небезпечними матеріалами також є важливими в аспекті безпеки. Якщо дрон використовує паливо, хімічні речовини або інші небезпечні матеріали, працівники повинні бути повністю ознайомлені з правильними методами зберігання, обробки та використання цих матеріалів, а також з вимогами безпеки під час роботи з ними.

Крім того, інструкції та процедури повинні охоплювати інші аспекти безпеки, такі як правила роботи в небезпечних умовах, заходи у разі виникнення аварійної ситуації, правила поведінки під час роботи в команді та інші аспекти, які впливають на безпеку працівників.

Всі ці інструкції та процедури повинні бути розроблені з урахуванням конкретних вимог і характеристик гусеничного дрона та його використання в ускладнених умовах. Працівники повинні бути належно навчені та ознайомлені з цими інструкціями, а також повинні регулярно оновлювати свої знання та навички з питань безпеки.

План дій у надзвичайних ситуаціях: В цьому підрозділі розробляється план дій у надзвичайних ситуаціях, які можуть виникнути під час експлуатації

гусеничного дрона. Визначаються можливі аварійні ситуації та встановлюються конкретні кроки, які необхідно вжити для мінімізації ризиків та забезпечення безпеки працівників.

План дій у надзвичайних ситуаціях може включати такі аспекти, як евакуація працівників у разі загрози життю та безпеці, захист від впливу пожежі або вибуху, вжиття заходів під час приземлення дрона в аварійних ситуаціях, дії під час втрати зв'язку з дроном та інші [1].

Крім того, план дій у надзвичайних ситуаціях повинен включати інструкції щодо співпраці з відповідними аварійними службами та організаціями, такими як пожежна служба, поліція або медична допомога. Це може включати визначення контактних осіб, які відповідають за зв'язок з цими службами та надання необхідної інформації у разі надзвичайних ситуацій [3].

Ключовим аспектом плану дій у надзвичайних ситуаціях є тренування та практичні навички. Процедури евакуації, використання пожежних вогнегасників, надання першої допомоги та інші навички повинні бути навчені працівникам і перевірені через практичні тренування та симуляції.

Важливо регулярно оновлювати та переглядати план дій у надзвичайних ситуаціях, враховуючи зміни в умовах роботи та нові загрози. Процес навчання, тренування та оцінки плану дій повинен бути постійним для забезпечення безпеки працівників усіх рівнів.

#### **4 Заходи з попередження нещасних випадків та аварій**

Заходи з попередження нещасних випадків та аварій є важливою складовою безпечної експлуатації гусеничного дрона. Для цього розглядаються такі аспекти:

**Технічна безпека:** Забезпечення належного технічного стану дрона, регулярна перевірка та обслуговування всіх компонентів, виявлення та усунення можливих дефектів та несправностей.

**Захисні пристрої:** Встановлення необхідних захисних пристроїв, таких як обмежувачі швидкості, захисні кожухи на рухомих частинах, датчики уникнення перешкод та інші [2]. Ці пристрої мають запобігати потенційним небезпекам та зменшувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

**Організація робочого простору:** Встановлення безпечних меж та обмежень для руху дрона, чітке позначення небезпечних зон, розділення робочих зон для дрона та працівників, належне зберігання матеріалів та обладнання.

**Навчання та інструктаж:** Проведення навчання працівників щодо правил безпеки при роботі з гусеничним дроном, ознайомлення з інструкціями з експлуатації, процедурами безпеки та планом дій у надзвичайних ситуаціях. Регулярні інструктажі та тренування допомагають зберегти високий рівень обізнаності та свідомості працівників [3,4].

**Система контролю та звітності:** Встановлення системи контролю за виконанням правил безпеки, проведення аудитів та перевірок, створення звітів про інциденти та навчальні ситуації. Це допомагає виявляти потенційні проблеми та вчасно вживати відповідних заходів для їх усунення.

**Постійне вдосконалення:** Аналіз нещасних випадків, аварій та близьких до них ситуацій, впровадження виправних заходів та вдосконалення системи безпеки на основі отриманих даних та досвіду. Регулярне оновлення вимог, інструкцій та процедур, щоб врахувати зміни в умовах роботи та нові загрози.

**Управління екстремими ситуаціями:** Розробка плану дій у надзвичайних

ситуаціях та тренування персоналу з реагування на аварійні ситуації. Це включає навчання персоналу процедурам евакуації, захисту від пожежі та небезпек, першої допомоги та взаємодії з аварійними службами.

Система моніторингу та попередження: Встановлення системи моніторингу параметрів роботи гусеничного дрона, виявлення відхилень та відновлення нормального режиму роботи. Використання датчиків та систем автоматичного контролю для виявлення потенційних проблем та попередження персоналу про небезпеку.

Співпраця та комунікація: Забезпечення ефективної комунікації між працівниками та залученими до роботи з гусеничним дроном особами [5]. Встановлення чітких ланок командування, визначення відповідальності та обов'язків, встановлення засобів зв'язку та процедур зв'язку.

Інформування та навчання персоналу: Проведення регулярних навчань та інформування персоналу про нові правила, процедури безпеки, вимоги та стандарти. Забезпечення доступу до відповідної документації, інструкцій та роз'яснень щодо безпеки.

Внутрішній аудит та оцінка безпеки: Проведення регулярних аудитів та оцінок безпеки роботи з гусеничним дроном з метою виявлення потенційних проблем, встановлення ефективності заходів безпеки та впровадження виправних заходів [1].

Взаємодія зі сторонніми організаціями: Установлення зв'язків зі сторонніми організаціями, які займаються безпекою та регулюванням у сфері авіації, для обміну інформацією, навчання та отримання рекомендацій щодо безпеки роботи з гусеничним дроном.

Зазначені заходи спрямовані на попередження нещасних випадків, забезпечення безпечної експлуатації гусеничного дрона та зниження ризиків для працівників. Їх виконання допоможе створити безпечне та надійне середовище для роботи з автоматизованою системою транспортування вантажів у зоні ускладненого проходження.

## 5 Навчання та підготовка персоналу

Навчання та підготовка персоналу є важливим аспектом забезпечення безпеки при роботі з гусеничним дроном. Для ефективної та безпечної експлуатації дрона необхідно, щоб персонал мав необхідні знання та навички. У цьому підрозділі розглядаються наступні аспекти навчання та підготовки персоналу:

**Визначення основних навичок:** Встановлюються основні навички, які персонал повинен мати для безпечної роботи з гусеничним дроном. Це можуть бути навички з управління дроном, маніпулювання механізмами, процедур безпеки та інші.

**Розробка навчальних програм:** Розробляються навчальні програми, що включають теоретичну та практичну підготовку. Навчання може включати лекції, демонстрації, практичні вправи та симуляційні тренування [5].

**Організація тренувань:** Проводяться тренування з практичного застосування дрона та маніпулятора. Персонал отримує можливість виконувати реальні завдання з дроном та маніпулятором під наглядом інструктора.

**Оцінка компетентності:** Здійснюється оцінка здатності персоналу виконувати роботу з дроном та маніпулятором безпечно та ефективно. Це може включати письмові тести, практичні випробування та спостереження під час роботи [5].

**Постійне навчання:** Забезпечується постійне навчання персоналу з охорони праці та вдосконалення навичок роботи з гусеничним дроном. Проводяться регулярні оновлення навчальних програм та проведення курсів оновлення.

**Організація курсів та семінарів:** Проводяться спеціалізовані курси та семінари з охорони праці для персоналу, які спрямовані на поглиблене вивчення питань безпеки при роботі з гусеничним дроном. Це можуть бути інтерактивні заняття, де персонал отримує можливість обговорити практичні



ситуації та взаємодіяти з експертами [2].

Документування навчання: Забезпечується документування навчання та підготовки персоналу. Кожен працівник має мати зазначені курси, тренування та сертифікати, що підтверджують його компетентність у сфері безпеки при роботі з гусеничним дроном.

Система постійного вдосконалення: Встановлюється система постійного вдосконалення персоналу з охорони праці. Залучаються зворотній зв'язок від працівників, результати аудитів безпеки та використання новітніх технологій для покращення безпеки при роботі з гусеничним дроном.

Заходи з мотивації: Встановлюються заходи для мотивації персоналу дотримуватися процедур безпеки та приділяти належну увагу питанням охорони праці. Це можуть бути поощрення, нагороди, конкурси або системи бонусів, що спрямовані на залучення працівників до активної участі у безпечній експлуатації гусеничного дрона [5].

Загальною метою навчання та підготовки персоналу є забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час роботи з гусеничним дроном. Це допомагає уникнути нещасних випадків, зменшити ризики та підвищити ефективність роботи [1,3]. Організація навчання, створення правильних процедур та мотивація персоналу є важливими елементами успішної програми безпеки при роботі з гусеничним дроном.

## ВИСНОВКИ

Було розглянуто важливі аспекти безпеки при роботі з гусеничним дроном у зоні ускладненого проходження. Проведений аналіз потенційних небезпек, оцінка ризиків та визначення загроз для працівників дозволили виявити основні виклики та проблеми, пов'язані з експлуатацією дрона.

В результаті дослідження були сформульовані вимоги до безпечної експлуатації гусеничного дрона, включаючи правильне використання обладнання, професійну підготовку персоналу та дотримання процедур безпеки. Крім того, були розроблені конкретні інструкції, процедури та заходи з попередження нещасних випадків та аварій, спрямовані на забезпечення безпеки роботи з дроном.

Експлуатація гусеничного дрона у зоні ускладненого проходження вимагає додаткових заходів безпеки через потенційні небезпеки, пов'язані з умовами роботи та особливостями дрона.

Аналіз потенційних небезпек та оцінка ризиків дозволили виявити основні загрози для працівників і забезпечити розробку відповідних заходів для їх усунення або зниження.

Вимоги до безпечної експлуатації гусеничного дрона включають правильне використання обладнання, професійну підготовку персоналу та дотримання процедур безпеки.

Розроблені інструкції та процедури безпеки надають конкретні вказівки працівникам щодо безпечної роботи з гусеничним дроном, включаючи перевірки перед початком роботи, використання захисних пристроїв та управління небезпечними матеріалами.

Заходи з попередження нещасних випадків та аварій включають технічну безпеку, встановлення захисних пристроїв та організацію робочого простору.

Навчання та підготовка персоналу є важливим аспектом забезпечення безпеки. Організація курсів, тренувань та семінарів сприяє підвищенню

компетентності персоналу у сфері охорони праці.

Важливим етапом розділу було навчання та підготовка персоналу з питань безпеки. Організація курсів, тренувань та семінарів дозволила забезпечити компетентність працівників у сфері охорони праці. Застосування системи постійного вдосконалення сприяє покращенню безпекової культури та використанню найкращих практик.

Загальний висновок з розділу вказує на важливість приділення належної уваги питанням безпеки при роботі з гусеничним дроном. Забезпечення безпеки працівників, виконання вимог та процедур безпеки, а також навчання та підготовка персоналу сприяють запобіганню нещасних випадків, зниженню ризиків та підвищенню продуктивності роботи.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. <https://moz.gov.ua/>(дата звернення: 18.06.2023)
2. <https://www.msp.gov.ua/>(дата звернення: 18.06.2023)
3. "Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective" by Louis Anthony Cox Jr. (2008) (дата звернення: 18.06.2023)
4. "Safety Instructions for Human– Robot Collaboration in Industrial Environments" by João Silva Sequeira, António Paulo Moreira, Manuel Silva Gomes (2019) (дата звернення: 20.06.2023)
5. "Training Program" by Rama Devi, R. Gayatri (2016) (дата звернення: 20.06.2023)