

**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 РОБОТА БАКАЛАВРА**

**Автоматизована система переміщення виробів мобільними  
транспортними засобами**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917110

**Студент**

\_\_\_\_\_ О.Г.Олійник  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Керівник** доктор техн. наук, професор, доцент

\_\_\_\_\_ О.М.Трунов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Консультант** кандидат технічних наук доцент

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

**Миколаїв – 2023**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Чорноморський національний університет ім. Петра Могили**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення:                       Комп'ютерних наук  
Кафедра, циклова комісія:                                     Автоматизація та КІТ  
Освітньо-кваліфікаційний рівень:   рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»  
(шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о.завідувача кафедри, голова циклової комісії**

**Сідслєв М. І.** \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Видано студенту групи 471 факультету комп'ютерних наук

Олійник Олексій Геннадійович

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема проекту (роботи)

«Автоматизована система переміщення виробів мобільними транспортними засобами»

Керівник проекту (роботи) доктор техн. наук, професор, доцент О.М. Трунов  
затверджені наказом вищого навчального закладу від  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.06.2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Транспортний засіб, що виконує безпілотні транспортні операції у складі автоматизованої ділянки. Двигун, що забезпечує транспортні операції електричний. Керування забезпечується бездротовими засобами зв'язку. Вантаж-підйомні операції здійснює бортовий маніпулятор.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): провести літературний та патентний пошук за даними матеріалів існуючих та експериментальних транспортних систем, виявити найбільш прогресивні рішення у світі та Україні. Розглянути теоретичні основи процесу автоматизації і конструювання структурних елементів автономних автоматизованих транспортних робото-технічних засобів (АТРЗ). Обґрунтувати кінематичну схему, побудувати математичні моделі розрахунку параметрів бортового маніпулятора таких як: лінійні розміри ланок, маси, моменти інерції, моменти і кутові швидкості на валу приводу кожної із ланок. Провести числове моделювання та розрахувати моменти і кутову швидкість на валу приводу базової ланки як функцію максимального лінійного прискорення і швидкодії. Вихідні дані на проектування: Маса вантажу Висота початку базової вертикальної ланки (точки  $O_0$ ) відносно підлоги  $h_1=800$ мм, борту кара  $h=1,5$  м від підлоги,  $h_l$  - ширина ланки дорівнює 0,164м, вантаж циліндричної форми діаметром 300мм вистою 80мм масою 20кг, момент інерції нульової ланки відносно вертикальної вісі  $I_{O_0O_1}=1,3448$  кгм<sup>2</sup>.

5. Розглянути та запропонувати засоби з охорони праці на підприємстві.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Функціональна блок-схема системи керування комплексом.

2. Функціональна схема маніпулятора з шестьюма ступенями свободи. \_\_\_\_\_

3. Алгоритм роботи системи. \_\_\_\_\_

4. Електрична принципова схема системи керування комплексом.

5. Користувацький інтерфейс системи управління комплексом,

7. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Трунов О.М. д-р техн. наук, проф.		
2	Трунов О.М. д-р техн. наук, проф.		
Спеціальна частина з охорони праці	Алексєєва А.О. кандидат технічних наук, доцент		

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення зі студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	15.10.2022	
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, формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	01.04.2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.04.2023	
11	Передзахисти	19.05.2023	
12	Передача автореферату кваліфікаційної роботи в електронному вигляді	12.06.2023	
13	Передача кваліфікаційної роботи	14.06.2023	

ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент \_\_\_\_\_ **Олійник О.Г.**  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ **Трунов О.М.**  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної роботи бакалавра

«Автоматизована система переміщення виробів мобільними транспортними засобами»

Студент 471 гр.: Олійника Олексія Геннадійовича

Керівник: доктор техн. наук, професор, доцент О.М.Трунов

Дипломна робота присвячена розробці та реалізації автоматизованої системи переміщення виробів мобільними транспортними засобами. Метою роботи є покращення ефективності транспортування та збільшення автоматизації процесу переміщення виробів в промислових умовах.

У дипломній роботі пропонується використання системи моніторингу внутрішнього стану транспортного засобу. Дана система є дуже важливою для використання у підприємстві. Вона дозволяє кожному працівнику підприємства спостерігати за станом робота, та швидше реагувати на помилку системи.

На основі зібраної інформації розроблена архітектура системи, яка включає апаратну і програмну складові. Для керування системою моніторинга мобільних транспортних засобів обрано мікроконтролер Arduino. Додатково, використані сенсори, які здатні вимірювати масу вантажу, заряд батареї, температури двигуна. Розроблена система контролю стану виробів допомагає забезпечити швидку перевірку стану робота.

У дипломній роботі надається детальний опис процесу розробки системи, включаючи кроки вибору обладнання, розробки програмного забезпечення. Результати досліджень можуть бути використані в промислових умовах для автоматизації процесу переміщення виробів, що призведе до покращення продуктивності та зниження витрат.

**Метою** роботи є підвищення ефективності транспортних засобів виробничих систем за рахунок додавання системи моніторингу технічного стану мобільного роботу.

**Об'єктом** дослідження є процеси транспортних засобів виробничих систем автоматизації.

**Предметом** дослідження є методи, моделі та засоби автоматизованих систем діагностування транспорту деталей в виробничих системах.

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

1. Провести аналіз конструктивних, схемотехнічних та організаційних рішень існуючих аналогів автоматизованих транспортних засобів для переміщення в умовах виробничих підприємств.
2. Сформуванати критерії для вибору необхідних компонентів для виведення інформації що до технічного стану для представлення користувачеві.
3. Розробити функціональну схему автоматизованої системи моніторингу мобільного транспортного засобу.
4. Розробити алгоритм роботи системи моніторингу внутрішнього стану транспортного засобу.
5. Розробити принципову електричну схему автоматизованої системи моніторингу.

Сторінок – 108. Посилань – 27. Рисунки – 45.

## **ABSTRACT**

for the bachelor's degree qualification work

"Automated System for Moving Products using Mobile Transport Vehicles"

Student of group 471: Oleksii Hennadiiovych Oliinyk

Supervisor: doctor of technical sciences, professor, associate professor O.M.  
Trunov

This bachelor's degree qualification work focuses on the development and implementation of an automated system for moving products using mobile transport vehicles. The main objective of the study is to enhance the efficiency of transportation and increase the level of automation in the process of product movement within industrial settings.

The research proposes the utilization of an internal state monitoring system for the mobile transport vehicles. This system plays a crucial role in the operational management of the vehicles within the enterprise, as it allows each employee to monitor the vehicles' status and respond promptly to any system errors or malfunctions.

Based on the gathered data and information, an architectural framework is developed, encompassing both hardware and software components. The Arduino microcontroller is chosen as the control unit for the monitoring system of the mobile transport vehicles. Additionally, various sensors capable of measuring cargo weight, battery charge, and engine temperature are incorporated into the system. The developed system ensures effective monitoring of the product's status and facilitates swift evaluation of the vehicle's operational condition.

The thesis provides a detailed account of the system development process, including equipment selection and software design stages. The findings of this research can be applied in industrial environments to automate the product movement process, leading to increased productivity and reduced costs.

The aim of the work is to improve the efficiency of transportation vehicles in production systems by adding a monitoring system for the technical condition of the mobile robot.

The object of the research is the processes of transportation vehicles in automated production systems.



The subject of the research is the methods, models, and tools of automated diagnostic systems for the transportation of parts in production systems.

To achieve the set goal, the following tasks were formulated:

1. Conduct an analysis of the structural, schematic, and organizational solutions of existing analogs of automated transportation vehicles for movement in industrial enterprises.
2. Formulate criteria for selecting the necessary components for presenting information on the technical condition to the user.
3. Develop a functional diagram of the automated monitoring system for the mobile transportation vehicle.
4. Develop an algorithm for the operation of the internal state monitoring system of the transportation vehicle.
5. Develop a schematic electrical diagram of the automated monitoring system.

Pages - 108. References - 27. Figures - 45.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	3
ВСТУП.....	4
1 СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ .....	7
1.1 Стан та тенденції розвитку автоматизованих транспортних засобів переміщення та супроводжуваних видів робіт .....	7
1.2 Аналіз конструктивних, схемотехнічних та організаційних рішень існуючих аналогів автоматизованих транспортних засобів для переміщення в умовах виробничих підприємств .....	11
1.3 Аналіз патентних рішень та порівняння аналогів .....	17
Висновок до першого розділу .....	21
2 СТРУКТУРНІ, КОСТРУКТОРСЬКІ ТА СХЕМО ТЕХНІЧНІ І АЛГОРИТМІЧНІ РІШЕННЯ, МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ, ЩО РЕЛІЗОВУВАТИМУТЬ АСК.....	23
2.1 Узагальнена структура мобільного засобу вантажо-підйомних робіт і операцій переміщення в умовах виробничих підприємств .....	23
2.2 Функціональна схема та блок-схема алгоритму.....	42
2.3 Загальна архітектура та електрична принципова схема.....	52
2.4 Опис та вибір блоків для автоматизованої системи моніторингу	55
2.4.10 Код для виводу даних.....	77
2.4.11 Симуляція у Matlab1 .....	79
Висновок до другого розділу.....	83
ВИСНОВКИ .....	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	87

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

МТР – мобільні транспортні роботи

АТРЗ – автономні транспортні засоби

AGV – автоматизовані ґрунтові машини

АСК – автоматична система керування

## ВСТУП

Автоматизована система переміщення виробів мобільними транспортними засобами використовує різноманітні технології та пристрої, щоб забезпечити автоматизацію та оптимізацію процесів переміщення виробів. Одним із ключових компонентів цієї системи є мобільні транспортні роботи (МТР) або автономні транспортні засоби (АТРЗ), такі як AGV (автоматизовані ґрунтові машини) або дрони, різновиди яких використовуються для перевезення виробів на виробничих майданчиках, складах, а також в межах розподільних центрів та логістичних комплексів.[1]

АТРЗ є основною складовою автоматизованих систем переміщення виробів. Вони укомплектовані спеціальними сенсорами, навігаційними системами та програмним забезпеченням, що дозволяє їм безпечно пересуватися по встановлених маршрутах, уникати перешкод та взаємодіяти з іншими системами. АТРЗ можуть мати різну конфігурацію та функціональність, включаючи тягачі, перевізники піддонів та палет, розвантажувачі, підйомники тощо. Вони можуть бути використані для переміщення контейнерів, коробок, запакованих вантажів різних розмірів та ваги.

Однією з особливостей автоматизованої системи переміщення виробів є її здатність до автономної роботи. АТРЗ можуть працювати без прямого втручання операторів, що дозволяє зменшити ризики та покращити ефективність процесу переміщення. Вони можуть отримувати команди та інформацію про завдання з центральної системи управління, а також взаємодіяти з іншими автоматизованими системами, наприклад, системами складського управління чи системами виробництва.

Застосування автоматизованих систем переміщення виробів мобільними транспортними засобами виявляється у різних галузях. Наприклад, вони широко використовуються в автомобільній промисловості для автоматизованої доставки компонентів на лінії виробництва. У логістичних комплексах та розподільних центрах вони допомагають забезпечувати швидку та точну обробку замовлень, зменшуючи час із загального процесу доставки.[2]

Стан та тенденції розвитку автоматизованих транспортних засобів переміщення постійно змінюються. Розробники працюють над поліпшенням технологій навігації та управління, розширенням функціональних можливостей АТРЗ, а також зниженням вартості та підвищенням надійності систем. Також відбувається інтеграція автоматизованих систем переміщення з іншими розумними технологіями, такими як штучний інтелект, що дозволяє покращити координацію та оптимізацію всіх процесів у логістичному ланцюзі.

**Метою** роботи є підвищення ефективності транспортних засобів виробничих систем за рахунок додавання системи моніторингу технічного стану мобільного роботу.

**Об'єктом** дослідження є процеси транспортних засобів виробничих систем автоматизації.

**Предметом** дослідження є методи, моделі та засоби автоматизованих систем діагностування транспорту деталей в виробничих системах.

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

1. Провести аналіз конструктивних, схемотехнічних та організаційних рішень існуючих аналогів автоматизованих транспортних засобів для переміщення в умовах виробничих підприємств.
2. Сформувані критерії для вибору необхідних компонентів для виведення інформації що до технічного стану для представлення користувачеві.

3. Розробити функціональну схему автоматизованої системи моніторингу мобільного транспортного засобу.
4. Розробити алгоритм роботи системи моніторингу внутрішнього стану транспортного засобу.
5. Розробити принципову електричну схему автоматизованої системи моніторингу.

## **1 СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

### **1.1 Стан та тенденції розвитку автоматизованих транспортних засобів переміщення та супроводжуваних видів робіт**

Сучасні технології та інновації надають значний потенціал для автоматизації транспорту та розвитку роботизованих систем переміщення. Однією з основних переваг АТРЗ є покращення безпеки. Вони здатні самостійно реагувати на небезпечні ситуації, уникати зіткнень та забезпечувати точну та прогнозовану їзду. Це сприяє зниженню рівня аварійності та ризику травмування.

Крім того, автоматизовані транспортні засоби демонструють покращену ефективність та продуктивність. Вони можуть працювати без перерви та втоми, виконувати задачі швидше та більш точно, що сприяє збільшенню пропускну здатності та зниженню витрат часу та ресурсів.

Технології автоматизації також знаходять широке застосування в супроводжуваних видах робіт, таких як складська логістика та розподільні центри електронної комерції, медицині, логістиці. Автоматизовані роботи та системи переміщення вантажу дозволяють знизити ризик пошкоджень, прискорити процеси підготовки та доставки замовлень, а також забезпечити більш ефективне використання простору та ресурсів.

#### **Використання автоматизованих робіт у медицині**

У лікарнях і фармацевтичних компаніях автоматизовані роботи використовуються для перевезення медичного обладнання, лікарських засобів або інших матеріалів. Наприклад, роботи можуть доставляти ліки зі складу до робочого місця медичного персоналу або забезпечувати автоматичне переміщення зразків до

лабораторій для аналізу. Це допомагає забезпечити точність та швидкість вантажоперевезення, що особливо важливо в медичних ситуаціях, де швидкий доступ до матеріалів може бути критичним.

Упаковка та маркування: Автоматизовані системи використовуються для упаковки готових лікарських препаратів в пляшки, бляшанки, блистери або інші типи упаковки. Вони також можуть автоматично наносити маркування, включаючи етикетки з інформацією про продукт, дозування, строк придатності та іншу необхідну інформацію.

Складське управління: У фармацевтичних компаніях автоматизовані роботи використовуються для управління запасами, переміщення та сортування лікарських препаратів на складах. Вони можуть автоматично відстежувати запаси, оновлювати інформацію в системі управління запасами та ефективно організовувати простір на складі.

Також є роботи помічники – роботи, запрограмовані самостійно виконувати роботу низької та середньої кваліфікації, піддається точної алгоритмізації: віднести документи, подати потрібний інструмент хірурга, розсортувати ліки, взяти інтерв'ю у хворого за певним шаблоном, виміряти йому температуру.

В 2018 році у Гонконгському міському університеті був розроблений інноваційний робот-багатоніжка, який володіє високою міцністю та здатністю пристосовуватися до складних умов оточуючого середовища. Цей компактний доставщик-робот може відкрити нову перспективу в області доставки медикаментів безпосередньо в організм людини. [3]

#### Використання у промисловому виробництві

У промисловому виробництві АТРЗ використовуються для широкого спектру завдань, пов'язаних з перевезенням вантажу. Основна мета полягає в автоматизації



процесу переміщення вантажу від одного робочого місця до іншого, забезпечуючи швидкість, точність та ефективність.

Роботи-маніпулятори, автономні робочі станції та рухомі роботи використовуються для забезпечення автоматизованої збірки, упакування та сортування товарів. Вони демонструють високу точність та ефективність у виконанні завдань і допомагають знизити залежність від ручної праці. Автономні транспортні засоби, такі як AGV та дрони, знаходять все більше застосувань у логістичних процесах. AGV можуть автоматично перевозити товари по складах та заводах, оптимізуючи рух та забезпечуючи швидкі та точні перевезення. Дрони використовуються для доставки малих пакетів на великі відстані або у важкодоступних місцях.

Ось кілька конкретних застосувань автоматизованих роботів у промисловому виробництві:

**Переміщення матеріалів:** Автоматизовані роботи використовуються для перевезення матеріалів з однієї робочої станції до іншої. Наприклад, в автомобільному виробництві роботи можуть бути програмовані для переміщення автомобільних деталей з однієї лінії виробництва до іншої або для постачання компонентів на монтажну лінію. Це допомагає забезпечити безперебійний потік матеріалів і знижує час, який затрачається на ручне переміщення.

**Пакування та упакування:** Автоматизовані роботи можуть бути використані для перевезення виробів до упаковочних машин або систем. Вони можуть взаємодіяти з упаковочним обладнанням, щоб автоматично розміщувати вироби в коробки, наносити маркування, закривати упаковки тощо. Це дозволяє прискорити процес пакування та забезпечити єдність та якість упаковки. [4]

**Обробка важких вантажів:** У важкій промисловості, наприклад у металургійному виробництві або будівельній галузі, автоматизовані роботи можуть

бути використані для перевезення великих та важких вантажів, які важко або небезпечно обробляти вручну. Роботи можуть мати механічні або магнітні пристрої, що допомагають утримувати й переміщувати важкі предмети з місця на місце без необхідності людської фізичної праці.

Складське господарство: У складському господарстві автоматизовані роботи використовуються для перевезення товарів в складах. Вони можуть мати системи вбудованих сенсорів та керування, що дозволяють їм навігувати між полицями та стелажми, знаходити і витягувати товари з потрібних місць і доставляти їх до зони підготовки до відправки.

Використання автоматизованих роботів у галузі логістики та складського господарства

В портах і логістичних компаніях автоматизовані роботи використовуються для перевезення вантажу, зокрема контейнерів. Роботи можуть бути використані для завантаження та розвантаження контейнерів на суднах, залізниці або автотранспорті. Вони можуть також забезпечувати переміщення контейнерів на терміналах і складах. Це допомагає збільшити пропускну здатність портів і знизити час обробки вантажу.

Ось основні функції:

Автоматизоване переміщення товарів на складах: Автоматизовані роботи використовуються для переміщення товарів на складах і забезпечення ефективної організації простору. Вони можуть бути програмовані для переміщення товарів з однієї локації на іншу, розміщення їх на полицях або в контейнерах, а також витягування товарів зі складу для відправки. Це допомагає підвищити продуктивність та точність в процесі складського управління.

Сортування та розподіл товарів: Автоматизовані роботи використовуються для сортування товарів на складах або в логістичних центрах. Вони можуть використовувати системи візуального або сенсорного сприйняття для ідентифікації товарів та їх класифікації. Після сортування роботи можуть автоматично направляти товари до відповідних зон для подальшої обробки, упаковки або відправлення.

Перевезення товарів на логістичних центрах: У логістичних центрах, де великий обсяг товарів перевозиться між різними зонами, автоматизовані роботи використовуються для перевезення вантажу. Вони можуть бути оснащені системами навігації та визначення маршрутів, що дозволяють їм безпечно та швидко переміщатися по комплексу. Це сприяє зменшенню часу, що витрачено на перевезення товарів та зниженню ризику їх пошкодження.[4]

Роботи-конвеєри: В деяких логістичних центрах або складських приміщеннях використовуються роботи-конвеєри для автоматичного переміщення товарів. Ці роботи можуть бути у вигляді мобільних рухомих платформ або систем конвеєрів, які переміщують товари вздовж заданого маршруту. Вони можуть використовуватися для навантаження та розвантаження товарів з транспортних засобів або для переміщення товарів між різними станціями обробки на складі.

## **1.2 Аналіз конструктивних, схемотехнічних та організаційних рішень існуючих аналогів автоматизованих транспортних засобів для переміщення в умовах виробничих підприємств**

Провевши аналіз патентів та літератури можна визначити, що структура автоматизованого мобільного транспортного засобу для складських приміщень може бути різноманітною залежно від конкретної моделі або transport robot structure дизайну. Однак, загальна структура може включати наступні елементи:

- Шасі: Шасі представляє собою основну раму або структурний каркас транспортного засобу, на якому розташовано та закріплено інші компоненти. Воно зазвичай виготовляється з міцних матеріалів, таких як сталь або алюміній, для забезпечення високої міцності та стійкості.
- Колеса або гусениці: Залежно від типу транспортного засобу, він може мати колеса або гусениці для переміщення по складу. Колеса зазвичай використовуються для плоских поверхонь, тоді як гусениці забезпечують кращу маневреність та стійкість на нерівних або складних поверхнях.
- Кабіна або управляюча панель: Автоматизований транспортний засіб може мати кабінку або управляючу панель, де розташовані елементи керування та монітори для оператора або управління системою. Кабіна може бути обладнана сидінням, кермом, педалями та іншими елементами для зручного керування.
- Вантажний простір: Це область, де розміщуються вантажі для перевезення. Вантажний простір може бути обладнаний підйомними механізмами, сортувальними системами або іншими пристроями для автоматизованої обробки вантажів.
- Електрична система: Автоматизований транспортний засіб може мати електричну систему, яка забезпечує живлення різних компонентів, таких як мотори, системи керування та освітлення. Електрична система може включати акумулятори, генератори або інші джерела енергії.
- Датчики та системи керування: Для автоматизації руху та операцій транспортного засобу можуть бути використані різні датчики, такі як датчики відстані до об'єктів, гіроскопи, акселерометри тощо. Вони збирають дані про навколишнє середовище та стан транспортного засобу, які обробляються системами керування для прийняття відповідних рішень.

Це лише загальні компоненти, а фактична структура може значно відрізнятись залежно від конкретної моделі або виробника автоматизованого мобільного транспортного засобу.

Amazon Robotics є одним з найвідоміших і успішних виробників АТРЗ. Ця компанія створює різноманітні роботизовані системи для переміщення вантажів в складах, а також для доставки товарів клієнтам.

Одним з найбільш відомих транспортних засобів Amazon Robotics є Kiva System. Це невеликий робот з чотирма колесами, який використовується для переміщення вантажів у складах. Kiva System може піднімати та переміщувати товари до вагою 136 кілограмів і доставляти їх на потрібну полицю в складі. За допомогою цих транспортних засобів Amazon Robotics значно збільшує швидкість та точність процесу підготовки товарів до відвантаження клієнтам.



Рисунок 1.1 – Робот Kiva System, що виконує завдання на складах з виробами

Amazon Robotics є підрозділом компанії Amazon, який займається розробкою та виробництвом автоматизованих систем переміщення виробів. Однією з таких систем є Kiva System, який був придбаний компанією Amazon у 2012 році.

Kiva System складається з автоматизованих роботів, які переміщують різноманітні товари на складах та логістичних центрах. Роботи мають колеса та оптичні сенсори, які дозволяють їм знаходити свій шлях та уникати перешкод.

Технічні характеристики Kiva System наступні:

- Роботи можуть переносити товари вагою до 317,5 кг (700 фунтів).
- Швидкість руху роботів становить близько 2 м/с (4,5 миль/год).
- Кожен робот оснащений оптичними сенсорами, які дозволяють йому орієнтуватися в просторі та уникати перешкод.
- Роботи керуються централізованою системою керування, яка автоматично розподіляє завдання між роботами та вибирає оптимальний маршрут для переміщення товарів.

Застосування Kiva System дозволяє значно підвищити продуктивність та ефективність роботи складів та логістичних центрів. Так, завдяки автоматизованим системам переміщення виробів, компанія Amazon може швидше та точніше обробляти замовлення своїх клієнтів.[5]

### Tesla Semi

Tesla Semi є автоматизованим електричним тягачем від компанії Tesla, який був представлений у листопаді 2017 року. Цей транспортний засіб має безпілотний режим, який дозволяє водієві відпочивати під час довгих поїздок.

Особливість Tesla Semi полягає у тому, що він є повністю електричним. Завдяки цьому, транспортний засіб може проїхати до 800 кілометрів на одному заряді батареї, що забезпечує економію палива та зниження викидів вуглецю в атмосферу порівняно з традиційними дизельними тягачами. Крім того, Tesla Semi має покращену динаміку, швидкість розгону до 96 км/год з нуля становить менше ніж за 5 секунд, що забезпечує ефективніше використання часу під час доставки товарів.



Рисунок 1.2 – Автоматизований електричний тягач Tesla Semi

Звичайний тягач Tesla Semi важить приблизно 36 тонн, а його повна маса з вантажем може досягати 80 тонн. Цей електричний тягач оснащений чотирма електромоторами, що забезпечують йому потужність близько 1000 кінських сил.

Tesla Semi також оснащений новітніми технологіями, такими як системи безпеки, включаючи автоматичне гальмування, камери довкілля, детектори перешкод та автоматизовані системи керування.

Транспортний засіб має такі технічні характеристики:

- Максимальна швидкість - 105 км/год
- Час розгону до 100 км/год - менше 20 секунд
- Максимальний пробіг на одному заряді - 800 км
- Час зарядки до 80% - менше 40 хвилин
- Час зарядки до повного заряду - менше 1,5 години

Tesla Semi розроблений з метою зменшення забруднення навколишнього середовища та зниження витрат на паливо. Він може бути використаний для різних видів вантажоперевезень, що робить його ефективним транспортним засобом для підприємств та компаній з усього світу. [6]

Boston Dynamics Handle

Іншим прикладом автоматизованого транспортного засобу для переміщення є мобільний робот Boston Dynamics Handle. Цей робот здатний переміщувати вантажі вагою до 50 кг на відстань до 15 км. Завдяки своїм гумовим колесам, Handle може рухатися як по рівній поверхні, так і по нерівному ґрунту. Він також оснащений сенсорами та камерами, які допомагають йому орієнтуватися в просторі та уникати перешкод під час переміщення вантажів.[7]



Рисунок 1.3 – Мобільний робот Boston Dynamics Handle

Boston Dynamics Handle - це робот, розроблений компанією Boston Dynamics. Цей робот може переміщуватись по складу, піднімати та переміщувати вантажі з одного місця на інше. Handle має дві ноги та два колеса, що дозволяє йому пересуватись як по рівній поверхні, так і по нерівному ґрунту.

Технічні характеристики Boston Dynamics Handle:

- висота - 1,98 метра;
- швидкість - до 14 км/год;
- здатність піднімати вантажі вагою до 15 кг;
- живлення від акумулятора.



Handle може рухатись по складу і збирати товари відомих брендів. Робот виконує цю роботу значно швидше, ефективніше та з меншою кількістю помилок, ніж людина. Крім того, він може працювати без зупинки, що знижує час на обслуговування та підтримку складу в оптимальному стані.

### **1.3 Аналіз патентних рішень та порівняння аналогів**

Для виявлення потреб покращення приладів потрібно провести детальний патентний аналіз. Аналіз патентної інформації стає все більш важливим інструментом для розробників і дослідників у всіх галузях промисловості. Він дозволяє виявляти нові рішення, отримувати ідеї та інновації, які вже були зафіксовані патентними органами.

Аналіз патентів дозволяє нам зрозуміти, які технології вже існують, які проблеми вони вирішують і як можна покращити наявні моделі. Це дає змогу уникнути повторних помилок, знайти альтернативні рішення та розробити більш ефективні та інноваційні продукти.

Аналіз патентів надає можливість отримати унікальну інформацію про розробки конкурентів, їх стратегії і напрямки розвитку. Це дозволяє нам визначити потенційні прогалини на ринку і використовувати цю інформацію для розробки поліпшених моделей та стратегій.

Завдяки аналізу патентів ми можемо виявляти тренди та тенденції в розвитку технологій, спостерігати за змінами відомостей про патенти і використовувати ці знання для покращення наших власних моделей.

Є декілька видів складських роботів такі як:

- палетайзери – можуть брати груз та викладати їх на палети;
- роботи для сортування – упаковують товари;
- буксирувальники – перевозять важкий вантаж;

- дрони – найчастіше використовують для інвентаризації складу;
- самохідні роботи візки – їх використовують для того, щоб швидко транспортувати та оперувати вантажами на складі. Такі роботи оснащені підйомними механізмами. Вони можуть взяти товар зі складських боксів, розмістити на палеті, перевезти вантаж в потрібне місце та розвантажити його.

Також, що до організаційних рішень можна виділити одну з найкращих складських компаній «Amazon» де система інвентаризації включає в себе модуль управління, один або кілька мобільних приводних блоків, один або кілька власників запасів, а також одну або кілька інвентарних станцій. Мобільні приводи власників транспортних запасів між точками в робочому просторі у відповідь на команди, передані модулем управління. Кожен власник запасів зберігає один або кілька видів товарно-матеріальних цінностей. Як результат, система інвентаризації здатна переміщати товарно-матеріальні запаси між місцями в робочому просторі для полегшення введення, обробки або вилучення товарно-матеріальних цінностей із системи інвентаризації та завершення інших завдань, пов'язаних із товарно-матеріальними запасами.

Модуль управління призначає завдання відповідним компонентам системи інвентаризації і координує роботу різних компонентів при виконанні завдань. Ці завдання можуть стосуватися не тільки руху і обробки товарно-матеріальних цінностей, а й управління і обслуговування компонентів системи інвентаризації. Наприклад, модуль керування може призначити частини робочого простору як паркувальні місця для мобільних приводів, заплановане підзарядження або заміна акумуляторів мобільного приводу, зберігання порожніх тримачів інвентарю або будь-які інші операції, пов'язані з функціональністю, підтримуваною Системою інвентаризації та її різні компоненти. Модуль управління може вибирати

компоненти системи інвентаризації для виконання цих завдань і передавати відповідні команди або дані обраним компонентам для полегшення завершення цих операцій.

Наприклад провівши аналіз одного з найпопулярніших зараз автоматизованого мобільного засобу від компанії «Amazon» «Kiva» можна побачити що дана технологія сильно покращує та полегшує роботу у складському приміщенні. Робот використовується в складах «Amazon» для автоматичного переміщення товарів і сприяє покращенню ефективності та швидкості операцій. [8]

Робот «Kiva» має компактну круглу форму і невеликі розміри, що дозволяють йому легко переміщуватись по складському простору. Кожен робот оснащений низкою коліс, що дає йому змогу вільно рухатись у всіх напрямках. Роботи взаємодіють з системою керування, яка відправляє їм команди та визначає оптимальний шлях руху.

На складському приміщенні розміщено спеціальні полиці з товарами, які мають у собі баркоди для ідентифікації. Кожна полиця має властивий їй унікальний ідентифікатор, що дозволяє роботам точно визначати місцезнаходження товарів.

Коли необхідно взяти товар, система керування передає команду роботу Kiva про його розташування. Роботи автоматично рухаються до відповідної полиці, піднімають її за допомогою своїх механізмів і доставляють її до потрібного робочого місця, де працівник може взяти товар з полиці.

Ця автоматизована система дозволяє збільшити продуктивність та швидкість збирання замовлень на складі. Замість того, щоб працівники йшли по складу в пошуках товару, роботи Kiva виконують цю рутинну роботу за них. Це сприяє скороченню часу на виконання завдань і забезпечує більш точне та швидке переміщення товарів.

Крім того, робот Kiva забезпечує ергономічні переваги для працівників, оскільки вони можуть працювати на рівні, що відповідає їх росту, не потребуючи надмірного згинання або піднімання важких вантажів.

Застосування роботів Kiva у складській логістиці Amazon демонструє потужність автоматизації в індустрії. Вони допомагають оптимізувати процеси, зменшити помилки та покращити продуктивність.

Робот Kiva працює за допомогою безпроводової комунікації з центральною системою керування, яка координує роботу всього складу. Основний принцип його роботи полягає у взаємодії між роботами Kiva, полицями з товарами та працівниками.

- Визначення місцезнаходження: кожна полиця на складі має унікальний ідентифікатор або баркод, за допомогою якого система керування визначає її точне місцезнаходження;
- Потреба у товарі: коли потрібно взяти товар з полиці, система керування передає відповідну команду роботу Kiva. Ця команда містить інформацію про місцезнаходження потрібної полиці та інші деталі, які робот повинен знати;
- Пошук полиці: робот Kiva отримує команду і розпочинає пошук полиці з товаром. Він використовує свою систему навігації та датчики для переміщення по складу і знаходження потрібної полиці;
- Піднімання полиці: при досягненні потрібної полиці, робот Kiva використовує свої механізми підйому, щоб підняти полицю зі стелажа або землі;
- Переміщення полиці: робот Kiva переносить полицю з товаром до місця, визначеного командою системи керування. Він використовує свою маневреність і колеса, щоб безпечно пересуватись по складу до цільового пункту;

- Доставка товару: при досягненні цільового пункту, робот Kiva опускає полицю з товаром, забезпечуючи її доступність для працівника, який може взяти товар з полиці та обробити його;

Важливо зазначити, що роботи Kiva працюють у співробітництві з людьми, які відповідають за збір та обробку товарів. Роботи автоматизують процеси переміщення і зберігання товарів, звільняючи людей від рутинної роботи та допомагаючи зменшити час виконання завдань та збільшити продуктивність складського простору.

### **Висновок до першого розділу**

1. Аналіз даних друкованих, електронних та патентних джерел засвідчує, що на ринку з'являються автоматизовані транспортні засоби для переміщення вантажів виробничих підприємств, складських ділянок, логістичних центрів та інше. Об'єднання функцій безпілотного переміщення засобами з електричними рушіями та завантаження і розвантаження, при одночасному забезпеченні бездротового керування та комунікації стане головним очікуванням десятиріччя.
2. Приклади комплексного застосування системи керування та моніторингу і аналізу зовнішнього середовища та внутрішнього стану, що реалізують приклади АТРЗ, утворюють розуміння принципів їх оптимальної роботи та формують вимоги до структури і основ організації системи комунікації та інформаційного виводу про внутрішній стан.
3. Інноваційним рішенням для створення АТРЗ, що додатне зменшити його вартість для споживача є застосування транспортних засобів, конструкція яких зарекомендувала себе як проста та надійна протягом десятиріч. Після переобладнання ДВЗ на електричний та застосування досягнень робото-

технічних систем та без дротового зв'язку АТРЗ стане конкурентно спроможним на ринку України та у світі.

## 2 СТРУКТУРНІ, КОСТРУКТОРСЬКІ ТА СХЕМО ТЕХНІЧНІ І АЛГОРИТМІЧНІ РІШЕННЯ, МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ, ЩО РЕЛІЗОВУВАТИМУТЬ АСК

### 2.1 Узагальнена структура мобільного засобу вантажо-підйомних робіт і операцій переміщення в умовах виробничих підприємств

Проектування маніпулятора та створення моделі для аналізу кінематики та динаміки є однією із важливих першо-чергових задач, для розв'язку якої як правило не вистачає повного обсягу даних. У зв'язку з цим першою задачею проєкту було поставлено спроектувати маніпулятор, що буде придатним захопити тіло циліндричної форми та встановити його на борт платформи кара (Рисунок 2.1). Діаметр тіла відповідно до завдання проєкту 300 мм, висота 80 мм, маса 20 кг.



А



Б

Рисунок 2.1 - Фото вантажівки із маніпулятором на борту для вантажопідйомних операцій: А - вантажівка з маніпулятором; Б – електрокар на базі Волинянки заводу Луаз Луцьк.

Наведений приклад представляє вантажівку для перевозки великих вантажів величиною вантажопідйомності до декількох тон з двигунами внутрішнього

згорання. Далі, відповідно до завдання, будемо проводити аналіз з урахуванням цих обставин та орієнтуючись на транспорт з лектричним приводом як малогабаритний електрокар. За можливий прототип будемо розглядати електрокар на базі Волинянки, яка випускалась на Волині і слугує українцям ось вже 55 років, що представлено як трансформації ДВЗ на електродвигун.

### Аналіз кінематичної схеми маніпулятора.

Розглянемо процес проектування маніпулятора, варіанти кінематичних схем якого представлено на рисунку 2.2. Для задач вантажо-підйомних робіт і операцій переміщення в умовах виробничих підприємств. Слід розглядати варіанти двох схем, що представлено на рисунку 2.2. А та Б.

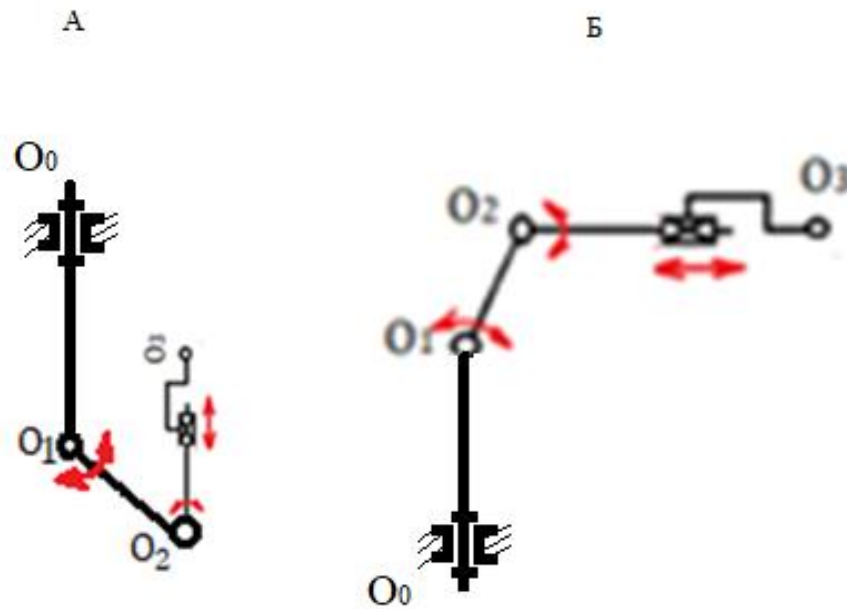


Рисунок 2.2 - Кінематична схема маніпуляторів, що забезпечує переміщення захватного механізму: А- з вертикальною підвіскою; Б – із вертикальною опорою.

Першу схему характеризує підвіска нульової ланки на винесеній вертикальній стійці формою літери г (рисунок 2.2 А ), а другу вертикальна базова ланка обертається на опорі з вертикальною вісю (рисунок 2.2 Б). Перша схема має



перевагу, оскільки базова ланка у початковій момент вже піднята на висоту стійки, однак її недоліком є обмежений кут повороту всього маніпулятора. Друга схема дозволяє проєктувати маніпулятор на великі кути повороту, а висоту стойки необхідно обирати виходячи із висоти борту магазину кара. У зв'язку з цим було обрано другу схему (рисунок 2.1.2 Б) як робочу, а для зменшення енергетичних витрат її висоту обираємо у ході розрахунків мінімальною по висоті борту кара.

Розглянемо процес для маніпулятора, кінематичну схему якого представлено на рисунку 2.2 Б .

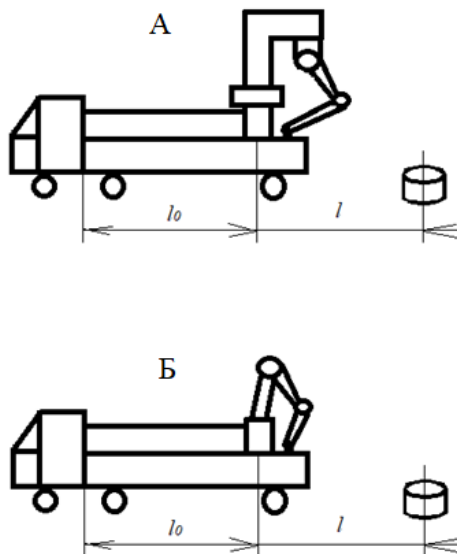


Рисунок 2.3 - Схематичне зображення кара з маніпулятором від з боку: А- з вертикальною підвіскою; Б – із вертикальною опорою.

На першому етапі проєктування можливо скористатись для вибору лінійних розмірів методом проєктування за прототипом. Для формування більш гнучкого методу, що буде враховувати умови роботи без надлишкових енергетичних витрат, які викликані універсальністю вибору розмірів ланок скористаємось методом ітерацій і припущень.

Для цього на першому етапі покладемо, що рух лінійної ланки описується законом:

$$l = l_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2.1)$$

а обертальної з циліндричним шарніром:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad (2.2)$$

Обертальної навколо осі ланки рівно прискореного обертального руху:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^3}{2} \quad (2.3)$$

Крім того, припустимо, що сили інерції зосередженні і діють у точці центру мас для кожної з ланок. Центр ваги знаходиться посередині ланки для ланки, що не змінює свій лінійний розмір, а для ланки, що змінює свою довжину по середині її поточної довжини.

Етап 1. Удосконалення і визначення параметрів кінематичної схеми.

Проведемо аналіз завдання на проектування. Застосуємо спочатку метод аналізу за прототипом і положення кінематичного аналізу. Маніпулятор призначено для виконання вантажо-підйомних робіт, тому представимо його зображення ще у одній проекції. Подамо вид згори. Тут же подамо можливі розташування деталі для прикладу на підлозі. Її можливі положення представимо за допомогою вектора, що починається на основі маніпулятора, точка  $O_0$ , а закінчується у точці центру мас маніпулятора  $P$  у момент захоплення. Висота точки  $O_0$  відносно підлоги  $h_1=800$ мм. Такий підхід дає можливість знайти необхідний максимальний виліт центру мас захвату маніпулятора у точку, яку теж будемо позначати  $P$ . Значимо, що у момент захоплення центр ваги деталі і захвату співпадають.

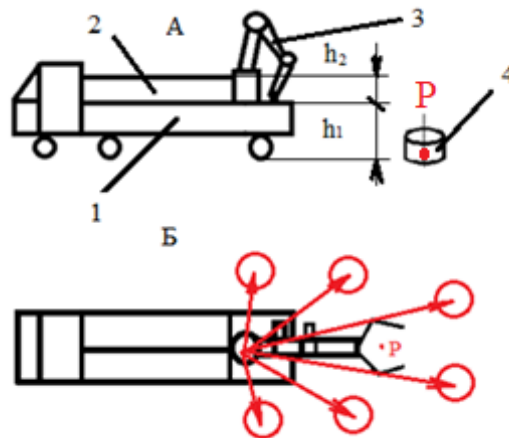


Рисунок 2.4 - Схематичне зображення кара з маніпулятором та деталлю. Вид з боку – А та з гори Б

Для забезпечення виконання необхідних рухів доповнимо три ланки переміщення, приводом повороту і ланкою повороту площини захвату та самим захватом, доповнену кінематичну схему представлено на рисунку 2.5.

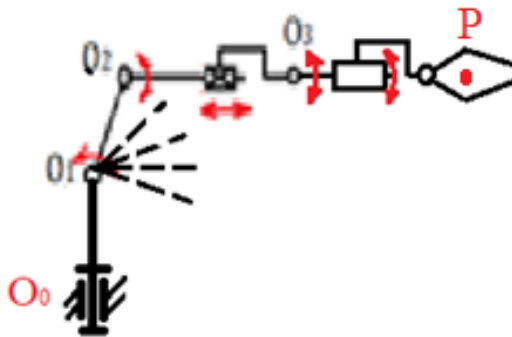


Рисунок 2.5 - Кінематична схема маніпулятора і механізмом позиціонування та захвату

Запропонована кінематична схема, представлено на (рис. 2.5) має три циліндричні шарніри, рух у яких приводять три приводи повороту та одну ланку з лінійним приводом. За завданням маніпулятор повинен висунутись та захопити об'єкт. Чи може це зробити маніпулятор з такою кінематичною схемою?

Осі шарнірів  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  паралельні і перпендикулярні площині екрану, а значить три повороти навколо них будуть переміщувати шарнір через, який приєднується механізм позиціонування захвату у площині. Якщо ця площина не проходить крізь вісь тіла то захват не захопить тіло. Захват якщо навіть при рухах кара забезпечить захоплення деталі, то не покладе деталь до магазину кара на висоті  $h=1,5$  м від підлоги, оскільки для цього його треба повернути. Таким чином, застосовуючи таку складову проектування, як аналіз, дійшли до висновку, що необхідність просторового руху буде забезпечено, якщо передбачати поворотну базову ланку з кутом повороту навколо вертикальної вісі на кут від  $-270$ град. до кута  $+270$ град. При детальному визначенні величини кута необхідно її визначати з урахуванням розмірів коробки - магазину та його положення на платформі кара.

Крім того, доповнено маніпулятор вузлом позиціонування з поворотом навколо вісі ланки та самим захватом, тобто взято мінімальну кількість ступенів рухливості - дві. Тепер усі задані рухи цей маніпулятор може виконати.

Надлишкові рухи теж відсутні. Оскільки надлишковість збільшує вартість, тому теж стає негативом або помилкою проектування.

Етап 2 Будова траєкторій та визначення лінійних розмірів

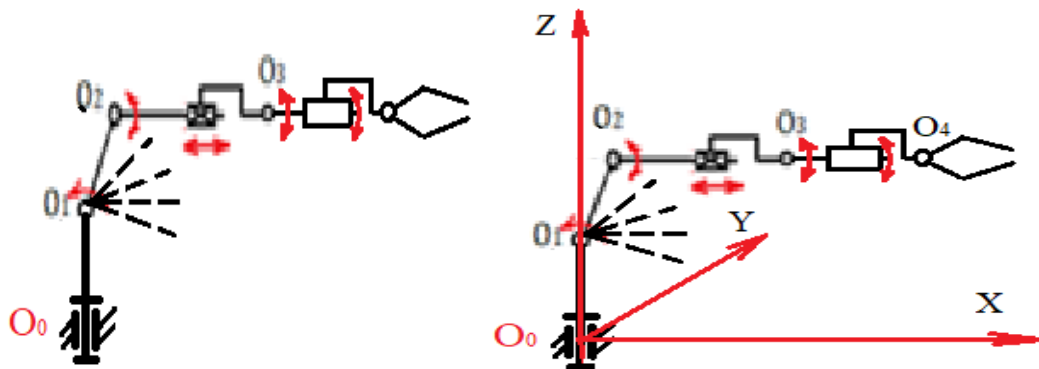


Рисунок 2.6 – Розташування базової системи координат

Прямим методом будуємо можливі траєкторії руху точок шарніру та поступово записуємо рівняння їх руху. Для даної кінематичної схеми починаємо з точки  $O_2$ .

Позначимо довжину ланки  $O_0 O_1 - l_{O_0O_1}$

Позначимо довжину ланки  $O_1 O_2 - l_{O_1O_2}$

Позначимо довжину ланки  $O_2 O_3 - l_{O_2O_3}$

Позначимо довжину ланки  $O_3 O_4 - l_{O_3O_4}$

Аналіз завдання і рисунків дозволяє визначити лінійні розміри ланок.

1. Висота нульової ланки, яка завжди орієнтована вертикально не може бути нижче за висоту борту, бо повертаючись на кут більше 180 градусів маніпулятор не повинен зачипити і зруйнувати борт або створювати аварійну ситуацію. Корпус маніпулятора не повинен чіплятися за борт коробки магазину висотою  $h=1,5$  м за завданням. Таким чином, з рисунку 2.4 видно, що:

$$\begin{aligned}
 l_{O_0O_1} &= h - h_1 + 0,5h_l + \delta = 1,5 - 0,8 + 0,1 * l_{O_1O_2} + 0,02 = \\
 &\approx 1,5 - 0,8 + 0,1 * l_{O_1O_2} + 0,02 = 0,82\text{м}.
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

де  $h_l$  - ширина ланки, що визначається із міцнісних розрахунків та урахуванням конструкції, а на першому етапі визначається як 0,2 від довжини ланки 1 або за прототипом, зазор  $\delta$  приймається теж 0,02м. Оскільки поки не відома довжина ланки, то взято її значення орієнтуючись на округлене до одного розряду значення аналогічного розміру прототипу  $h_l = 0,2$  м. На цьому етапі розрахунки виконались наближено. На другому їх необхідно перерахувати.

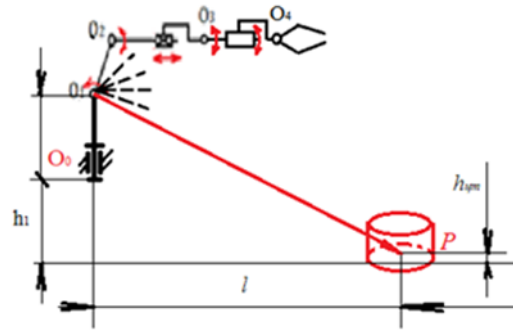


Рисунок 2.7 – Кінематична схема положення маніпулятора і вантажу

## 2. Визначення сумарної довжини першої і другої ланки

На першому етапі проектування визначаємо довжини першої і другої ланки виходячи із спрощеної умови, що точка P і точка O<sub>4</sub> співпали, оскільки не відомо на цій стадії невідомо нічого прозахват. Таке припущення дозволить визначити довжини ланок з запасом.

Визначимо відповідно до вихідних даних вертикальну координату по висоті заготовки 80мм, що задано як половину її висоти 40мм.

Координати точок будемо позначати (X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>, Z<sub>i</sub>)

Тепер поступово запишемо закони, за якими будуть змінювати своє положення точки шарнірів.

Ланка O<sub>0</sub> O<sub>1</sub> обертається навколо власної вісі, тому точка O<sub>1</sub> не змінює свого положення у просторі. Переходимо до ланки O<sub>1</sub> O<sub>2</sub>. Тепер із заданої відстані l=2м знайдемо

$$l_{O_1O_2} + l_{O_2O_3} = \sqrt{l^2 + (h_1 + l_{O_0O_1} - y_P)^2}. \quad (2.5)$$

Однак, як бачимо, під знаком корення стоїть невідома величина яка визначена сама через невідому довжину першої ланки, тому скористаємось наближенням

значенням довжини нульової ланки  $l_{O_0O_1} = (0, 8)$  м та знайдемо із запасом на зазор  $\delta$ :

$$\begin{aligned} l_{O_1O_2} + l_{O_2O_{3\max}} &= \sqrt{2^2 + (0,8 + 0,82 - 0,02)^2} = \\ &= \sqrt{4 + 1,6^2} \approx 2,54 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Прийmemo ланки у початковому стані однакової довжини, вибіг задамо 0,6м. Таким чином, довжини ланок обираємо по 0,97 м

- Визначення координати точки  $O_2$ . Її координати визначає довжина ланки  $l_{O_1O_2}$ , яка є не змінна та два кути  $\varphi$  та  $\psi$ . Перший кут повороту навколо вертикальної вісі  $\varphi$ , другий навколо горизонтальної вісі,  $\psi$  тоді:

Нагадаємо

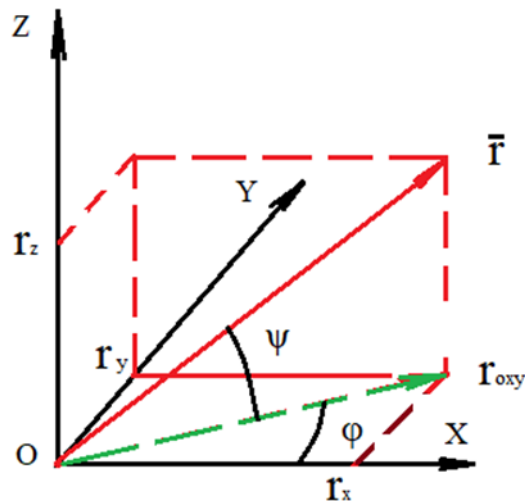


Рисунок 2.8 – Схема позначень кутів Ейлера у базовій системі координат

Кут повороту навколо вісі шарніру  $O_1$  позначимо  $\psi_2$ .

$$\begin{aligned}x_{o_2} &= l_{O_1O_2} \cos \varphi \cos \psi_2; \\y_{o_2} &= l_{O_1O_2} \sin \varphi \cos \psi_2; \\z_{o_2} &= l_{O_0O_1} + l_{O_1O_2} \sin \psi_2.\end{aligned}\quad (2.7)$$

Тепер розглянемо ланку  $O_2 O_3$  її довжина –  $l_{O_2O_3}$  є змінною у часі.

Кут повороту навколо вісі  $O_2$  позначимо  $\psi_3$ .

$$\begin{cases}x_{o_3} = l_{O_1O_2} \cos \varphi \cos \psi_2 + l_{O_2O_3} \cos \varphi \cos \psi_3 \\y_{o_3} = l_{O_1O_2} \sin \varphi \cos \psi_2 + l_{O_2O_3} \sin \varphi \cos \psi_3 \\z_{o_3} = l_{O_0O_1} + l_{O_1O_2} \sin \psi_2 + l_{O_2O_3} \sin \psi_3 \\l_{O_2O_3} = l_{O_2O_3 \text{початкове}} + \frac{at^2}{2}\end{cases} \quad (2.8)$$

Таким чином, довжина ланки  $l_{O_2O_3}$  як функція часу дорівнює

$$l_{O_2O_3} = l_{O_2O_3 \text{початкове}} + \frac{at^2}{2} = 0,97 + \frac{2}{2}t^2 = 0,97 + \frac{2}{2}t^2; \quad (2.9)$$

Тепер після підстановки закону зміни довжини третьої ланки будемо мати закони руху точки  $O_3$ .

Однак зазначимо, що  $l_{O_2O_3 \text{max}} = 0,97 + 0,6 = 1,57 \text{ м}$  максимальна довжина ланки

Будь який проект поділяється на стадії від концепції до робочого проекту

Ми знаходимось на передескізній стадії проекту



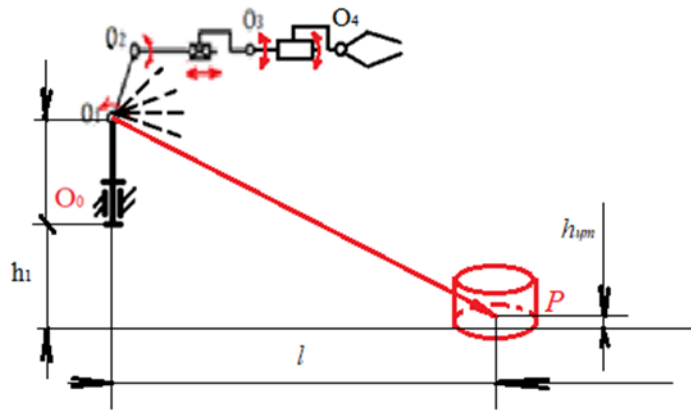


Рисунок 2.9 – Кут від першої ланки

Однак зазначимо, що  $l_{O_2O_3,max} = 0,97 + 0,6 = 1,57\text{ м}$  максимальна довжина ланки

Таблиця 1 – Параметри ланок

№	Позна- чення довжин ни ланки	Довжин а ланки, м	Повз- довжна питома маса, т	Маса ланки, кг	Коорди- ната відносна центру мас $x_{ci}$ ,	Момент інерції ланки, кг м <sup>2</sup>	Розмір и переріз у ланки, мм	Момент Інерції пере- різу
0	$l_{0001}$	0,8	1	8	0,4	1,3	0	0,4
		2	0	,2	1	448*	,03x0,1 64*	1x16x10 <sup>-4</sup> *
1	$l_{0102}$	0,9	8	7	0,5	1,9	0	0,4
		7		,76		4	,03x0,1 64*	1x16x10 <sup>-4</sup> *

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
 Автоматизована система переміщення виробів мобільними транспортними засобами

2	$l_{0203}$	1,5	8	1	0,5	7,7	0	0,4
		7		2,56		39786	,03x0,1 64*	1x16x10 <sup>-4</sup> *
3	$l_{0304}$	0,6	6	0	0,5	0,0	0	0,4
				,36		324	,03x0,1 64*	1x16x10 <sup>-4</sup> *
4	$l_{gripper}$	0,6	1	8	0,3	0,3	-	---
			4	,4	5	7044	-----	-----

\*Обрано за прототипом на першому етапі проектування

Повздовжня питома маса за визначенням дорівнює:

$$\tau = \frac{m}{l}. \quad (2.10)$$

Якщо на початковій стадії визначити її по прототипу, масу ланки знайдемо за її дожиною:

$$m = \tau l, \quad (2.11)$$

що дозволяє заповнювати таблицю 1 характерних значень параметрів ланок. Якщо форму ланки по довжині прийняти незмінною, то відносна координата центру ваги дорівнює 0,5, а саму координату розрахуємо:

$$x_{с0001} = \frac{1}{2}l = \frac{1}{2}0,82м \quad (2.12)$$

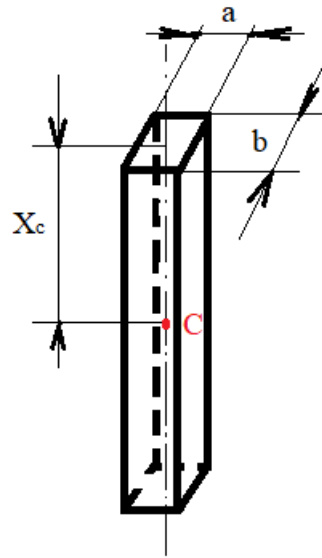


Рисунок 2.10 – Схема визначення моменту інерції нульової ланки

Момент інерції відносно повздовжньої вісі  $OO_1$  визначимо наближено, як:

$$I_{OO_1} = 2m \left( \frac{b}{4} \right)^2 = m \frac{b^2}{8} = \quad . \quad (2.13)$$

Однак, на першому етапі її доцільніше задати, скориставшись особливостями конструкції розташування на ній двигуна та приводу за прототипом:

$$I_{OO_1} = 1,3448 \text{ кгм}^2 .$$

Якщо визначати його відносно поперечної вісі, то тоді:

$$I_i = m_i x_{ci}^2 = \quad . \quad (2.14)$$

Відповідно за аналогією визначаються моменти інерції відповідно до сказаного та кінематичної схеми для інших вісей результати заносяться до таблиці 1.

Тепер розрахуємо момент інерції вантажу як матеріальної точки, знаходиться на максимальній відстані рис.2.11

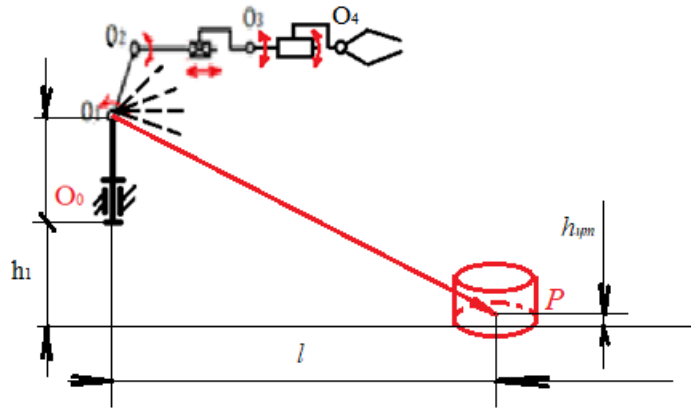


Рисунок 2.11 – Максимальна відстань

$$I_g = m_g l_{\max}^2 = m_g l_{\max}^2 = m_g (l_{O_1O_2} + l_{O_2O_{3\max}} + l_{O_3O_4} + x_g)_{\max}^2 \quad (2.15)$$

Розрахуємо момент інерції окремих ланок відносно вісі шарніру попередньої ланки та занесемо значення до таблиці 1.

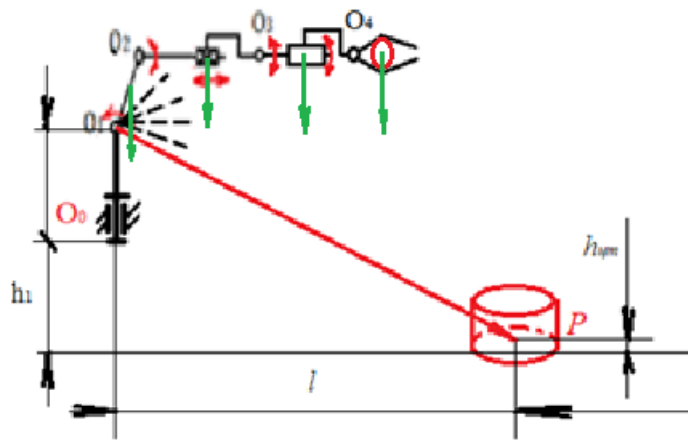


Рисунок 2.12 – Схема прикладення сил ваги до ланок маніпулятора

Відповідно до схеми маніпулятора привод нульової ланки обертає навколо вертикальної вісі першу, другу і третью ланки. Якщо припустити, що у захваті затиснуто вантаж, а ланки повертаються у горизонтальній площині з максимальним

прискоренням, то при забезпеченні такого руху привод нульової ланки розвиває максимальний момент. Розрахунок такого моменту є самим простим, а якщо скористатись вимогою про забезпечення максимального прискорення та швидкодію, то буде визначено момент, кутова швидкість, а значить і потужність, як вихідні данні для вибору двигуна, редуктора та електроприводу. Для розрахунку запишемо головний закон динаміки обертального руху:

$$I\varepsilon = M_{II} - M_{тер}, \quad (2.16)$$

де позначено  $I$  - сумарний момент інерції нульової та інших ланок і захвату та вантажу у захваті,  $\varepsilon$  - кутове прискорення, яке розраховується за координатою центру мас вантажу та відстані від вісі  $O_0O_1$  до точки  $P$ ,  $M_{II}$  - який розвиває привод,  $M_{тер}$  - момент сил тертя. Послідовно визначим всі величини. Сумарний момент інерції розрахуємо:

$$I = I_{O_0O_1} + I_{O_1O_2} + I_{O_2O_{3max}} + I_{O_3O_4} + I_{grripper} + I_g \quad (2.17)$$

Покажимо сили ваги, що діють на ланки маніпулятора рис.2.12. Позначимо їх літерою  $P$ , а індекс будемо надавати відноповідно до номеру ланки. Для сили ваги вантажу індекс надавати не будемо, а для ваги захвату затосуємо індекс  $g$ . Для умови рівноваги знайдемо реакцію опори  $R$  у підшипнику нульової ланки:

$$R = P_o + P_1 + P_2 + P_3 + P_{grripper} + P_g = 57,28 \times 9,81 = 561,9168 \text{Н} \quad (2.18)$$

За довідниковими даними і з коефіцієнтом запаса 1,2, задамо внутрішній діаметр і оберемо опорно - упорний підшипник. Там же визначимо коефіцієнт сил тертя та радіус  $r$  - центру бігової доріжки, тоді момент сил тертя розрахуємо:

$$M_{мер} = kRr = 0,005 \times 561,9168 \times 0,1 = 0,2809584 \text{ Нм.} \quad (2.19)$$

$$l_p = l_{O_0O_1} + l_{O_1O_2} + l_{O_2O_3_{\max}} + l_{O_3O_4} + x_g, \quad (2.20)$$

$$M_{II} = I \frac{a}{l_p} + M_{мер}.$$

Розрахунок загального моменту інерції ланок та вантажу

$$I = 11,0834 + 677,828608 = 688,918 \text{ кгм}^2 \quad (2.21)$$

дозволяє отримати спрощену формулу визначення моменту приводу як функцію максимального прискорення:

$$M_{II} = 688,91 \times a / 3,44 + 0,280 = 200,2645a + 0,280 = \text{Нм.} \quad (2.22)$$

Таким чином, отримано значення моменту як функцію максимального прискорення для даного вантажу та кінематичної схеми маніпулятора, що дозволяє обирати двигун та досліджувати привід стандартними інструментами середовища Matlab.

Далі кутову швидкість вихідного вала знайдемо по заданій швидкодії  $t$  наступним чином:

$$w = \frac{a}{l_p} t = \frac{a}{3,44} t = \quad (2.23)$$

Таблиця 2 – Аналіз впливу на параметри приводу базової ланки максимального прискорення та швидкодії маніпулятора

№	Максимальне Лінійне приско-рення $a$ , $m/c^2$	Швидкодія $t$ , с	Момент приводу нульової ланки $M_{п}$ , Нм	Кутова швид-кість на валу приводу , рад./с
1	0,1	30	20,3	0,872
2	0,5	30	100,4	4,360
3	1	30	200,5445	8,72
4	1,5	30	300,676	13,08
5	2	30	400,809	17,44

Тепер розрахуємо привод першої ланки рисунок 2.13.

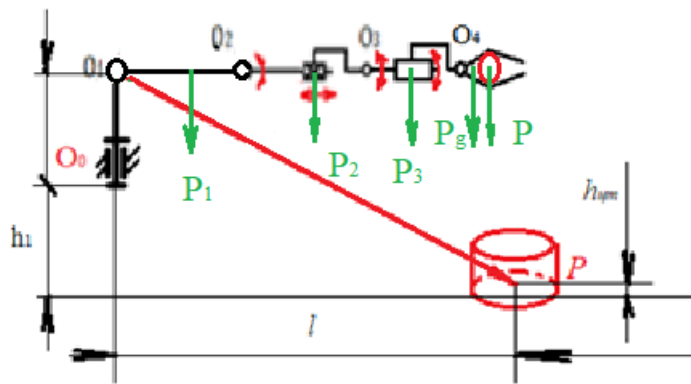


Рисунок 2.13 – Схема прикладенних сил ваги до ланок маніпулятора для розрахунку максимального моменту приводу нульової ланки

Якщо розташувати горизонтально першу та інші ланки та зафіксувати положення ланок, то знайдемо максимальний момент сил, що прикладемо до

першої ланки, повертаючи її у вертикальній площині з зафіксованими іншими та з максимальним прискоренням та при дії сил ваги:

$$\begin{aligned}
 M_{II1} &= (I - I_{O_0O_1}) \frac{a}{l_p} + M_{мер1} \\
 l_p &= l_{O_1O_2} + l_{O_2O_{3\max}} + l_{O_3O_4} + l_{gripper} + l_g; \\
 R_1 &= R - P_0 \\
 M_{мер1} &= k_1(R_1)r_1
 \end{aligned} \tag{2.24}$$

Кутову швидкість вихідного вала приводу першої ланки знайдемо по заданій швидкодії  $t_1$  наступним чином:

$$w = \frac{a}{l_p} t_1 \tag{2.25}$$

або по загальній швидкодії.

Далі розрахуємо момент сил другої ланки:

$$\begin{aligned}
 M_{II2} &= (I - I_{O_0O_1} - I_{O_1O_2}) \frac{a}{l_p - l_{O_1O_2}} + M_{мер2} \\
 l_p &= l_{O_1O_2} + l_{O_2O_{3\max}} + l_{O_3O_4} + l_{gripper} + l_g; \\
 R_2 &= R - P_0 - P_1 \\
 M_{мер2} &= k_2(R_2)r_2
 \end{aligned} \tag{2.26}$$

Кутову швидкість вихідного вала приводу першої ланки знайдемо по заданій швидкодії  $t_2$  наступним чином:

$$w = \frac{a}{l_p - l_{O_1O_2}} t_2 \tag{2.27}$$



або по загальній швидкодії, якщо на цій стадії проектування інша інформація відсутня.

Третя ланка розраховується за аналогією з другою. Результати занести до таблиці 3

Таблиця 3. – Параметри приводів ланок

№	Позна- чення довжини ланки	Довжина ланк и, м	Повз- довжна питома маса, т	Маса ланки, кг	Коорди- ната відносна центру мас $x_{ci}$ ,
0	$l_{0001}$	0,82	10	8,2	0,41
1	$l_{0102}$	0,97	8	7,76	0,5
2	$l_{0203}$	1,57	8	12,56	0,5
3	$l_{0304}$	0,6	6	0,36	0,5
4	$l_{gripper}$	0,6	14	8,4	0,35
5	Вант аж,	-	-	20	0,5
	Сумм а	$l_p=3,$ 44		57,28	

Таким чином, побудовано математичну модель, що дозволяє визначати параметри приводу ланки відповідно до часково сформульованих умов на проектування. Для обраної кінематичної схеми маніпулятора кара отримано значення моменту як функцію максимального прискорення для даного вантажу та кінематичної схеми маніпулятора, що дозволяє обирати двигун та досліджувати привід у середовищі Matlab стандартними інструментами Simulink.

## 2.2 Функціональна схема та блок-схема алгоритму

Автоматизовані системи здатні виконувати завдання швидше та точніше, порівняно з ручними методами. Вони можуть працювати безперервно, не потребуючи перерв на відпочинок або відпустку, що дозволяє зменшити час виконання робіт та підвищити загальну продуктивність.

Крім того, використання автоматизованих роботів сприяє зниженню ризику для працівників. Вантажопідйомні роботи можуть бути небезпечними і призводити до травм або нещасних випадків. Застосування роботів дозволяє уникнути прямого контакту працівника з небезпечними об'єктами або ситуаціями, знижуючи ризик виникнення нещасних випадків.

Додатково, автоматизовані роботи забезпечують високу стійкість та надійність в роботі. Вони можуть працювати у важких умовах, включаючи високі або низькі температури, забезпечуючи стабільну продуктивність без впливу на якість виконаних робіт.

Таким чином, використання автоматизованих роботів у вантажопідйомних роботах та операціях переміщення на виробничих підприємствах є засобом підвищення продуктивності, зниження ризику і забезпечення стабільної та безпечної роботи. Система складається з:

- Керуючий блок: Керуючий блок відіграє ключову роль у системі автоматизації вантажопідйомних робіт. Його основна функція - керування і координація роботою всіх інших блоків системи. Керуючий блок отримує інформацію від датчиків та інших джерел, аналізує її та приймає рішення щодо подальших дій. Він також відповідає за комунікацію зі зовнішніми системами та операторами.

- Датчиковий блок: Датчиковий блок є невід'ємною частиною автоматизованої системи вантажо-підйомних робіт. Він відповідає за збір інформації про стан вантажу, навколишнього середовища та системи загалом. Цей блок може включати в себе різні типи датчиків, такі як датчики навантаження, датчики розташування, датчики безпеки та інші. Інформація, отримана з датчиків, передається до керуючого блоку для подальшого аналізу та обробки.
- Блок управління рухом: Блок управління рухом відповідає за керування рухом вантажу та механізмами переміщення. Він включає в себе різні підсистеми, такі як системи керування моторами, системи керування приводами, системи стабілізації та інші. Цей блок забезпечує точне та безпечне переміщення вантажу згідно з заданими параметрами.
- Блок безпеки: Безпека є одним з найважливіших аспектів у системі автоматизації вантажо-підйомних робіт. Блок безпеки включає системи виявлення перешкод, системи контролю навколишнього середовища, системи аварійного зупину та інші заходи безпеки. Його основна мета - уникнути можливих небезпечних ситуацій та забезпечити безпеку персоналу та обладнання.
- Блок комунікації: Блок комунікації відіграє важливу роль у забезпеченні зв'язку між різними компонентами системи та зовнішніми пристроями. Він включає в себе системи зв'язку, інтерфейси взаємодії, протоколи передачі даних та інші елементи. Блок комунікації дозволяє ефективно обмінюватися інформацією та командами між різними частинами системи.

Також є вид ієрархічного управління, ця система є характерною для багатьох мехатронних систем управління. Вона складається з кількох рівнів, кожен з яких виконує певні функції і вирішує завдання різної складності. Зазвичай у таких

системах використовуються чотири рівні управління: інтелектуальний, стратегічний, тактичний і виконавчий. [9]

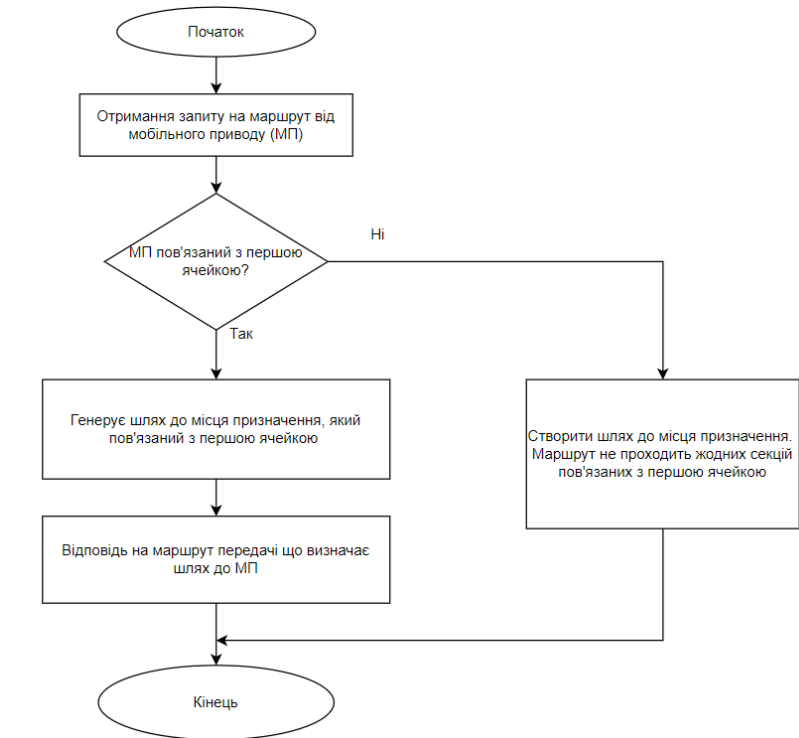


Рисунок 2.14 – Алгоритм роботи

На виконавчому рівні знаходяться блоки приводів мехатронної системи, які отримують керуючі сигнали від програми управління і виконують розрахунки для забезпечення руху системи з урахуванням технічних характеристик приводів.

Тактичний рівень виконує перетворення команд управління, що надходять зі стратегічного рівня, в програму управління, яка визначає закони руху всіх ланок системи з урахуванням обмежень та вимог.

Стратегічний рівень відповідає за планування рухів системи. Він розбиває завдання руху на послідовність елементарних дій і формалізує цілі управління для кожної дії. На цьому рівні вирішується, наприклад, геометричне планування руху робочого органу.

Інтелектуальний рівень, як найвищий рівень управління, приймає рішення про рух системи в умовах неповної інформації про зовнішнє середовище і об'єкти. Він використовує команди управління для прийняття рішень.

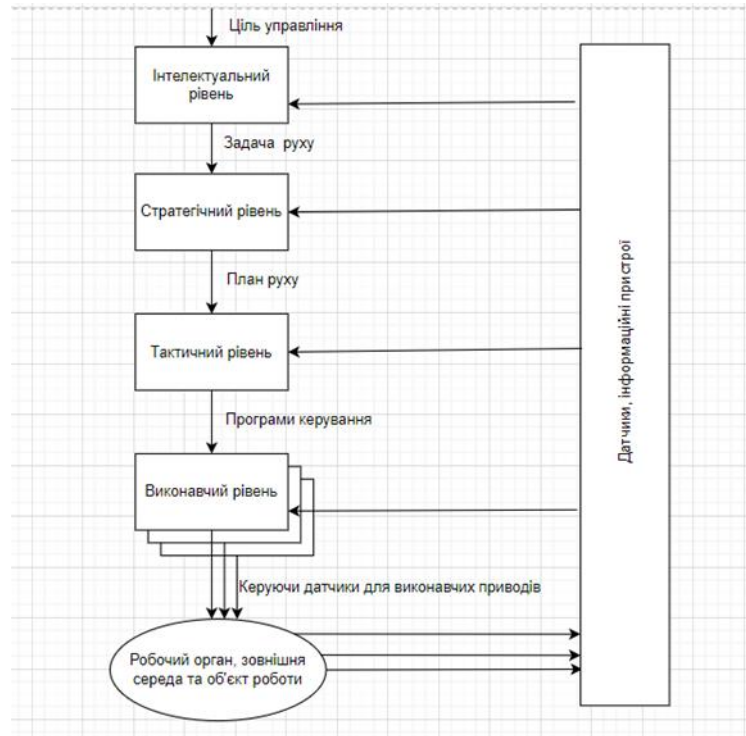


Рисунок 2.15 – Структура взаємодії на різних рівнях керування

Така ієрархічна структура дозволяє забезпечити гнучкість і багатоплановість керування на кожному рівні, а зміна характеристик системи призводить до зміни лише частини.

Автоматизований мобільний транспортний засіб є складною системою, яка включає процес передачі даних для ефективного функціонування. Процес передачі даних є критичним для забезпечення правильної роботи системи та досягнення поставлених цілей.

На початку процесу, транспортний засіб отримує дані з різних джерел, таких як датчики, GPS-приймачі, камери тощо. Ці датчики збирають інформацію про

навколишнє середовище, включаючи розташування вантажів, перешкод та інших роботів.

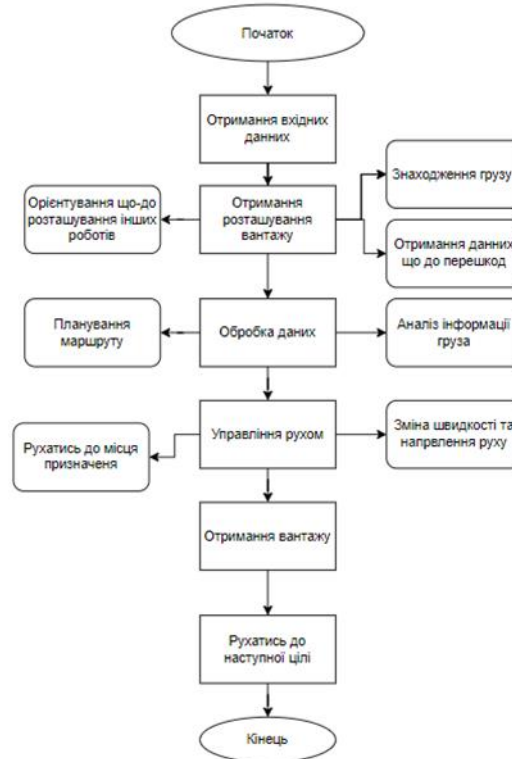


Рисунок 2.16 – Функціональна блок-схема роботи АТРЗ

Отримані дані піддаються обробці, щоб виконати аналіз та прийняти рішення. Цей етап включає фільтрацію та обробку сигналів, аналіз інформації про вантажі, планування маршруту та прийняття рішень щодо уникнення перешкод.

Після обробки даних, система генерує команди для керування транспортним засобом. Ці команди включають інструкції щодо руху, маневрів, зміни швидкості та інших параметрів. Вони передаються до відповідних систем керування, які відповідають за реалізацію цих команд.

Комунікація є ключовим елементом передачі даних. Вона може здійснюватись через бездротові засоби, такі як радіо, Wi-Fi або Bluetooth, або за

допомогою дротових ліній і з'єднань. Ця комунікація забезпечує передачу команд від системи керування до відповідних структурних блоків. [3]

Остаточним етапом є виконання отриманих команд. Системи керування відповідно реагують на команди, керуючи рухом, маневрами, підйомом і опусканням механічного маніпулятора та іншими діями. Виконання команд залежить від внутрішнього програмування та налаштувань системи.

Таким чином, процес передачі даних в автоматизованому мобільному транспортному засобі є складною послідовністю подій, яка забезпечує правильне функціонування та керування транспортним засобом для виконання поставлених завдань.

Після виконання команд та руху мобільного транспортного засобу, процес передачі даних продовжується знову. Датчики на транспортному засобі продовжують сприймати дані про навколишнє середовище, вантажі, перешкоди та інші фактори.

Отримані дані проходять через процес обробки, аналізу та прийняття рішень. Це може включати оновлення інформації про стан навколишнього середовища, перерозподіл ресурсів або корекцію маршруту в разі зміни умов.

Команди для керування, що виникають після обробки даних, знову передаються до систем керування транспортним засобом. Цей цикл повторюється протягом роботи мобільного транспортного засобу, забезпечуючи постійну передачу даних і виконання відповідних команд для безперервного руху та реалізації завдань перевезення вантажів.

Процес передачі даних в автоматизованому мобільному транспортному засобі є невід'ємною складовою його функціонування. Він забезпечує отримання, обробку, передачу та виконання відповідних команд для забезпечення безперервного та ефективного руху, перевезення грузів та уникнення перешкод.

Цей процес має велике значення в сферах, таких як логістика, складське господарство та автоматизовані системи управління. Він дозволяє забезпечити автоматизацію та покращити продуктивність транспортних засобів, спрощуючи роботу та знижуючи витрати на людську працю.[10]

Адаптивна система - це система, яка може змінювати свої властивості та поведінку для адаптації до змін у навколишньому середовищі або до нових умов роботи. Вона має здатність самостійно визначати оптимальні стратегії та реагувати на змінні умови, що дозволяє їй пристосовуватись та ефективно працювати.

Функціональна схема - це інженерна діаграма, що відображає структуру та функції компонентів системи та їх взаємозв'язки. Вона допомагає розробникам визначати необхідність та можливості кожного елемента системи, а також встановлювати пріоритети у роботі всієї системи в цілому.

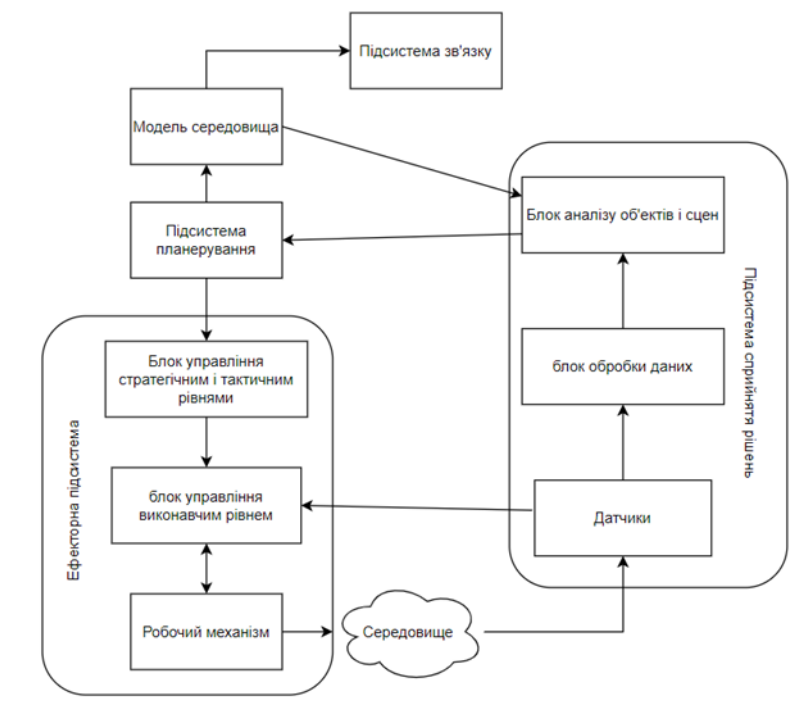


Рисунок 2.17 – Функціональна схема роботи АТРЗ



Робота адаптивної системи базується на засадах зворотного зв'язку та навчання. Вона постійно сприймає дані з навколишнього середовища за допомогою датчиків, обробляє ці дані та виконує розрахунки для прийняття оптимальних рішень. Навчання відбувається шляхом аналізу результатів попередніх дій та внесення коректив у майбутню поведінку системи.

На першому рівні структурної схеми знаходяться датчики, які сприймають інформацію про навколишнє середовище та стан самого робота. Ці датчики можуть бути різного типу, включаючи відеокамери, сенсори дотику, гіроскопи та багато інших. Вони забезпечують постійний потік даних про навколишню ситуацію.

Отримані дані подаються на наступний рівень - обробник даних. Тут відбувається аналіз та обробка інформації з датчиків. Обробник даних використовує алгоритми та методи для розпізнавання об'єктів, оцінки відстаней, визначення напрямку руху та інших характеристик середовища. Його завдання - перетворити сирий потік даних у більш структуровану інформацію, яка буде використовуватися для подальших рішень.

Після обробки даних, інформація надходить до планувальника - блоку, в якому приймаються стратегічні рішення. Планувальник визначає мету роботи та розробляє оптимальні стратегії для досягнення цієї мети. Він аналізує отримані дані, оцінює ризики та можливості, та формує плани дій, які максимально відповідають поставленій задачі.

Останнім етапом є блок контролера, який відповідає за керування виконанням дій робота. Контролер приймає рішення, отримані від планувальника, і видає команди для виконання відповідних дій. Він забезпечує координацію роботи різних систем та компонентів робота, контролює рух, маніпуляції та інші функції.

Важливо зазначити, що всі блоки структурної схеми адаптивного робота взаємодіють між собою. Інформація та рішення, що передаються з одного блоку до

іншого, створюють замкнутий цикл зворотного зв'язку. Цей цикл дозволяє роботу адаптуватися до змін у середовищі та навчатися на основі попереднього досвіду.

### **Функціональна схема системи моніторингу**

При додаванні системи моніторингу за станом транспортних засобів у автоматизовану систему переміщення виробів мобільними транспортними засобами, функціональна схема допоможе визначити необхідні компоненти системи моніторингу та їх функції. Наприклад, датчики можуть вимірювати показники, такі як тиск в шинах, рівень палива, температура двигуна та інші параметри, а передавачі даних можуть передавати ці дані до центральної системи моніторингу.[9]

Функціональна схема може також допомогти в інтеграції системи моніторингу з іншими компонентами автоматизованої системи переміщення виробів. Наприклад, вона може бути підключена до системи диспетчеризації, щоб надавати інформацію про стан транспортних засобів операторам та диспетчерам.

Крім того, функціональна схема може включати додаткові модулі, які дозволять проводити аналіз даних та прогнозування несправностей транспортних засобів на основі зібраних даних. Наприклад, вона може використовувати алгоритми машинного навчання для виявлення патологій в роботі елементів транспортних засобів та надавати рекомендації з їх заміни або ремонту.

Таким чином, функціональна схема може бути корисним інструментом для розробки та інтеграції системи моніторингу з іншими компонентами автоматизованої системи переміщення виробів мобільними транспортними засобами. Вона допоможе забезпечити своєчасне обслуговування транспортних засобів та зменшити ризик виникнення аварій через зношені або пошкоджені елементи.

Для того, щоб виготовити автоматизовану систему переміщення виробів мобільними транспортними засобами або значно її покращити – необхідно звернути увагу на головний елемент системи. Головним елементом такої системи є мобільний транспортний засіб. Щоб покращити роботу цього елемента було прийняте рішення розробити систему моніторингу за станом роботи з чотирма колесами, який працює на складі, або будь де.

Для демонстрації такої системи моніторингу було обрано графічний метод зображення ( Рисунок 2.18 ), де показано принцип роботи та елементи системи моніторингу.



Рисунок 2.18 – Функціональна схема моніторингу за станом робота

Основна функція схеми моніторингу стану робота полягає в зборі, обробці та передачі даних, що надходять від чотирьох датчиків до бездротового модуля зв'язку.

На початку схеми розміщені датчики загального стану робота, швидкості руху, рівня заряду акумулятора та температури двигуна, які передають вимірювання до мікроконтролера. Мікроконтролер обробляє дані, що надходять від датчиків, і приймає рішення про подальші дії робота. Для цього можуть використовуватися програмні алгоритми та правила, які визначаються за вимогами конкретної задачі.

Отримані дані з мікроконтролера подаються на вхід перетворювача сигналу, який конвертує цифрові сигнали в бездротовий сигнал для передачі даних до бездротового модуля зв'язку. Бездротовий модуль зв'язку може бути побудований на базі різноманітних технологій, таких як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee тощо, залежно від вимог проекту.

Отримавши дані від бездротового модуля зв'язку, система моніторингу може передавати дані на сервер для подальшої обробки та аналізу. Така система моніторингу може допомогти підтримувати робота в належному стані та забезпечити максимальну ефективність його роботи.

### **2.3 Загальна архітектура та електрична принципова схема**

На першому рівні структурної схеми розташовані датчики, які сприймають інформацію про навколишнє середовище та стан робота. Для підключення датчиків до плати потрібні вхідні інтерфейси, такі як аналогові або цифрові входи, можливість зчитування даних зі сенсорів різного типу (відеокамери, сенсори дотику, гіроскопи тощо). Передача даних від датчиків до плати може здійснюватися через проводні або бездротові з'єднання.

Отримані дані подаються на наступний рівень - обробник даних. Для обробки даних потрібна висока обчислювальна потужність плати. Обробник даних використовує алгоритми та методи для аналізу та обробки інформації з датчиків.

Він може включати мікроконтролери або мікропроцесори з вбудованими обчислювальними можливостями та пам'яттю.[14]

Після обробки даних інформація надходить до планувальника. Планувальник визначає мету робота та розробляє оптимальні стратегії для досягнення цієї мети. Для планування роботи можна використовувати алгоритми штучного інтелекту або логічні рішення, які базуються на отриманих даних з обробки. Планувальник може включати програмовану логіку, блоки прийняття рішень та алгоритми координації.

Останнім етапом є блок контролера, який відповідає за керування виконанням дій робота. Контролер отримує рішення від планувальника і видає команди для виконання відповідних дій. Він забезпечує координацію роботи різних систем та компонентів робота, контролює рух, маніпуляції та інші функції. Для цього контролер може мати вихідні інтерфейси, такі як PWM (ширина імпульсу модуляції) для керування моторами або протоколи зв'язку для взаємодії з іншими системами.

## **2.4 Блок-схема алгоритму**

Схема алгоритму - це графічне зображення послідовності кроків, необхідних для виконання конкретної задачі або процесу. Вона допомагає візуалізувати алгоритм роботи системи та зрозуміти, як вона буде функціонувати на практиці.

У випадку системи моніторингу стану, схема алгоритму допоможе у визначенні послідовності кроків, які необхідно виконати для збору даних від датчиків, їх обробки та передачі на віддалений сервер для подальшої обробки та аналізу. Вона також дозволить виявити можливі помилки та недоліки у роботі системи та внести відповідні корективи.

Після створення схеми алгоритму, потрібно реалізувати цей алгоритм в програмному коді для мікроконтролера. Для цього можна використовувати мови

програмування, такі як C++, Python, або мову спеціально розроблену для вбудованих систем, наприклад, мову Assembler.

Після написання програмного коду, його необхідно завантажити на мікроконтролер та перевірити його роботу. При цьому необхідно впевнитись, що мікроконтролер правильно отримує та обробляє дані від датчиків та передає їх на перетворювач сигналу для бездротової передачі.

У процесі моніторингу стану робота, схема алгоритму ( Рисунок 2.19 ). допомагає розуміти, як система працює та які дії необхідно виконувати у випадку виникнення проблем. Також ця схема дозволяє покращити ефективність робота, оптимізувати його роботу та зменшити ризик виникнення аварійних ситуацій.

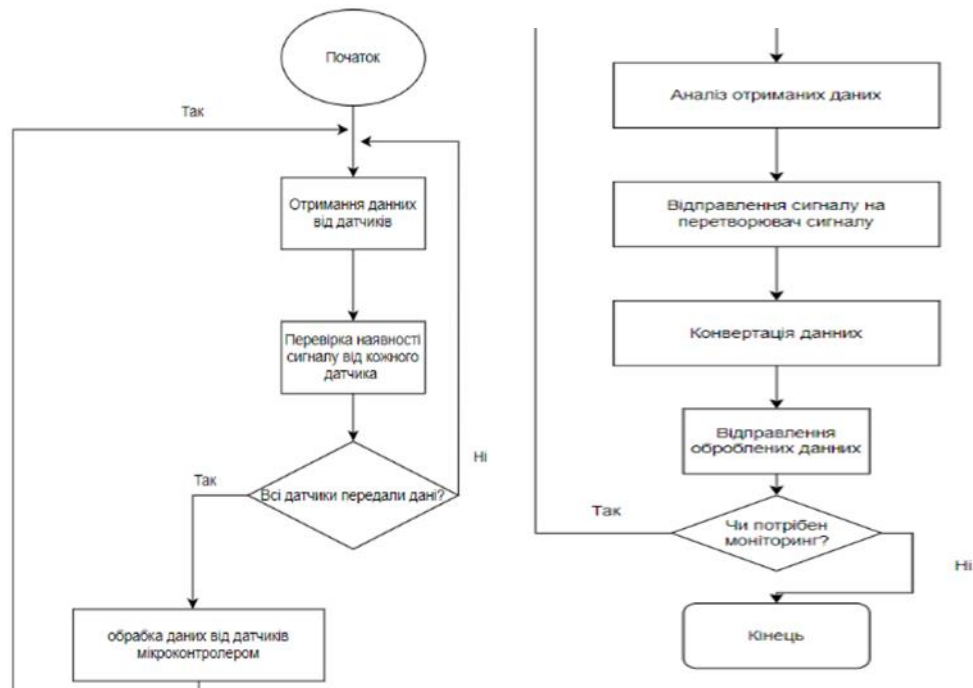


Рисунок 2.19 – Схема алгоритму роботи системи моніторингу

Ця схема алгоритму дозволяє забезпечити постійний моніторинг стану робота та забезпечити надійну та ефективну роботу пристрою. Вона також допомагає уникнути ситуацій, коли робот може продовжувати роботу з несправним датчиком

або недостатньою зарядкою акумулятора, що може призвести до непередбачуваних наслідків.

## **2.4 Опис та вибір блоків для автоматизованої системи моніторингу**

### **2.4.1 Вибір мікроконтролера**

Мікроконтролер - це електронний пристрій, який містить у собі мікропроцесор, пам'ять та периферійні пристрої, такі як таймери, засоби зв'язку та інші, і призначений для керування певними процесами або системами. В даній системі мікроконтролер використовується для збору даних з датчиків загального стану робота, швидкості руху, рівня заряду акумулятора та температури двигуна, обробки цих даних та прийняття рішень про подальші дії робота на основі цих даних. Також мікроконтролер відповідає за передачу цих даних до перетворювача сигналу, який передає їх на бездротовий модуль зв'язку.

Arduino Uno R3 - це один з найпопулярніших мікроконтролерів для прототипування і розробки різноманітних систем. Він має вбудований мікроконтролер ATmega328P, який має 32 кілобайт флеш-пам'яті для зберігання програмного забезпечення, 2 кілобайти оперативної пам'яті і швидкість тактової частоти 16 МГц.

Arduino Uno R3 має 14 цифрових входів / виходів, з яких 6 можуть бути використані як вихід на ШІМ-сигнали, 6 аналогових входів, а також можливість підключення до комп'ютера через USB-порт для програмування та зчитування даних.

Для системи моніторингу стану робота, яка включає датчики, які передають дані до мікроконтролера, Arduino Uno R3 є досить потужним і достатньою

поєднанням функціональності та доступності, щоб задовольнити потреби більшості проектів.



Рисунок 2.20 – Arduino Uno R3

Основні характеристики Arduino Uno R3:

- Мікроконтролер: ATmega328P
- Робоча напруга: 5 В
- Частота кварца: 16 МГц
- Кількість цифрових входів/виходів: 14 (з них 6 можуть бути використані як PWM виходи)
- Кількість аналогових входів: 6
- Ємність флеш-пам'яті: 32 Кб (2 Кб використовуються для загрузчика)
- Оперативна пам'ять: 2 Кб

Arduino Uno R3 є досить поширеним мікроконтролером серед електронних проектів, тому його легко знайти в продажу. Він також має велику спільноту користувачів, що забезпечує наявність багатьох додаткових бібліотек і прикладів коду, що дозволяє швидко розробляти різноманітні проекти. [15]

#### 2.4.2 Вибір датчику загального стану робота



Датчик загального стану (іноді його називають гіроскопом) - це датчик, який вимірює рух і орієнтацію пристрою в просторі. У системі моніторингу стану робота, якщо потрібно виміряти нахил, кутову швидкість і прискорення робота, то датчик загального стану може бути дуже корисним.

Для цієї системи моніторингу стану був використаний датчик MPU-6050 6-Axis Accelerometer and Gyroscope Sensor, який включає в себе і акселерометр, і гіроскоп. Це дозволяє вимірювати різні параметри руху, такі як нахил, кутову швидкість, прискорення і т.д. Датчик підключається до мікроконтролера за допомогою звичайних інтерфейсів, таких як I2C, і передає дані про рух робота в систему моніторингу.

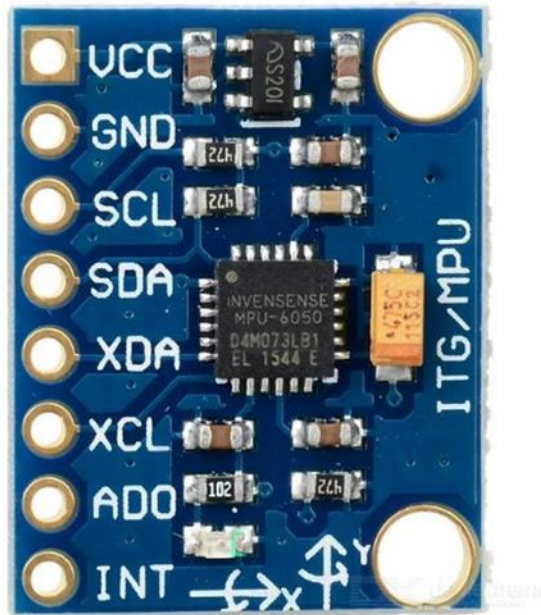


Рисунок 2.21 – MPU-6050 6-Axis Accelerometer and Gyroscope Sensor

MPU-6050 6-Axis Accelerometer and Gyroscope Sensor - це інерційний датчик, який містить в собі 3-осевий акселерометр та 3-осевий гіроскоп. Цей датчик використовується для вимірювання руху, орієнтації та постійного моніторингу прискорення, швидкості і кутової швидкості.

Технічні характеристики MPU-6050 6-Axis Accelerometer and Gyroscope Sensor:

- Вимірювальний діапазон акселерометра:  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$ ,  $\pm 16g$
- Вимірювальний діапазон гіроскопа:  $\pm 250^\circ/s$ ,  $\pm 500^\circ/s$ ,  $\pm 1000^\circ/s$ ,  $\pm 2000^\circ/s$
- Інтерфейс зв'язку: I2C і SPI
- Робоча напруга: 3.3V
- Живлення: 0.5 мА в режимі сну та 3,9 мА в режимі роботи
- Розмір: 4x4 мм

Цей датчик може бути використаний в робототехніці для контролю руху робота, орієнтації, навігації та стабілізації. У відповідності до функціональної схеми моніторингу стану, MPU-6050 може використовуватися для вимірювання прискорення та руху робота, що дозволяє виконувати контроль за станом робота. Дані, які отримуються від цього датчика, можуть бути оброблені мікроконтролером та використані для виконання різних завдань в залежності від програмного забезпечення, яке використовується. [16]

### 2.4.3 Вибір датчику швидкості руху

Датчик швидкості руху вимірює відстань до перешкоди за допомогою високочастотних звукових хвиль і використовує цю інформацію для визначення швидкості руху об'єкта. В даній системі, HC-SR04 Ultrasonic Sensor використовується як датчик швидкості руху. Він може вимірювати відстань до об'єкта з точністю до 2 мм і з дальністю до 4 метрів.

Датчик швидкості руху підключається до мікроконтролера, який обробляє отримані від нього дані і використовує їх для розрахунку швидкості руху робота. Це дозволяє системі моніторингу стану робота знати, яка швидкість руху робота в даний момент і виконувати необхідні дії в залежності від цього.

HC-SR04 Ultrasonic Sensor - це датчик відстані, який використовує ультразвук для вимірювання відстані від себе до об'єкта. Він може використовуватись для визначення відстані до об'єктів у межах від 2 до 400 см.



Рисунок 2.22 – HC-SR04 Ultrasonic Sensor у дії на основі плати «Ардуіно»

Технічні характеристики HC-SR04:

- Напруга живлення: від 5 В до 10 В DC;
- Споживана потужність: менше 2 мА;
- Робоча частота: 40 кГц;
- Максимальна відстань вимірювання: 400 см;
- Мінімальна відстань вимірювання: 2 см;
- Точність вимірювання: 3 мм;
- Розміри: 45 мм x 20 мм x 15 мм.

HC-SR04 може використовуватись для вимірювання відстані між роботом і перешкодами. У цій системі він використовується для вимірювання відстані від робота до перешкоди, що дозволяє забезпечувати безпечний рух робота та уникнення зіткнення з перешкодами. [17]

#### **2.4.4 Вибір датчику рівня заряду аккумулятора**

Датчики рівня заряду акумулятора - це електронні пристрої, призначені для вимірювання рівня заряду акумуляторів. Вони можуть бути вбудовані в акумулятори або встановлюватися окремо на зовнішній корпус.

Датчики рівня заряду дозволяють контролювати рівень заряду акумулятора і відслідковувати його стан в режимі реального часу. Вони використовуються в різних галузях, таких як автомобільна промисловість, електроніка, сонячна енергетика, електромобілі та багато іншого.

Датчики рівня заряду можуть вимірювати рівень заряду акумулятора за допомогою різних методів, таких як вимірювання напруги або струму. Більшість датчиків мають аналоговий вихідний сигнал, який може бути підключений до аналогового входу мікроконтролера або іншого приладу.

Датчик рівня заряду акумулятора є електронним пристроєм, який дозволяє вимірювати рівень заряду літій-іонних або літій-полімерних акумуляторів. У цій системі моніторингу стану робота використовується Lithium Battery Capacity Indicator Tester.

Lithium Battery Capacity Indicator Tester є дешевим і простим використанням датчиком рівня заряду акумулятора. Цей датчик має LED індикатори, які дозволяють візуально відображати рівень заряду акумулятора. Він також може вимірювати напругу акумулятора, яка може бути використана для визначення рівня заряду. [17]

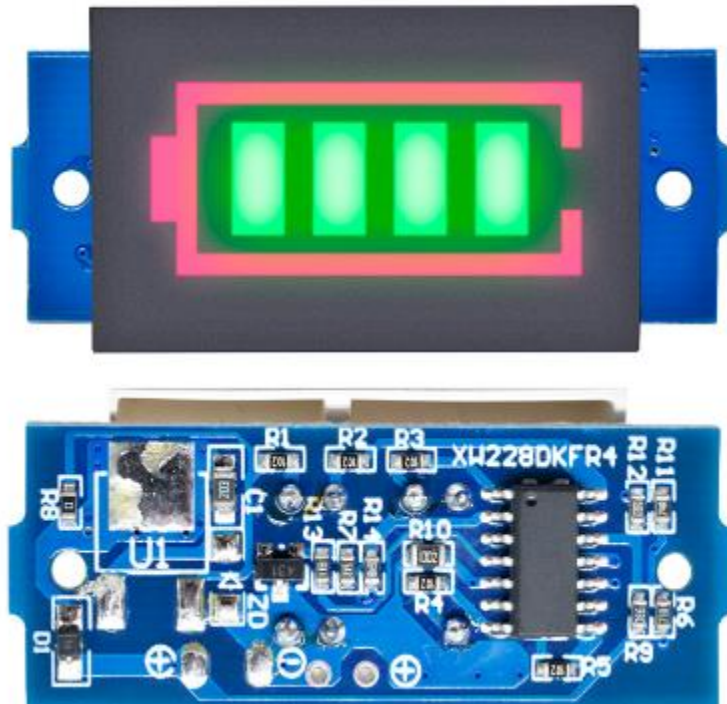


Рисунок 2.23 – Lithium Battery Capacity Indicator Tester

Технічні характеристики Lithium Battery Capacity Indicator Tester:

- Напруга живлення: 5 В;
- Робочий струм: менше 10 мА;
- Діапазон вимірювання напруги: DC 0-5 В;
- Діапазон вимірювання рівня заряду: 0-100%;
- Точність вимірювання: 1%;
- Розмір: 2,9 x 2 x 1,1 см;
- Вага: 10 грам.

#### 2.4.5 Вибір датчику температури двигуна

Датчик температури двигуна використовується для вимірювання температури двигуна. В цій системі використовується DS18B20 Temperature Sensor

як датчик температури. Він може вимірювати температуру від  $-55$  до  $+125$  градусів Цельсія з точністю  $\pm 0,5$  градусів Цельсія.

DS18B20 Temperature Sensor має цифровий інтерфейс, що дозволяє передавати дані від датчика до мікроконтролера через один провідок. Він також має різні налаштування, такі як роздільність температури та робочі режими.

Даний датчик важливий для системи моніторингу стану робота, оскільки дозволяє визначити температуру двигуна та вчасно виявити його перегрів, що може призвести до несправностей і витрати часу на ремонт.

В цій системі мікроконтролер зчитує дані з датчика температури, обробляє їх та передає до перетворювача сигналу для подальшої обробки та відображення на пристроях візуалізації даних.

DS18B20 - це цифровий термометр з одним датчиком, який можна використовувати для вимірювання температури від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ . Він має простий 3-х провідний інтерфейс, що дозволяє йому легко інтегруватися з мікроконтролерами. Нижче наведені деякі технічні характеристики DS18B20:

- Діапазон вимірювання температури:  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$
- Точність вимірювання:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  в діапазоні від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$
- Роздільна здатність: 9-12 біт (залежно від конфігурації)
- Інтерфейс: 1- Wire
- Живлення: 3V до 5.5V
- Розміри: 20 мм x 10 мм x 5 мм

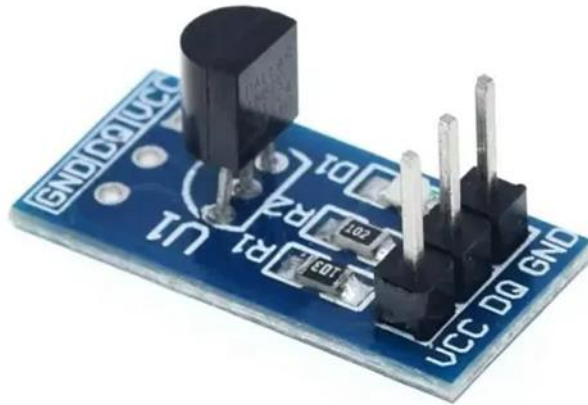


Рисунок 2.24 – DS18B20

DS18B20 є дуже популярним датчиком температури в галузі електроніки і використовується в різних проектах, включаючи системи контролю клімату, контроль температури в акваріумах, холодильниках, дистанційному вимірюванні температури, тощо. У системі моніторингу стану робота, DS18B20 може використовуватися для вимірювання температури двигуна, що допоможе уникнути перегріву і пошкодження механізмів робота. [19]

#### 2.4.6 Датчик ваги

Датчики ваги використовуються в транспортних роботах для точного вимірювання ваги вантажу та забезпечення ефективності та безпеки роботів. Ці датчики дозволяють системам керування отримувати інформацію про вагу вантажу, що дозволяє виконувати розрахунки, контролювати навантаження та здійснювати оптимальне розподілення ваги для забезпечення стабільності та безпеки роботів.

Основні типи датчиків ваги, застосовуваних у транспортних роботах, включають навантажувальні датчики, пневматичні датчики, акустичні датчики та електромагнітні датчики. Навантажувальні датчики є найпоширенішими і вимірюють силу тяжіння або стиску, який діє на них. Пневматичні датчики

використовують стиснений повітря або рідину для вимірювання ваги, а акустичні датчики використовують звукові хвилі. Електромагнітні датчики використовують електромагнітні поля.

Використання датчиків ваги дозволяє отримати точні дані про вагу вантажу, які можуть використовуватися для керування роботами, оптимізації руху, контролю навантаження та безпеки. Вони допомагають уникнути перевантаження та підвищують ефективність робіт шляхом оптимального розподілу ваги та забезпечення стабільності під час переміщення.

При виборі датчиків ваги для транспортних роботів слід враховувати такі фактори, як точність вимірювання, робочий діапазон, навантаження та специфічні вимоги конкретного застосування. Важливо вибрати датчики, які забезпечують надійність, стійкість та високу якість вимірювання ваги для ефективної та безпечної роботи транспортних систем.



Рисунок 2.25 – Датчик маси HX711

Датчик маси HX711 є популярним і широко використовуваним датчиком для вимірювання ваги в різних проектах, включаючи використання з платформами Arduino

- Сумісність: Датчик HX711 розроблений спеціально для роботи з мікроконтролерами, включаючи платформу Arduino. Він може легко підключатися до Arduino Uno R3 через цифрові піни.



- Висока точність: НХ711 забезпечує високу точність вимірювання маси, що дозволяє отримати докладні результати ваги. Він має вбудований 24-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який дозволяє здійснювати дуже точні вимірювання.
- Простота підключення: НХ711 має просту схему підключення до Arduino Uno R3. Він вимагає лише кількох з'єднань для заземлення, живлення та передачі даних.
- Бібліотека Arduino: Для роботи з датчиком НХ711 з Arduino Uno R3 доступні готові бібліотеки, які спрощують програмування та використання датчика. Це дозволяє швидко і легко інтегрувати його в ваш проект.
- Підтримка великого діапазону ваги: НХ711 може працювати з різними типами навантажень та дозволяє вимірювати вагу від декількох грамів до кількох кілограмів. Це робить його універсальним і придатним для різних застосувань.

Загалом, датчик маси НХ711 є зручним, надійним та точним варіантом для вимірювання ваги з використанням Arduino Uno R3. Він підходить для широкого спектру проект [20].

#### **2.4.7 Вибір перетворювача сигналу**

Перетворювач сигналу - це пристрій, який призначений для перетворення одного типу сигналу в інший тип. У цій системі перетворювач сигналу використовується для перетворення аналогового сигналу в цифровий, який можна легко обробляти мікроконтролером. Перетворювач сигналу може мати різні конструкції і функціональні можливості в залежності від потреб користувача.

У даній системі, перетворювач сигналу може бути вбудований в мікроконтролер або окремою платою, яка підключається до мікроконтролера.

Оскільки в цій системі використовуються різні типи датчиків (аналогові та цифрові), перетворювач сигналу допоможе забезпечити єдиний тип вихідного сигналу для мікроконтролера.

Для прикладу, можна використати перетворювач аналогового сигналу в цифровий, такий як АЦП (аналого-цифровий перетворювач), що дозволяє зчитувати значення аналогового сигналу з датчика та перетворювати його в цифровий код. Це дозволяє легко обробляти значення з датчиків та виконувати необхідні дії згідно з програмою, що запрограмована в мікроконтролері.

Один з прикладів перетворювача сигналу, який може підійти для цієї системи - це модуль конвертера логічного рівня, наприклад, модуль 4-канального бідирекціонального рівневого конвертера (Logic Level Converter) на базі логічних елементів TXB0104 або TXS0104.

Цей модуль може працювати з напругою від 1.8V до 5V, що робить його сумісним зі штатними вихідними сигналами цієї системи та мікроконтролера. Він має 4 канали, що дозволяє конвертувати сигнали з чотирьох датчиків, підключених до мікроконтролера.

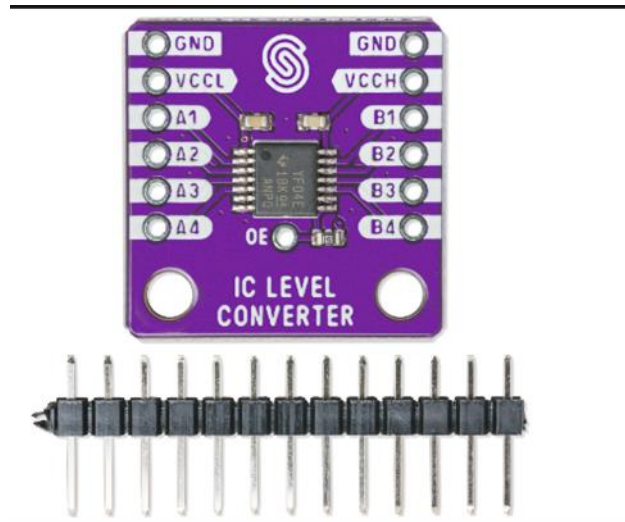


Рисунок 2.26 – TXS0104

Крім того, він має компактний розмір та може легко впасти на бірку з контактами для підключення, що зробить його легким у використанні.

TXS0104 - це буфер перетворення рівня логіки з напругою живлення від 1,2 до 3,6 В, що дозволяє забезпечити сумісність рівнів напруги між різними пристроями.

Деякі технічні характеристики TXS0104:

- Напруга живлення: 1,2 В - 3,6 В
- Рівень логіки вхідного сигналу: 1,2 В - 3,6 В
- Рівень логіки вихідного сигналу: 1,2 В - 3,6 В
- Максимальна швидкість передачі даних: 50 Мбіт/с
- Кількість входів/виходів: 4

TXS0104 може використовуватись для перетворення рівнів логіки між різними пристроями, такими як мікроконтролери, датчики та інші електронні компоненти. В даній системі його використовують для забезпечення сумісності рівнів напруги між мікроконтролером, датчиками та іншими компонентами системи.

#### **2.4.8 Вибір бездротового модулю зв'язку**

Бездротовий модуль зв'язку (англ. wireless communication module) - це електронний пристрій, що дозволяє передавати дані між пристроями без проводів. Такі модулі можуть використовувати різні протоколи бездротового зв'язку, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa і інші.

У системі моніторингу стану може бути використаний бездротовий модуль зв'язку для передачі даних, зібраних з датчиків, до іншої системи або пристрою, наприклад, до смартфона користувача, на якому він зможе отримувати інформацію про стан обладнання або інших параметрів, що моніторяться. Також може

використовуватися для віддаленого керування системою або для отримання сповіщень у випадку виникнення проблем.

Для цієї системи можна використати бездротовий модуль зв'язку на основі Bluetooth або Wi-Fi. Зазвичай, такі модулі можуть бути легко інтегровані з мікроконтролерами, такими як Arduino Uno R3. Для прикладу, можна використати модуль ESP8266, який підтримує Wi-Fi зв'язок і має вбудований мікроконтролер, що дозволяє йому виконувати додаткові функції, такі як збір і обробка даних з датчиків.

ESP8266 - це невеликий, низькопотужний, Wi-Fi модуль з вбудованим мікроконтролером, який може використовуватися для забезпечення бездротового зв'язку між пристроями. Для системи моніторингу стану, ESP8266 може бути добрим вибором з декількох причин:

1. Низька вартість: ESP8266 доступний за дуже низьку ціну, що робить його доступним для багатьох людей.
2. Широкі можливості: ESP8266 має багато можливостей, включаючи Wi-Fi з'єднання, GPIO порти, АЦП, I2C і SPI інтерфейси, що дає більш гнучку можливість для програмування і налаштування.
3. Легкість використання: Є багато документації та бібліотек для ESP8266, що робить його дуже легко використовувати, навіть для тих, хто має обмежений досвід у програмуванні.
4. Підтримка MQTT: ESP8266 має підтримку MQTT, протоколу для передачі повідомлень між IoT пристроями, що робить його ідеальним для використання в системах моніторингу стану.

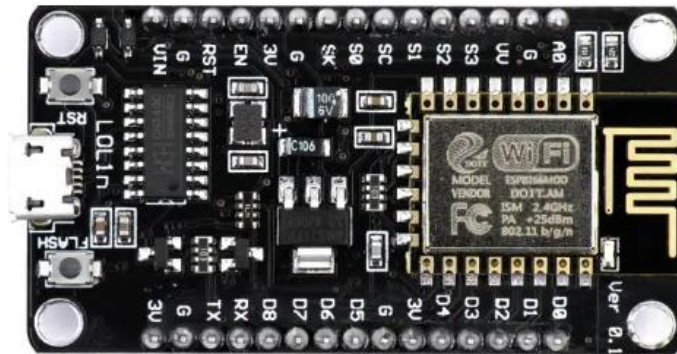


Рисунок 2.27 – ESP8266

Загальні технічні характеристики модуля ESP8266:

- Мікроконтролер: Tensilica L106 32-біт
- Частота процесора: 80 МГц
- Підтримувані мережеві стандарти: Wi-Fi 802.11 b/g/n
- Інтерфейси: UART, I2C, SPI, GPIO
- Напруга живлення: 3.3 В
- Максимальна потужність: 10 мВт
- Підтримка режиму зниженого споживання енергії (low power mode)
- Розміри: 24 мм x 16 мм x 3 мм.

Загалом, ESP8266 може бути дуже добрим вибором для системи моніторингу стану, оскільки він надає багато можливостей для програмування і налаштування, має підтримку Wi-Fi і MQTT, і доступний за дуже низьку ціну. [21]

#### 2.4.9 Електрична принципова схема

Електрична принципова схема - це схематичне зображення електричної системи, яке відображає всі її компоненти та з'єднання між ними. Для цієї системи електрична принципова схема буде включати всі компоненти, які були вище

згадані, а саме мікроконтролер Arduino Uno R3, датчики, перетворювачі сигналу, бездротовий модуль зв'язку та інші елементи, необхідні для забезпечення її роботи.

В електричній принциповій схемі вказуються всі підключення між компонентами, які здійснюються за допомогою провідників. Крім того, вказується напруга та струм, які забезпечують живлення всіх елементів системи. Важливим елементом електричної принципової схеми є також резистори, конденсатори та інші елементи, які забезпечують стабільність роботи системи та захищають її від різних впливів.

В електричній принциповій схемі системи будуть зображені всі підключення між компонентами та їх розташування на друкованій платі. Це дозволяє легко знайти місце, де виникла проблема при її роботі та швидко її виправити. Крім того, електрична принципова схема є важливим етапом при проектуванні електричних систем, оскільки вона дозволяє попередньо оцінити роботу всіх компонентів та забезпечити їх правильне підключення.

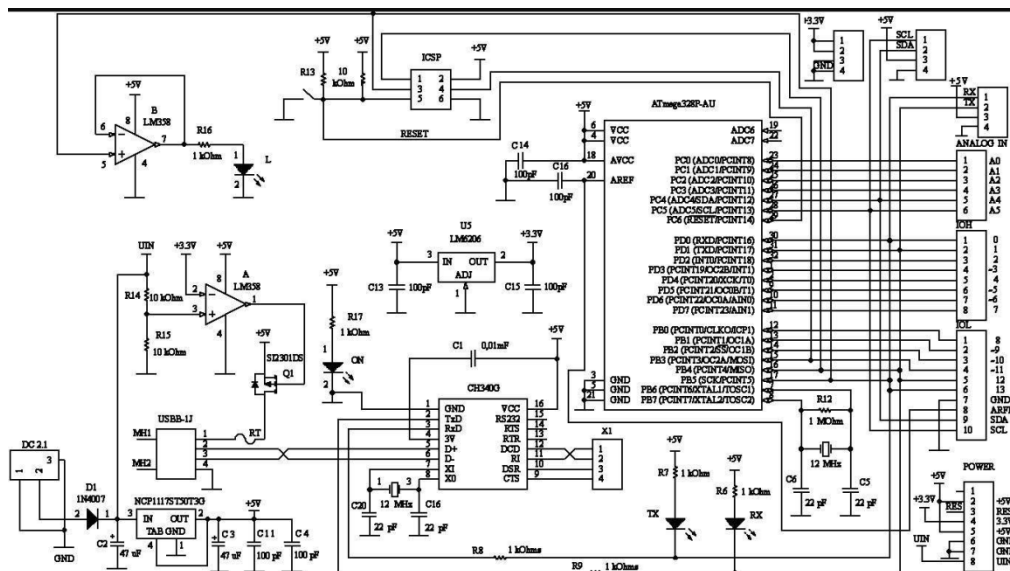


Рисунок 2.28 – Електрична принципова схема ATmega328P

Для коректної роботи ATmega328P з цими датчиками, потрібно розрахувати параметри живлення і вимоги до вхідного і вихідного імпедансу. Основні розрахунки можуть включати наступне:

Для визначення потужності TXS0104 та вибору необхідного резистора були проведені такі розрахунки:

1. Визначення максимального струму на вході:

$$I(\max) = P(\max) / VDD = 0.2 / 3.3 = 60 \text{ мА}$$

2. Визначення опору внутрішніх ключів:

$$R(\text{on}) = VCE / IC = 0.3 / 60 * 10^{-3} = 5 \text{ Ом}$$

3. Визначення опору резистора обмеження струму:

$$R(\text{limit}) = (VDD - VBE) / I(\max) = (3.3 - 0.7) / 0.06 = 43.3 \text{ Ом}$$

4. Вибір стандартного значення опору:

Обрано  $R(\text{limit}) = 47 \text{ Ом}$ , для обмеження струму в 60 мА.

5. Визначення потужності резистора обмеження струму:

$$P = I^2 * R = (0.06)^2 * 47 = 0.16 \text{ Вт}$$

Отже, використовуємо резистор потужністю не менше 0.16 Вт.

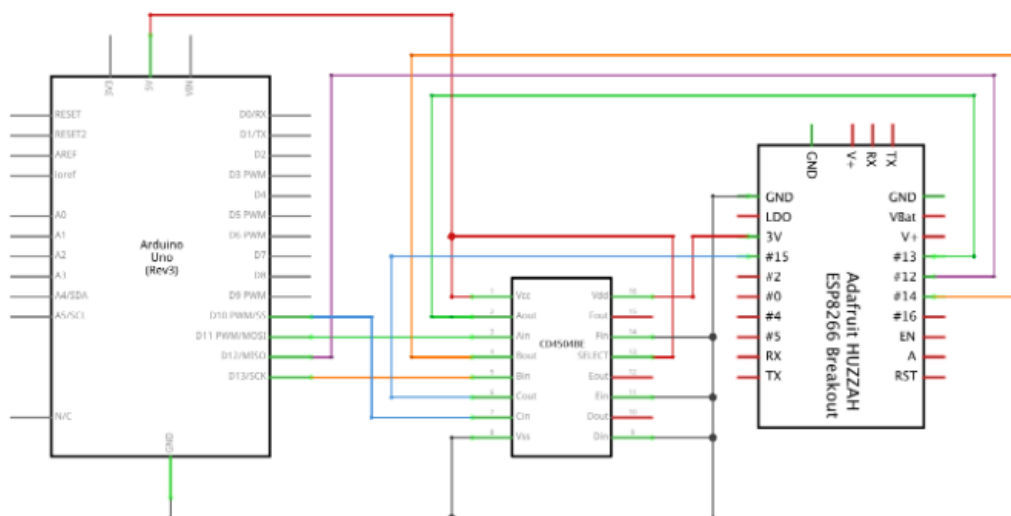


Рисунок 2.29 – Електрична принципова схема TXS0104

Ці розрахунки допомогли підібрати необхідний резистор для обмеження струму на вході TXS0104 та визначити потужність цього резистора для забезпечення безпечної роботи схеми.

Розрахунок температури в DS18B20(2.30): DS18B20 повертає цифрове значення температури, яке потрібно перевести в градуси Цельсія за допомогою наступної формули:

$$T = (\text{raw\_value} / 2^{12}) * 100,$$

де raw\_value - цифрове значення, отримане з DS18B20, а  $2^{12}$  - це максимальне значення, яке може бути отримане з DS18B20 у вигляді цифрового сигналу. Наприклад, якщо цифрове значення, отримане з DS18B20, дорівнює 0x7D0 (2000 у десятковій системі числення), то температура дорівнюватиме:

$$T = (2000 / 2^{12}) * 100 = 48.828125 \text{ градусів Цельсія.}$$

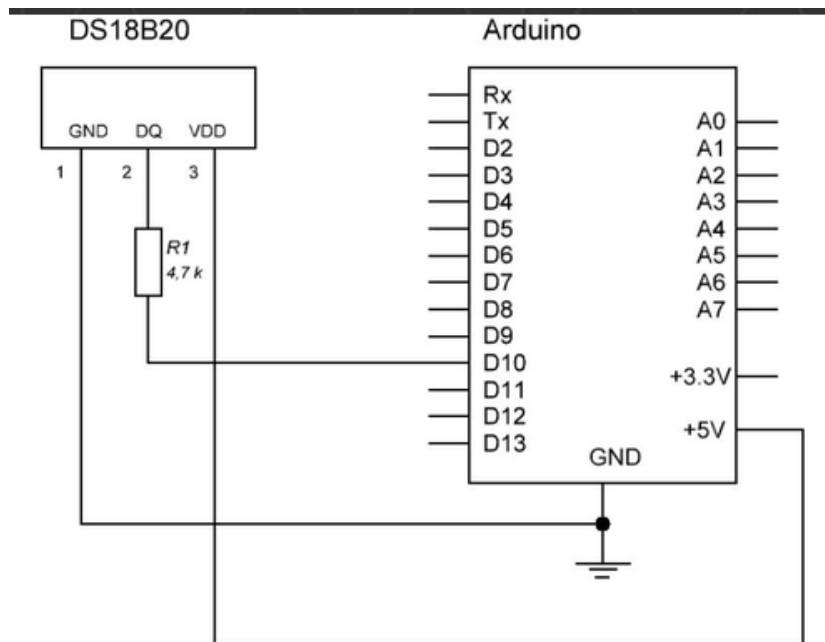


Рисунок 2.30 – Електрична принципова схема DS18B20

Отже, для перетворення цифрового значення, отриманого з DS18B20, на температуру в градусах Цельсія, потрібно використовувати дану формулу.



Lithium Battery Capacity Indicator Tester використовується для вимірювання рівня заряду літєвих акумуляторів. Для безпечної роботи системи необхідно визначити, скільки енергії може бути використано з кожного акумулятора, щоб уникнути перезарядки і перевантаження акумулятора.

Для розрахунку енергії, яка залишилася в літєвому акумуляторі, можна використовувати наступну формулу:

$$E = V * I * t$$

де  $E$  - енергія (у джоулях),  $V$  - напруга (у вольтах),  $I$  - струм (у амперах),  $t$  - час (у годинах).

Наприклад, якщо напруга літєвого акумулятора становить 3,7 В, струм витрат становить 1 А, а час використання - 2 години, то енергія, що залишилась у акумуляторі, буде дорівнювати:

$$E = 3.7 * 1 * 2 = 7.4 \text{ Дж} \quad (3.1)$$

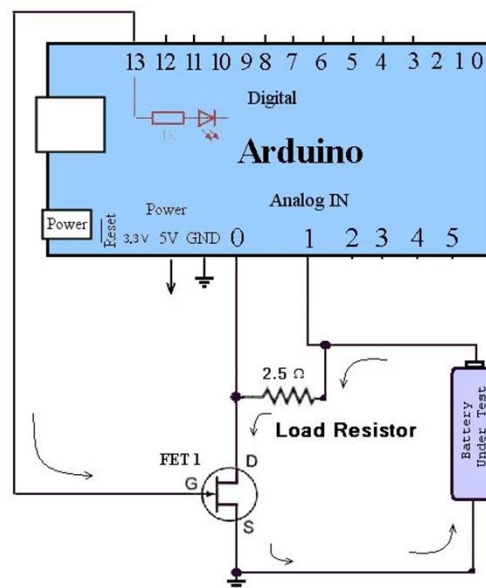


Рисунок 2.31 – Електрично принципова схема Lithium Battery Capacity Indicator Tester

Для безпечного використання системи можна визначити, який мінімальний рівень заряду повинен бути у літєвому акумуляторі, щоб уникнути його перевантаження. Цей рівень залежить від характеристик конкретного акумулятора, але зазвичай рекомендується, щоб рівень заряду не опускався нижче 20-30% від максимального рівня заряду.

Наприклад, якщо максимальний рівень заряду літєвого акумулятора становить 1000 мАг, то мінімальний рівень заряду для безпечної роботи системи може бути встановлений на рівні 200-300 мАг (20-30% від максимального рівня заряду).

Розрахунок відстані в HC-SR04.

Для розрахунку відстані від HC-SR04 до перешкоди можна використовувати наступну формулу:

$$\text{distance} = (t/2) * v$$

де  $t$  - час, який затрачається на відправку та отримання звукового сигналу, а  $v$  - швидкість звуку, яка зазвичай становить близько 343 м / с при температурі 20 градусів Цельсія.

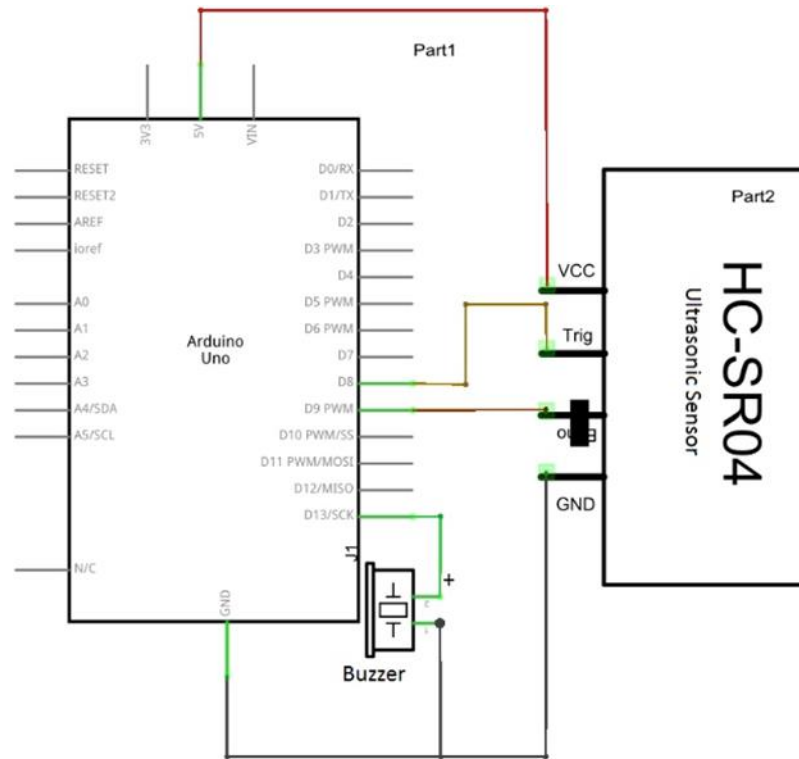


Рисунок 2.32 – Електрично принципова схема HC-SR04 Ultrasonic Sensor

Для розрахунку значень прискорення та кутової швидкості з MPU-6050 можна скористатись наступними формулами:

1. Розрахунок значень прискорення:

$$a_x = (Ax\_raw / 16384) * g \quad a_y = (Ay\_raw / 16384) * g \quad a_z = (Az\_raw / 16384) * g$$

де  $Ax\_raw$ ,  $Ay\_raw$  та  $Az\_raw$  - цифрові значення, отримані з датчика, а  $g$  - гравітаційна стала, що дорівнює  $9.81 \text{ м/с}^2$ .

2. Розрахунок значень кутової швидкості:

$$\omega_x = (Gx\_raw / 131) * (\pi / 180) \quad \omega_y = (Gy\_raw / 131) * (\pi / 180) \quad \omega_z = (Gz\_raw / 131) * (\pi / 180)$$

де  $Gx\_raw$ ,  $Gy\_raw$  та  $Gz\_raw$  - цифрові значення, отримані з датчика, а  $\pi$  - число Пі.

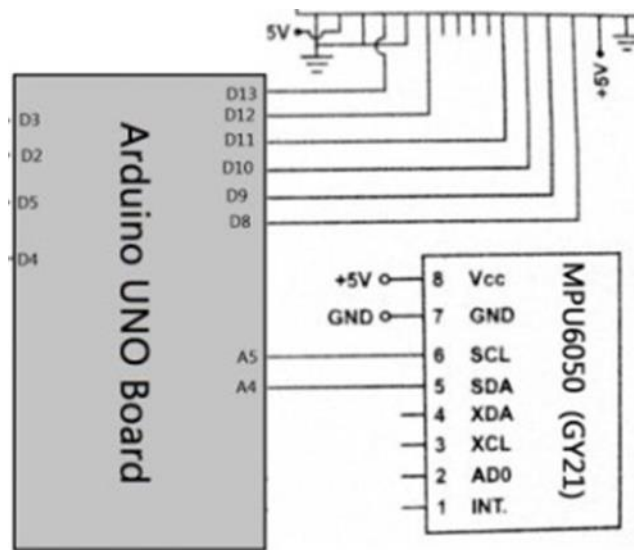


Рисунок 2.33– Електрично принципова схема MPU-6050 6-Axis  
 Accelerometer and Gyroscope Sensor

Також можна використовувати фільтрацію Калмана для отримання більш точних значень прискорення та кутової швидкості з датчика.

При розрахунку швидкості передачі даних через ESP8266 потрібно враховувати наступні параметри:

- Частота передачі даних
- Максимальна швидкість передачі даних через Wi-Fi
- Кількість бітів на передачу даних

ESP8266 може працювати в режимі Wi-Fi зі швидкістю передачі даних до 72 Мбіт/сек. Для розрахунку швидкості передачі даних через ESP8266 можна використовувати формулу:

Швидкість передачі даних = (Максимальна швидкість передачі даних через Wi-Fi / 8) \* Кількість бітів на передачу даних / Частота передачі даних

Наприклад, якщо максимальна швидкість передачі даних через Wi-Fi становить 72 Мбіт/сек, кількість бітів на передачу даних - 8 (один байт), а частота передачі даних - 1 Гц, то швидкість передачі даних буде дорівнювати:

Швидкість передачі даних =  $(72 * 10^6 / 8) * 8 / 1 = 72$  мбайт/сек.

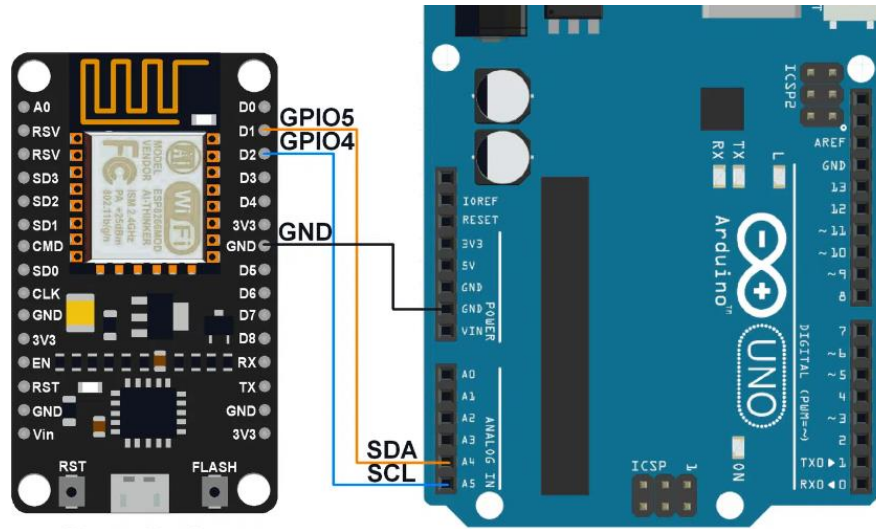


Рисунок 2.34 – Електрично принципова схема ESP8266

Проте, враховуючи можливі перешкоди та шуми на лінії зв'язку, реальна швидкість передачі даних може бути нижче, ніж максимальна.

#### 2.4.10 Код для виводу даних

Код для Arduino є необхідним для програмування та керування платформою Arduino. Arduino - це відкрита електронна платформа, яка використовується для створення різноманітних проектів, включаючи робототехніку, автоматизацію, сенсорні системи, світлодіодні ефекти та багато іншого:

- Написаний мовою програмування C/C++. Він дозволяє задавати поведінку і функціональність вашого проекту, включаючи читання сенсорів, керування моторами, взаємодію з периферійними пристроями та інші дії.
- Виконується на мікроконтролері, який знаходиться на платі Arduino. Ви можете написати свій власний код або скористатися наявними

бібліотеками та прикладами коду, щоб прискорити розробку вашого проекту.

- Може бути завантажений на платформу через спеціальне програмне забезпечення Arduino IDE (Integrated Development Environment). Це середовище розробки, яке надає засоби для написання, компіляції та завантаження коду на платформу Arduino.
- Основна перевага використання Arduino та написання коду полягає в тому, що ви можете створити свої власні інтерактивні проекти і контролювати різні пристрої за допомогою простого та зрозумілого програмування. Код дозволяє налаштувати Arduino для виконання потрібних вам дій і створення бажаної функціональності.

Таким чином, код для Arduino є необхідним елементом для програмування та керування вашими проектами на платформі Arduino. Він дозволяє вам втілити ваші ідеї та створити різноманітні електронні пристрої та системи.

Для підключення різних датчиків до платформи Arduino Uno R3 був використан додаток Arduino IDE. В цьому коді я використовував датчики ваги, температури, заряду батареї і також підключив MPU-6050 6-осевий акселерометр і гіроскоп.

```

sketch_jun06a | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Файл Правка Схеми Інструменти Допомога
sketch_jun06a
#include <LiquidCrystal_I2C_Hangul.h>

LiquidCrystal_I2C_Hangul lcd(0x27, 16, 2);

const int temperatureSensorPin = A0;
const int batterySensorPin = A1;
const int speedSensorPin = A2;
const int weightSensorPin = A3;

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
}

void loop() {
  float temperature = analogRead(temperatureSensorPin) * 0.48875;
  int batteryLevel = analogRead(batterySensorPin);
  int speed = analogRead(speedSensorPin);
  int weight = analogRead(weightSensorPin);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp: ");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print(" C");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Battery: ");
  lcd.print(batteryLevel);
}

sketch_jun06a | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Файл Правка Схеми Інструменти Допомога
sketch_jun06a
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp: ");
lcd.print(temperature);
lcd.print(" C");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Battery: ");
lcd.print(batteryLevel);
lcd.print("%");

delay(1000);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Speed: ");
lcd.print(speed);
lcd.print(" km/h");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Weight: ");
lcd.print(weight);
lcd.print(" lbs");

delay(1000);
}
  
```

Рисунок 2.35 – Код для зчитування датчиків та виводу на дисплей

Загалом, даний код дозволяє зчитувати дані з цих датчиків і використовувати їх для подальшого аналізу, обробки та керування. Він надає можливість моніторити вагу, температуру, заряд батареї і рухи об'єкта, що дозволяє отримати більше інформації про вашу систему або робота.

### 2.4.11 Симуляція у Matlab1

На підставі даних про момент і кутову швидкість приводу базової ланки, що розраховано за розроленою моделлю і алгоритмом в розділі 2.1, проведено процедуру вибору варіанту крокового двигуна та провести моделювання. Для моделювання в середовищі Matlab було обрано модель гібридного крокового двигуна, що представлено на рисунку 2.36.

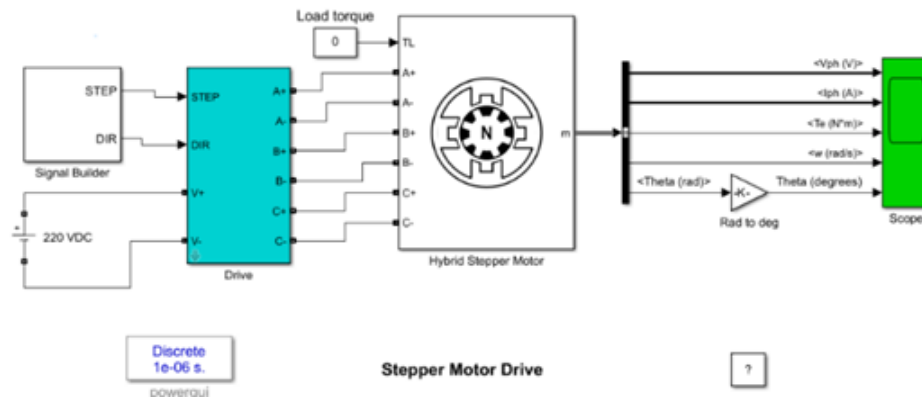


Рисунок 2.36– Схема моделі двигуна

Далі дані про параметри крокового двигуна «NEMA51, котрий було запропоновано, завантажено як вихідні дані до форми, що представлено на рисунку 2.37.

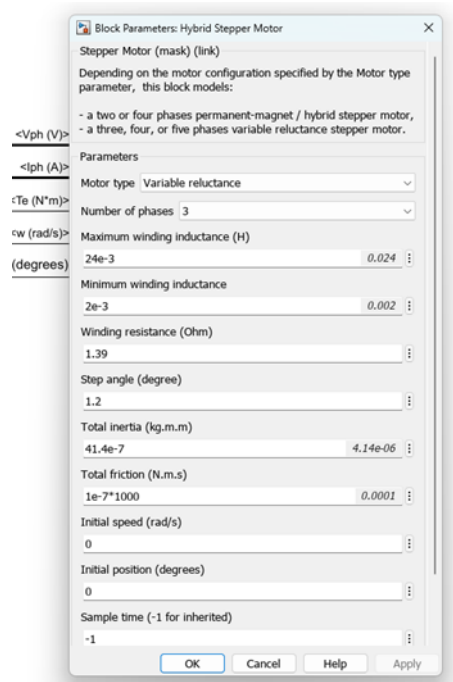


Рисунок 2.37 – Форма параметрів двигуна, що моделюється

Схема в Matlab, що обрано моделює гібридний кроковий двигун. Даний тип має великий пусковий момент з більшою швидкістю і меншою величиною кроку,



вони розроблені як симбіоз двигунів зі змінним магнітним опором для двигунів із постійними магнітами. Характер руху задається завдяки конструктору сигналу рис. 2.38

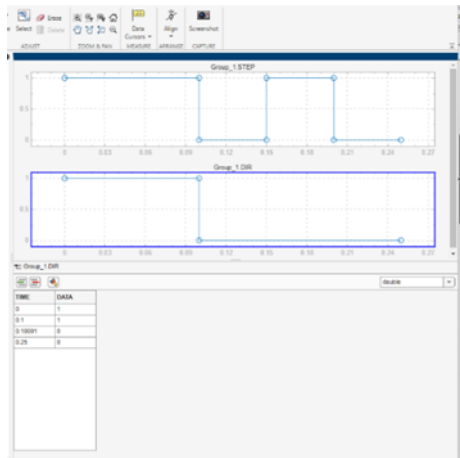


Рисунок 2.38 – Форма конструктору сигналів

В блоці Signal Builder налаштовуються два сигнали керування: сигнал Step, який задає кількість обертів та Dir, який задає за напрям обертання.

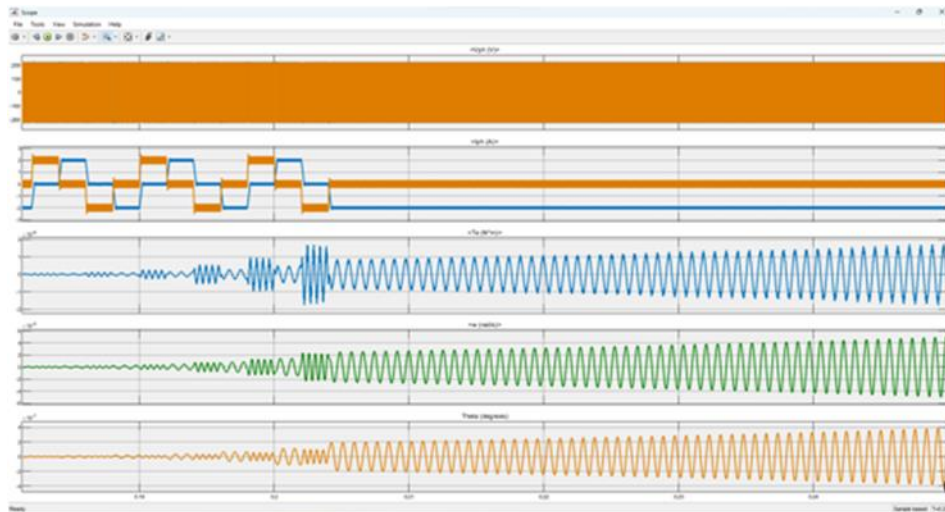


Рисунок 2.39 – Вихідні графіки результату моделювання схеми №1

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
 Автоматизована система переміщення виробів мобільними транспортними засобами

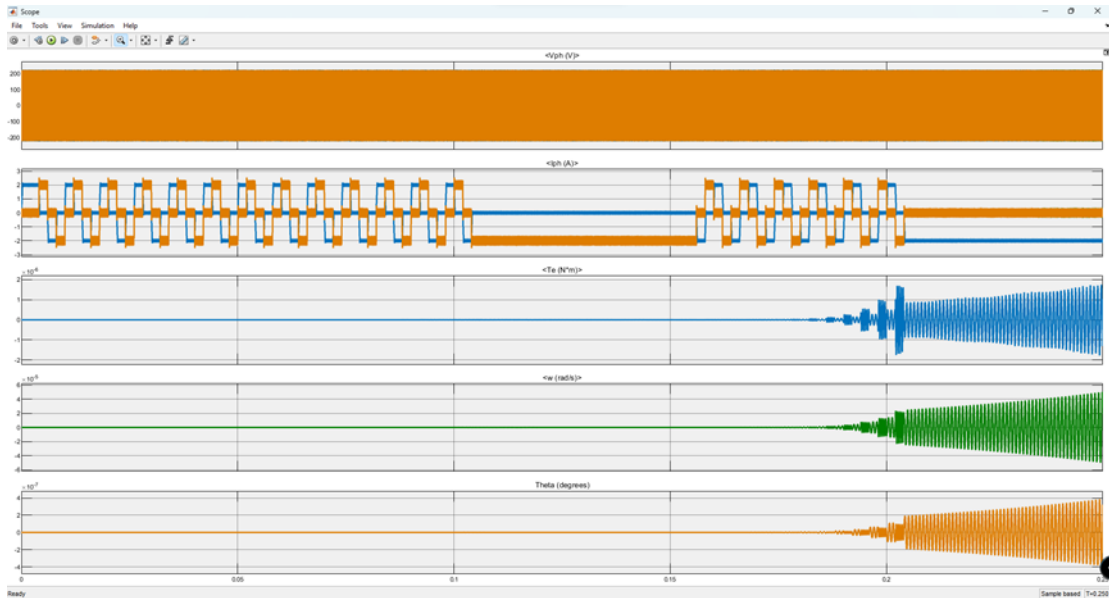


Рисунок 2.40 – Вихідні графіки результату моделювання схеми №1, що відображає процес із часовим зсувом

Результати моделювання при налаштуванні блоку драйверу, представлено на рисунку 2.41. Драйвера задано збільшене значення струму фаз, кількість імпульсів за секунду, а також змінено напругу до 110V.

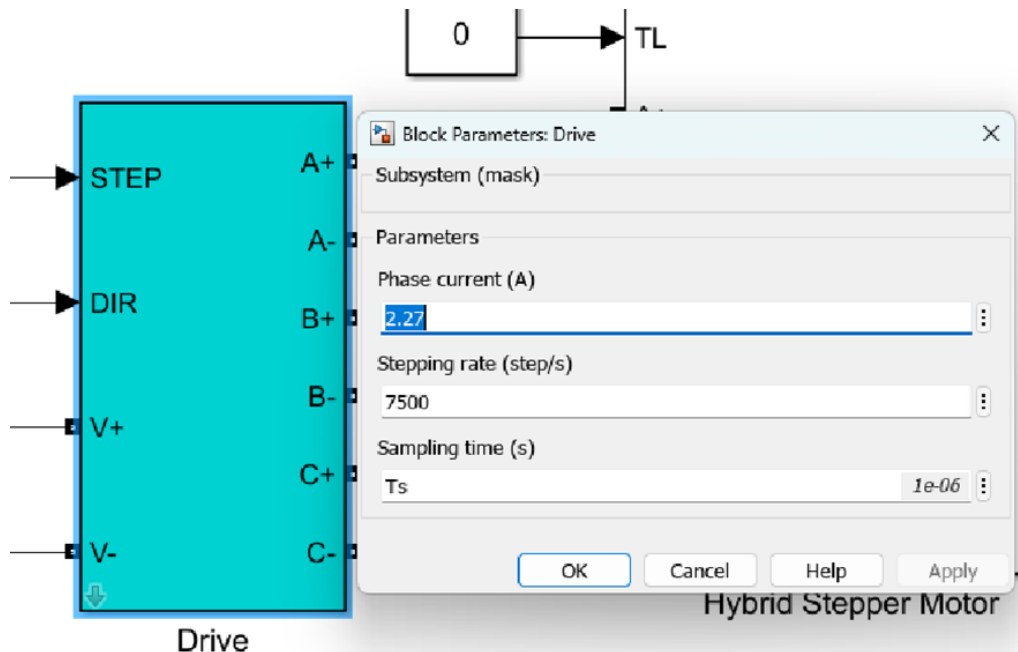


Рисунок 2.41 – Форма корекції значень параметрів драйверу

Результати моделювання часових змін основних характеристик двигуна приводу базової ланки маніпулятора представлено на рисунку 2.42.

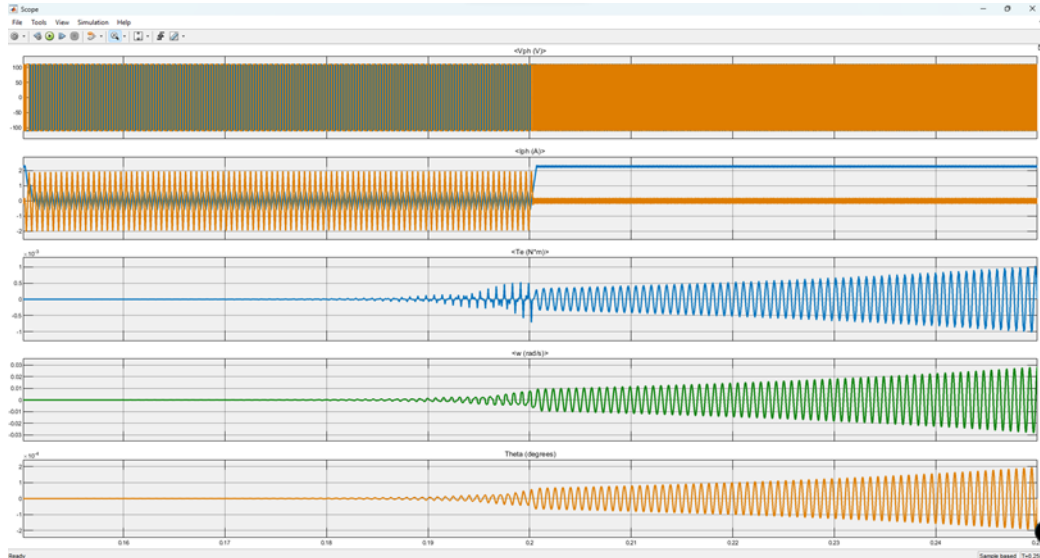


Рисунок 2.42 – Вихідні графіки результату симуляції схеми №3

Детальний аналіз характеру зростання сили струму у фазі та моменту на валу і кутової швидкості засвідчує перш на все, плавність динамічних змін як струму у обмотках фаз так і поступовість наростання моменту сили і кутової швидкості. Дана ознака показує свідчить про відсутність перевантажень, а значить двигун, що обрано є придатним до застосування для роботи у складі приводу базової ланки.

### Висновок до другого розділу

1. Сукупне використання механізму лінійного переміщення між двома приводами з циліндричними шарнірами та базової ланки з приводом повороту, утворює оптимальний механізм просторового переміщення із трьох ланок маніпулятора.

2. Розроблено математичні моделі, що дозволяє визначати параметри приводу ланки відповідно до частково сформульованих умов на проектування лінійних

розмірів ланок, мас, моментів інерції при заданому максимальному лінійному прискоренні та характеристиками вантажу.

3. Для перспективної кінематичної схеми маніпулятора кара отримано значення моменту як функцію максимального прискорення для вантажу та кінематичної схеми маніпулятора, що дозволяє обирати двигун та досліджувати привід у середовищі Matlab стандартними інструментами Simulink.

4. Розроблено функціональну блок-схему АТРЗ та детально описано роботу її компонентів окремо та особливості їх взаємозв'язків, що дозволило запропонувати систему керування як п'ятирівневу та сформувати електричну схему, реалізація якої покращить функціональність та ефективність і забезпечить їх стабільну та надійну роботу.

5. Реалізація п'ятирівневої систему керування, що запропоновано у другому розділі, дозволяє розробляти алгоритм роботи системи моніторингу, який придатен для реалізації мовами програмування, такими як C++, Python або мов, які спеціально розроблені для вбудованих систем.

6. Приклади коду, що відлагоджено, слугуватимуть далі, як основа удосконалення алгоритмів роботи системи моніторингу та підсистем руху і вантажно-розвантажувальних робіт.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз матеріалів друкованих, електронних та патентних джерел засвідчує, що на ринку вже присутні автоматизовані транспортні засоби для переміщення вантажів виробничих підприємств, складських ділянок, логістичних центрів та інше. Головною тенденцією їх розвитку стало об'єднання функцій безпілотного переміщення засобами з електричними рушіями та функцією завантаження і розвантаження, при одночасному забезпеченні бездротового керування та комунікації.

2. Інноваційним рішенням для створення АТРЗ, що додатне зменшити його вартість для споживача, є застосування транспортних засобів, конструкція яких зарекомендувала себе, як проста та надійна протягом десятиріч. Після заміни двигуна внутрішнього згорання на електричний та застосування досягнень робототехнічних систем та без дротового зв'язку АТРЗ стане конкурентно спроможним на ринку України та у світі.

3. Сукупне використання механізму лінійного переміщення між двома приводами з циліндричними шарнірами та базової ланки з приводом повороту у зхрещеній площині, утворює оптимальний механізм просторового переміщення із трьох ланок маніпулятора, що дозволило його доповненням двома степенями рухливості забезпечувати позиціонування захвата.

4. Розроблено математичні моделі кінематики статички та динаміки ланок і маніпулятора у цілому, що дозволяє послідовно визначати параметри приводу ланки відповідно до частково сформульованих умов на проектування лінійних розмірів ланок, мас, моментів інерції при заданій швидкодії і максимальному лінійному прискоренні та характеристиках вантажу.

5. Аналіз роботи крокового двигуна базової ланки маніпулятора для заданої швидкодії та прискорення в середовищі MatLab інструментами Simulink надає нам змогу моделювати процеси руху ланок у ході роботи з вантажем для обраного передатного відношення редуктора приводу.

6. Розроблено функціональну блок-схему АТРЗ та детально описано роботу її компонентів окремо та особливості їх взаємозв'язків, що дозволило запропонувати систему керування як п'ятирівневу та сформувати електричну схему, реалізація якої покращить функціональність і забезпечить їх стабільну та надійну роботу.

7. Реалізація п'ятирівневої систему керування, що запропоновано у другому розділі, дозволяє розробляти алгоритм роботи системи моніторингу, який придатен для реалізації мовами програмування, такими як C++, Python або мов, які спеціально розроблені для вбудованих систем.

8. Порівняльний аналіз структурних елементів, що існують на ринку? дозволив обрати компоненти, розробити алгоритми роботи та написати код роботи одноплатного контролеру Arduino Uno Rev 3 з датчиками системи, зв'язок у якій забезпечує ESP8266, а приклади коду, що відлагоджено, слугуватимуть далі, як основа удосконалення алгоритмів роботи системи моніторингу та підсистем руху і вантажно-розвантажувальних робіт.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. «Autonomous Mobile Robots: Sensing, Control, Decision Making and Applications» by Eduardo Nebot. С. 6-7
2. Automated guided vehicle  
URL: [Automated guided vehicle - Wikipedia](#) (дата звернення 27.11.2022)
3. Robotics URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Robotics>
4. «Automated Guided Vehicle Systems: A Primer with Practical Applications» by Günter Ullrich 2015. С. 33-65
5. Amazon Robotics (Kiva Systems)  
URL: <https://www.roboticsbusinessreview.com/robotic-company> (дата звернення 27.11.2022)
6. Tesla Semi URL: <https://www.tesla.com/semi> (дата звернення 27.11.2022)
7. Boston Dynamics Handle  
URL: <https://www.wired.com/story/what-boston-dynamics-rolling-handle> (дата звернення 27.11.2022)
8. Method and system for transporting inventory items  
URL: <https://patents.google.com/patent/US10067501B2> (дата звернення 27.11.2022)
9. «Мехатроніка: навчальний посібник» Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. 2012. С. 270-276
10. «Handbook of Industrial Automation» - автор: Richard L. Shell, Ernest L. Hall. 2000р. С. 157-177
11. «Introduction to Autonomous Robots» Nikolaus Correll, University of Colorado at Boulder 2016 р. С. 132-138

12. Спосіб і система транспортування товарно-матеріальних цінностей.  
URL: [US10067501B2](https://www.us10067501b2.com/) - Спосіб і система транспортування товарно-матеріальних цінностей (дата звернення 07.01.2023)

13. «Основи автоматики та автоматизації: Навчальний посібник» Пістун Є., Стасюк І. 2018 р. С. 87- 106

14. «Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications» Mikell P. Groover. 1986 р. С. 144-155

15. Документація на мікроконтролер АТmega328P: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p> (дата звернення 07.01.2023)

16. Документація на датчик MPU-6050: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> (дата звернення 07.01.2023)

17. Документація на індикатор стану заряду літієвої батареї: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Prototyping/BatteryCapacityIndicator-v10.pdf> (дата звернення 07.01.2023)

18. Документація на термометр DS18B20: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> (дата звернення 07.01.2023)

19. Документація на логічний рівнер TXS0104: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/txs0104.pdf> (дата звернення 07.01.2023)

20. HX711 Двоканальний модуль датчиків ваги

URL: <https://arduino.ua/ru/prod1147-hx711> (дата звернення 07.01.2023)

21. Документація на модуль ESP8266: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical\\_reference\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf) (дата звернення 07.01.2023)



22. Документація на датчик HC-SR04:  
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> (дата звернення  
07.01.2023)

**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 переміщення виробів**  
**мобільними транспортними засобами**

**СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ. – 471. 21917110

**Студент**

\_\_\_\_\_ О.Г.Олійник  
підпис ініціали, прізвище  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

\_\_\_\_\_ А. О. Алексєєва  
підпис ініціали, прізвище  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Миколаїв 2023**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ .....	3
ВСТУП.....	4
3.1 Організація безпечного руху та розташування автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях .....	5
3.2 Вимоги до приміщення з використанням АМТЗ.....	6
3.3 Вимогу до роботи з вантажно розвантажувальними роботами .....	9
3.4 Вимоги що до режиму відпочинку та праці на підприємствах з вантажно .....	10
ВИСНОВОК .....	12
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	14

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
Автоматизована система переміщення виробів мобільними транспортними засобами

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

АМТЗ – автоматизовані мобільні транспортні засоби

## ВСТУП

В сучасному світі, де швидкість і ефективність грають вирішальну роль у бізнесі, автоматизація стає ключовим фактором для досягнення успіху. Особливо в сфері логістики та складського господарства, де ефективне управління і переміщення товарів є життєво важливими елементами процесу. У цьому контексті, використання автоматизованих мобільних транспортних засобів у складських приміщеннях стає все більш популярним і обіцяючим рішенням.

Автоматизовані мобільні транспортні засоби представляють собою технологічні рішення, які використовуються для автоматизації внутрішньоскладського транспортування. Вони здатні виконувати різноманітні завдання, включаючи переміщення та розміщення товарів, підвезення палет, комплектування замовлень та інші операції, пов'язані зі зберіганням і переміщенням товарів на складі. Завдяки своїй автоматизованій природі, вони можуть працювати без участі людей, забезпечуючи ефективність процесів.

Треба розуміти, що співпраця роботизованої техніки та людини пов'язана з деякими проблемами в плані охорони праці. Дуже важливим є питання що до руху та навантаження транспортних засобів. Не дотримання певних правил може призвести до критичних наслідків. Головною проблемою являється навантаження та розвантаження вантажу, що буде встановлюватись на автоматизований мобільний транспорт. Важливо зазначити, що навантаження та розвантаження є частою причиною випадків виробничого травматизму на підприємстві.

### **3.1 Організація безпечного руху та розташування автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях**

Організація безпечного руху та розташування автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях є одним із ключових аспектів охорони праці. Належне планування, організація та контроль руху транспортних засобів є необхідними для запобігання аваріям, травмам працівників та пошкодженню виробів або обладнання.

Перш за все, важливо визначити шляхи руху автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях. Це включає визначення оптимальних маршрутів, розміщення сигнальної системи та обмежень швидкості. Шляхи руху повинні бути чітко позначені та виділені, використовуючи відповідне маркування та сигнальні знаки. Крім того, слід встановити обмеження швидкості для забезпечення безпеки працівників та запобігання зіткненням або іншим небезпечним ситуаціям [1].

Для підвищення безпеки руху автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях, важливо встановити систему сигналізації та безпеки. Ця система може включати світлові сигнали, звукові сигнали та інші попереджувальні знаки, які сповіщають працівників про наближення транспортних засобів або небезпечних зон. Крім того, можуть використовуватися системи автоматичного гальмування або управління, які реагують на небезпечні ситуації та допомагають запобігти аваріям [2].

Одним зі способів забезпечення безпечного руху є встановлення фізичних бар'єрів, які розділяють області для руху транспортних засобів від робочих зон для працівників. Це можуть бути огороження, бар'єри або зони забороненого доступу. Такі бар'єри допомагають уникнути контакту працівників з транспортними засобами, що рухаються, та зменшують ризик виникнення нещасних випадків.

Крім того, необхідно забезпечити належне освітлення у складських приміщеннях, особливо на шляхах руху транспортних засобів. Це сприяє покращенню видимості та допомагає уникнути зіткнень або інших небезпечних ситуацій. Системи автоматичного освітлення або додаткові світлові сигнали можуть бути використані для покращення видимості в темних або недостатньо освітлених ділянках [1].

Ускладненнями при організації безпечного руху та розташування автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях можуть бути наявність перешкод, вузькі проходи або обмежені просторові умови. В таких випадках слід уважно аналізувати ризики та вживати відповідні заходи безпеки, наприклад, встановити додаткові дзеркала для полегшення обзорності або обмежити рух у певних зонах.

В заключення, організація безпечного руху та розташування автоматизованих транспортних засобів у складських приміщеннях є ключовим аспектом охорони праці. Це вимагає належного планування, встановлення відповідних систем сигналізації та безпеки, використання фізичних бар'єрів та належного освітлення. Аналіз ризиків та вживання відповідних заходів допомагають забезпечити безпечні умови праці для працівників у складських приміщеннях з автоматизованими транспортними засобами [4].

### **3.2 Вимоги до приміщення з використанням АМТЗ**

Використання автоматизованих мобільних транспортних засобів (АМТЗ) вимагає відповідного приміщення з дотриманням ряду вимог для забезпечення безпечної та ефективної роботи. Перш за все, розмір приміщення повинен бути достатньо великим, щоб забезпечити свобідний рух транспортних засобів без перешкод. Розмір приміщення має враховувати розміри та маневреність АМТЗ.

Підлога в приміщенні повинна бути рівною, міцною та стійкою, щоб витримувати вагу транспортних засобів та завантажених виробів. Дотримання цієї

вимоги важливо для запобігання стику або розриву підлогового покриття під час руху транспортних засобів [1].

Освітлення в приміщенні повинно бути належним, щоб забезпечити достатню видимість працівникам та операторам АМТЗ. Яскраве освітлення з рівномірним розподілом світла по всій площі приміщення є бажаним.

Вентиляція є ще однією важливою вимогою до приміщення для використання АМТЗ. Вона має забезпечувати належний обмін повітря та відведення шкідливих речовин, що можуть утворюватись в результаті роботи транспортних засобів.

На приміщенні також необхідно встановити належну сигналізацію та маркування, щоб інформувати працівників про зони руху транспортних засобів, небезпеки та інші важливі показники безпеки. Це допомагає уникнути небажаних ситуацій та забезпечує належну орієнтацію в приміщенні.

Також слід забезпечити наявність зон відпочинку для працівників та засобів першої допомоги. Це важливо для забезпечення безпеки та благополуччя працівників у разі надзвичайних ситуацій або травм [3].

Необхідно мати в приміщенні належне обладнання та засоби безпеки, такі як вогнегасники, пожежні тривоги, екстрені виходи та пристрої для детекції газів. Вони допомагають попередити та врегулювати небезпечні ситуації та захистити працівників та майно у разі аварій.

Дотримання вимог до приміщення для використання АМТЗ є важливим кроком для забезпечення безпеки працівників, ефективності роботи та попередження небажаних подій. Правильно підготовлене та обладнане приміщення сприяє безпечному та продуктивному використанню автоматизованих мобільних транспортних засобів.

Крім вищезазначених вимог, до приміщення для використання автоматизованих мобільних транспортних засобів також застосовуються деякі додаткові вимоги:



- розташування: Приміщення повинно бути розташоване таким чином, щоб забезпечувати зручний доступ до АМТЗ. Оптимальною буде наявність декількох входів та виходів, що сприятиме плавному русі транспорту всередині та поза приміщенням;
- структура та конструкція: Приміщення повинно мати відповідну структуру та конструкцію, що забезпечує стійкість та безпеку під час руху АМТЗ. Важливо враховувати максимальну вантажопідйомність та розподіл навантаження, щоб уникнути перевантаження стелі та стін приміщення;
- електричне оснащення: Приміщення повинно мати належне електричне оснащення, зокрема достатню кількість розеток та електричних підключень для зарядки та обслуговування АМТЗ. Крім того, необхідно забезпечити належне заземлення та ізоляцію електричних систем для запобігання виникненню короткого замикання та електричних небезпек.
- безпека вогню: Приміщення повинно бути обладнане вогнегасниками, пожежною сигналізацією та автоматичною пожежною системою, які забезпечують вчасне виявлення та загасання пожежі. Також необхідно встановити вогнестійкі матеріали та покриття, що допоможуть запобігти поширенню вогню у разі пожежі.
- безпека вантажу: Приміщення повинно мати відповідне обладнання для правильного зберігання та розміщення вантажу. Необхідно передбачити системи кріплення, полиці, стелажі та інші засоби, що забезпечують стійке розміщення вантажу та запобігають його падінню під час руху АМТЗ.

Враховання цих вимог та їх належне дотримання допомагають створити безпечне та функціональне приміщення для використання автоматизованих мобільних транспортних засобів. Це сприяє забезпеченню безпеки працівників, зменшенню ризику аварій та покращенню ефективності роботи всього складського комплексу.

### **3.3 Вимогу до роботи з вантажно розвантажувальними роботами**

Вимоги до вантажно розвантажувальних робіт є важливою складовою охорони праці на підприємствах. При здійсненні таких робіт необхідно дотримуватися ряду заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників та ефективність робочого процесу.

Початок виконання вантажно розвантажувальних робіт передбачає оцінку ризиків та визначення оптимальних методів та засобів їх виконання. Необхідно враховувати вагу та розміри вантажу, особливості робочого місця та використовуваних пристроїв [4].

Забезпечення належного обладнання та технічного стану механізмів та пристроїв є важливим аспектом вантажно розвантажувальних робіт. Працівникам повинні бути надані необхідні засоби індивідуального захисту, такі як захисні каски, рукавиці, захисні окуляри та інші.

Організація робочого місця має бути виконана таким чином, щоб забезпечити зручність та безпеку працівників. Належна організація маршрутів руху вантажу, встановлення сигнальної сигналізації та заходів безпеки, а також надання належної освітленості та вентиляції - це важливі елементи [5].

Правильне навчання та інструктаж працівників з виконання вантажно розвантажувальних робіт є необхідним. Робітникам слід мати достатні знання та навички щодо правильного використання обладнання, техніки безпеки, а також процедур у разі надзвичайних ситуацій [1].

Проведення систематичного контролю та огляду робіт є важливим етапом вантажно-розвантажувальних процесів. Це дозволяє виявити можливі недоліки, вчасно вжити заходів для їх усунення та забезпечити безпеку працівників.

Загальна відповідальність за виконання вимог до вантажно-розвантажувальних робіт покладається на керівництво підприємства. Вони повинні забезпечити необхідні

ресурси, розробити політику безпеки, встановити процедури та контролювати їх виконання з метою підвищення ефективності та забезпечення безпеки працівників [6].

### **3.4 Вимоги що до режиму відпочинку та праці на підприємствах з вантажно розвантажувальними роботами та з АМТЗ**

Режим відпочинку та праці є важливим аспектом на підприємствах, де здійснюються вантажо-розвантажувальні роботи та використовуються автоматизовані мобільні транспортні засоби. Забезпечення належного режиму відпочинку та праці сприяє збереженню безпеки, підвищенню продуктивності та здоров'я працівників [2].

Працівники, які займаються вантажо-розвантажувальними роботами та експлуатацією АМТЗ, повинні дотримуватися встановленого графіка роботи та відпочинку. Це означає, що їм надаються періоди відпочинку та встановлюється максимальна тривалість робочої зміни. Такі обмеження допомагають уникнути перевантаження та втоми працівників, що може призвести до збільшення ризику виникнення аварій та травм.

Крім того, на підприємствах з вантажо-розвантажувальними роботами та використанням АМТЗ також встановлюються обмеження щодо тривалості безперервної роботи та періодичні перерви. Це дозволяє працівникам відновлювати сили та уникнути надмірного фізичного та психологічного напруження.

Працівники повинні мати доступ до комфортних та безпечних умов праці. Наприклад, забезпечення належного освітлення, вентиляції та температурного режиму у робочих приміщеннях. Також важливо забезпечити належні умови для відпочинку та харчування працівників, зокрема наявність зон відпочинку та їдальні.

Законодавство та нормативні акти регулюють вимоги до режиму відпочинку та праці на підприємствах з вантажо-розвантажувальними роботами та АМТЗ. Ці вимоги

спрямовані на забезпечення безпеки працівників, попередження аварійних ситуацій та підвищення ефективності роботи [5].

Дотримання вимог до режиму відпочинку та праці на підприємствах з вантажорозвантажувальними роботами та використанням АМТЗ є важливим кроком у створенні безпечного та продуктивного робочого середовища для працівників.

## ВИСНОВОК

Автоматизовані матеріально-технічні засоби (АМТЗ) на складських приміщеннях сприяють підвищенню ефективності та безпеки вантажно-розвантажувальних робіт. Вони забезпечують швидке та точне переміщення вантажів, зменшують фізичне навантаження на працівників та знижують ризик виникнення нещасних випадків. АМТЗ вимагають регулярного обслуговування та навчання персоналу для їх безпечного та ефективного використання.

Загальний висновок полягає в тому, що охорона праці в контексті складських приміщень та вантажно-розвантажувальних робіт вимагає дотримання правил та впровадження заходів для забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

У зв'язку з використанням автоматизованих матеріально-технічних засобів на складі, необхідно звернути особливу увагу на безпеку операторів та інших працівників. Ефективне управління ризиками пов'язаними з АМТЗ включає правильне навчання персоналу, регулярну перевірку технічного стану та правильне функціонування обладнання, а також розробку та впровадження процедур безпеки.

Додатково, виконання робіт з вантаження та розвантажування також потребує дотримання вимог охорони праці. Надання безпечної робочої зони є одним із основних аспектів охорони праці. Це включає обмеження та позначення робочої зони, щоб уникнути непотрібних перешкод і забезпечити безпеку працівників. Крім того, використання особистих засобів захисту є обов'язковим, і працівники повинні мати доступ до захисних головних уборів, окуляри, рукавички, захисне взуття та інші, щоб забезпечити свою особисту безпеку під час розвантаження та навантаження.

Також, належне освітлення робочої зони є важливим елементом охорони праці. Це забезпечує кращу видимість працівникам, особливо в темних або поганих умовах видимості, та допомагає уникнути потенційних небезпек, пов'язаних з недостатньою освітленістю.

В цілому, комбінація правильного використання АМТЗ, дотримання вимог охорони праці та безпечного виконання вантажно-розвантажувальних робіт сприяє створенню безпечного та ефективного робочого середовища на складських приміщеннях.

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Безпека праці і в професійній діяльності : навчальний посібник / О. Г. Янчик, та ін. Харків НТУ «ХП» 2020 С. 260 – 264.
2. Manuele M. S. Handbook of Occupational Safety and Health 2019 С. 231 – 260.  
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book>
3. George Swartz Warehouse Safety: A Practical Guide to Preventing Warehouse Incidents and Injuries 1999 С. 185–190. URL: [https://books.google.com.ua/books/about/Warehouse\\_Safety](https://books.google.com.ua/books/about/Warehouse_Safety)
4. Про затвердження правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт: Постанова Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 року № 255, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 01 грудня 2004 року за № 1526/10125. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show> (дата звернення 18.06.2023).
5. Про безпеку та охорону здоров'я праці: Постанова *Наказом Міністерства соціальної політики N 148 ( z0236-17 ) від 31.01.2017 (04.01.2013)*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/> (дата звернення 18.06.2023).