

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 БАКАЛАВРСЬКА

**3D-МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕНОЇ ЛАНКИ
МАНІПУЛЯТОРА З КЕРУВАННЯМ ВІД МОБІЛЬНОГО
ЗАСТОСУНКА**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917116

Студент

_____ С.О.Юрченко

« ___ » _____ 2023 р.

Керівник старший викладач

_____ В.М.Шенкевич

« ___ » _____ 2023 р.

Консультант кандидат технічних наук, доцент

_____ А.О.Алексеева

« ___ » _____ 2023 р.

Миколаїв – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

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

_____ М. І. Сіделев

«___» _____ 2023 р

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Видано студенту групи 471 факультету комп'ютерних наук

Юрченку Станіславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи

3D-модельовання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка

Затверджена наказом по ЧНУ від «___» _____ 2023 р. № _____

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи «___» _____ 2023 р.

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

Покращення навантаженої ланки маніпулятора шляхом розроблення нової конструкції пристрою та модернізації механізму взаємодії.

4. Перелік питань, що підлягають розробці

1. Опрацювати інформацію стосовно існуючих аналогів.

2. Виконати патентний пошук винаходів, що пов'язані з темою дослідження.

3. Розробити: функціональну схему, блок-схему алгоритму та електрично-принципову схему АС.

4. Використовуючи існуючі методи проектування, створити 3D модель навантаженої ланки маніпулятора.

5. Розглянути питання охорони праці

5. Перелік графічних матеріалів: 10 слайдів презентації

6. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
Гекова Т.В.	Автоматизація та КІТ	1 розділ
Гекова Т.В.	Автоматизація та КІТ	2 розділ
Алексєєва А.О.	Екологія	3 розділ

Керівник роботи Шенкевич Володимир Миколайович

_____ (підпис)

Завдання прийнято до виконання Юрченком Станіславом Олеговичем

_____ (підпис)

Дата видачі завдання « _____ » _____ 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Тема: 3D-модельовання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка

№	Найменування роботи	Початок	Примітки
1.	Розробка та затвердження завдання на виконання	20.09.2022	
2.	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3.	Формування завдання	17.10.2022	
4.	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5.	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6.	Виконання першої частини	01.12.2022	
7.	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8.	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9.	Робота над розділом охорони праці	19.05.2023	
10.	Передзахисти	22.06.2023	
11.	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	17.06.2023	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкована робота

Розробив студент Юрченко Станіслав Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

« ___ » _____ 2023р.

Керівник роботи Шенкевич Володимир Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

« ___ » _____ 2023р.

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної роботи бакалавра

«3D-моделювання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка»

Студент 471 гр.: Юрченко Станіслав Олегович

Керівник: старший викладач Шенкевич Володимир Миколайович

Даний дослідницький проект зосереджений на розробці системи керування маніпулятором за допомогою мобільного додатка та 3D-моделюванні навантаженої ланки маніпулятора. Маніпулятори використовуються в різних галузях, включаючи промисловість, медицину, автоматизацію виробництва та багато інших.

У цьому дослідженні ми пропонуємо використовувати мобільний додаток як зручний і доступний засіб керування маніпулятором. Завдяки розвитку технологій сенсорних екранів та бездротових комунікацій, мобільні пристрої можуть стати потужними інтерфейсами для керування складними системами.

Основна ідея полягає у створенні 3D-моделі навантаженої ланки маніпулятора, яка відображатиме його фізичні характеристики та геометрію. Ця модель буде використовуватись для візуалізації та контролю руху маніпулятора за допомогою мобільного додатка.

В рамках проекту буде розроблено мобільний додаток, який дозволить користувачеві взаємодіяти з 3D-моделлю маніпулятора. Користувач матиме можливість встановлювати цілі точки руху, задавати параметри руху, контролювати швидкість та напрямок руху ланки маніпулятора. Додаток також буде забезпечувати реальний час відстеження руху маніпулятора та надавати зворотний зв'язок користувачу.

Використання мобільного застосунка для керування маніпулятором має потенціал у полі автоматизації та робототехніки. Крім того, такий підхід може знайти застосування у навчальних цілях та дослідницьких проектах.

Сторінок – 88. Рисуноків – 21. Таблиць – 1. Посилань – 24. Додатків – 3.

ABSTRACT

of the Bachelor's Thesis

3D modeling of the loaded link of the manipulator with control
from the mobile application

Student of group 471: Yurchenko Stanislav

Supervisor: Shenkevich Volodymyr

This research project focuses on developing a control system for a manipulator using a mobile application and 3D modeling of a loaded manipulator link. Manipulators are widely used in various industries, including manufacturing, medicine, and automation.

In this study, we propose utilizing a mobile application as a convenient and accessible means of controlling the manipulator. With advancements in touchscreen technology and wireless communication, mobile devices can serve as powerful interfaces for controlling complex systems.

The main idea is to create a 3D model of the loaded manipulator link that accurately represents its physical characteristics and geometry. This model will be used for visualization and control of the manipulator's motion through the mobile application.

Within the project scope, a mobile application will be developed, allowing users to interact with the 3D model of the manipulator. Users will be able to set target points of motion, define motion parameters, control the speed and direction of the manipulator's movement. The application will also provide real-time tracking of the manipulator's motion and feedback to the user.

The use of a mobile application for manipulator control holds great potential in the fields of automation and robotics. It can simplify the process of manipulating the manipulator, offering convenience and flexibility. Additionally, this approach can find applications in educational purposes and research projects.

Pages – 88. Figures – 21. Tables – 1. References – 24. Appendices – 3.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП.....	5
ТЕОРИТИЧНІ ВІДОМОСТІ, ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНИЙ ПОШУК, КЛАСИФІКАЦІЯ МАНІПУЛЯТОРІВ	7
1.1 Історія розвитку.....	7
1.2 Актуальність теми	10
1.3 Розробка автоматизованої системи керування маніпулятором	12
1.4 Система керування маніпулятором	13
1.5 Приклади систем керування маніпулятором	15
ВИСНОВКИ	27
ФОРМУВАННЯ СХЕМ ПРИНЦИПУ РОБОТИ, ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ, РОЗРОБКА МОДЕЛІ, ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОЇ ЛАНКИ ТА ФОРМУВАННЯ КОДУ	29
2.1 Функціональна схема	29
2.2 Схема алгоритму	31
2.3 Опис блоків системи керування маніпулятором від мобільного застосунка.....	32
2.3.1 Мікроконтролер.....	32
2.3.2 Вибір WiFi модуля.....	35
2.3.3 Вибір датчику заряду акумулятора	37
2.3.4 Вибір датчику положення маніпулятора.....	40
2.3.5 Вибір драйверу двигуна	42
2.4 Електрично принципові схеми та розрахунки	44
2.5 3D-моделювання навантаженої ланки маніпулятора	51
2.5.1 Рухомі частини маніпулятора	55
2.5.2 Обмеження рухливості та міра захвату маніпулятора	56
2.5.3 Навантаження на ланку маніпулятора.....	58

2.6 Формування коду для рухомої частини маніпулятора. Кути Ейлера	61
ВИСНОВКИ	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	64
ДОДАТОК А.....	66
ДОДАТОК Б	67
ДОДАТОК В.....	68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ROM – Read-Only Memory (укр. постійна пам'ять).

RAM – Random Access Memory (укр. оперативна пам'ять).

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (укр. електрично стираюча програмована пам'ять з можливістю запису).

CAD – Computer-Aided Design (укр. комп'ютерно-допоміжне проектування)

ВСТУП

Автоматизація системи керування маніпулятором може здійснюватися за допомогою різних методів, включаючи програмування маніпулятора з використанням спеціалізованих мов програмування, використання сенсорів та обробки даних, а також використання штучного інтелекту.

1. Програмування маніпулятора - цей підхід передбачає написання програмного коду для керування маніпулятором. Це може бути зроблено з використанням спеціалізованих мов програмування, таких як C ++, Python, або ROS. Цей підхід використовується для розробки високопродуктивних систем керування маніпулятором, що можуть працювати у найбільш вимогливих областях, таких як виробництво або автоматизовані склади.

2. Використання сенсорів та обробки даних - цей підхід передбачає встановлення сенсорів на маніпуляторі, що можуть вимірювати певні параметри рухів, такі як позиція, швидкість, тиск, сила, тощо. Ці дані обробляються з використанням алгоритмів обробки сигналів та машинного навчання, що дозволяє маніпулятору самостійно контролювати свої рухи та коригувати їх у разі необхідності.

3. Використання методів штучного інтелекту. Цей підхід передбачає використання методів машинного навчання та інтелектуальних алгоритмів для покращення роботи системи керування маніпулятором. Ці методи дозволяють маніпулятору виконувати складні завдання, такі як розпізнавання об'єктів, автоматичне планування рухів та уникнення перешкод. До методів штучного інтелекту можуть відноситися нейронні мережі, генетичні алгоритми та методи оптимізації.

4. Гібридні підходи. Цей підхід передбачає комбінацію різних методів автоматизації, щоб досягти максимальної ефективності системи керування маніпулятором. Наприклад, можна поєднувати методи програмування

маніпулятора з методами машинного навчання, щоб створити більш гнучку та продуктивну систему керування. Гібридні підходи також дозволяють досягати кращої точності та швидкості роботи маніпулятора, а також зменшення витрат на розробку та підтримку системи.

5. Використання системи планування траєкторій. Цей підхід передбачає використання алгоритмів планування траєкторій для автоматичного створення оптимальних траєкторій для маніпулятора. Алгоритми планування траєкторій можуть враховувати різні фактори, такі як забезпечення безпеки, мінімізація витрат енергії та часу, врахування обмежень руху маніпулятора та інші. Використання системи планування траєкторій дозволяє маніпулятору ефективно виконувати різноманітні завдання без потреби в ручному програмуванні кожного кроку.

Метою даної роботи було поставлено покращення навантаженої ланки маніпулятора шляхом розроблення нової конструкції пристрою та модернізації механізму взаємодії.

Об'єктом дослідження є технічні процеси, що спрямовані на покращення міцності навантаженої ланки маніпулятора.

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

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

1. Опрацювати інформацію стосовно існуючих аналогів.
2. Виконати патентний пошук винаходів, що пов'язані з темою дослідження.
3. Розробити: функціональну схему, блок-схему алгоритму та електрично-принципову схему АС.
4. Використовуючи існуючі методи проєктування, створити 3D модель навантаженої ланки маніпулятора

ТЕОРИТИЧНІ ВІДОМОСТІ, ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНИЙ ПОШУК, КЛАСИФІКАЦІЯ МАНІПУЛЯТОРІВ

1.1 Історія розвитку

Розвиток автоматизації систем керування маніпуляторами почався у 1950-х роках, коли виникла необхідність автоматизувати виробничі процеси для збільшення продуктивності та зниження витрат.

У 1961 році вперше був запропонований термін "промисловий робот", а в 1962 році був створений перший промисловий робот Unimate в США. Unimate був створений американською компанією Unimation та використовувався для автоматизації виробничих процесів у різних галузях промисловості[1].

Основні характеристики та можливості робота Unimate включали:

Механічна конструкція: Unimate складався з металевих рухомих рук (маніпуляторів), що могли виконувати різноманітні завдання у виробничому середовищі.

Програмування: Робот Unimate був програмуваний для виконання певних рухів та операцій за допомогою керуючого комп'ютера. Це дозволяло йому виконувати різні завдання зі знімання, переміщення та розміщення об'єктів.

Використання у виробництві: Unimate використовувався для автоматизації завдань, які вимагали повторюваних операцій, підйому важких предметів або роботи в небезпечних середовищах. Він знаходив застосування у виробництві автомобілів, електроніки, металообробці та інших галузях.

Цей робот був використаний на автомобільній лінії збірки General Motors. Unimate відіграв значну роль у розвитку промислової робототехніки та відкрив шлях для подальшого використання роботів у виробничих процесах. Він поклав основу для сучасних роботів, які широко застосовуються у промисловості для

автоматизації, підвищення продуктивності та забезпечення безпеки працівників.

У 1970-х роках почали розвивати системи керування маніпуляторами з використанням мікропроцесорів, що дозволило значно покращити точність та швидкість роботи[1].

Мікропроцесори є малими і потужними обчислювальними пристроями, які дозволяють виконувати складні обчислення та керувати різними аспектами роботи маніпулятора. Вони забезпечують більш точне позиціонування, більш швидку обробку сигналів і дозволяють виконувати складні рухи та послідовності операцій[2].

Завдяки використанню мікропроцесорів в системах керування маніпуляторами досягнуті значні покращення в продуктивності та ефективності. Маніпулятори стали більш точними, швидкими та здатними виконувати складніші завдання[2]. Крім того, ця технологія сприяла розширенню можливостей програмування та інтеграції маніпуляторів з іншими системами виробництва.

Застосування мікропроцесорів в системах керування маніпуляторами було переломним моментом, що відкрило шлях до подальшого розвитку робототехніки та автоматизації промислових процесів. Сьогодні мікропроцесори є важливою складовою частиною сучасних систем керування маніпуляторами, забезпечуючи їх високу продуктивність та надійність.

У 1980-х роках почали використовувати комп'ютерну технологію для керування роботами. Були розроблені програмні засоби, що дозволяли керувати роботами з використанням графічного інтерфейсу, що зробило їх більш зручними та доступними для користувачів.

Одним з важливих досягнень цього періоду було використання графічного інтерфейсу для програмування та керування роботами. Графічний інтерфейс дозволяв візуально представляти рухи та дії роботів, що робило

процес програмування та керування більш інтуїтивним і зрозумілим. Користувачам стало легше створювати складні послідовності операцій, використовуючи графічні засоби, і контролювати рухи роботів у реальному часі.

Ця комп'ютерна технологія значно полегшила використання роботів у різних галузях, зокрема в промисловості та автоматизованих виробничих процесах. Вона забезпечила широкий доступ до програмування та керування роботами, що раніше було виключною прерогативою експертів та спеціалістів.

Цей прорив в комп'ютерній технології для керування роботами в 1980-х роках став кроком вперед у розвитку робототехніки та автоматизації. Використання комп'ютерних систем та графічного інтерфейсу значно спростило та розширило можливості керування роботами, дозволяючи їм виконувати складніші завдання та бути більш гнучкими в роботі.

У 1990-х роках почали використовувати роботів зі штучним інтелектом, що дозволило їм виконувати більш складні завдання та адаптуватися до змінних умов роботи.

Використання штучного інтелекту дало роботам здатність адаптуватися до змінних умов роботи та виконувати більш складні завдання. Роботи зі штучним інтелектом отримали здатність вчитися, аналізувати оточення, робити рішення на основі отриманої інформації та взаємодіяти з оточуючим середовищем[3].

Це відкрило нові можливості для застосування роботів у різних сферах, включаючи промисловість, медицину, транспорт, логістику та багато інших. Роботи зі штучним інтелектом можуть виконувати складні завдання, які вимагають високої обробки даних, аналізу і прийняття рішень в реальному часі.

Сучасні системи керування маніпуляторами використовують різноманітні технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання, візуальне сприйняття, сенсорна технологія та інші.

Завдяки швидкому розвитку комп'ютерних технологій, системи керування маніпуляторами стали значно більш точними, швидкими та надійними. Зараз роботи можуть виконувати навіть найскладніші завдання, такі як робота в умовах високої температури, тиску, радіації та інших небезпечних умовах, що раніше було неможливо[3].

Системи керування маніпуляторами знайшли своє застосування у багатьох галузях, таких як виробництво, медицина, наука, космічна промисловість та інші. Вони дозволяють збільшити продуктивність виробництва та знизити витрати, забезпечуючи більш точну та ефективну роботу[4].

Окрім того, системи керування маніпуляторами можуть бути використані в галузі робототехніки та автономних транспортних засобів. Наприклад, автономні автомобілі можуть використовувати маніпулятори для забезпечення безпеки пасажирів та виконання різноманітних функцій.

Загалом, автоматизація систем керування маніпуляторами є важливим елементом розвитку технологій та індустрії, що дозволяє покращувати якість та ефективність роботи у багатьох галузях.

1.2 Актуальність теми

Тема автоматизації систем керування маніпуляторами є дуже актуальною в наш час. Це пов'язано з ростом потреби в автоматизованому виробництві та робототехніці, які вимагають все більш точного та швидкого керування маніпуляторами.

Автоматизація систем керування маніпуляторами має численні переваги, які сприяють ефективному функціонуванню підприємств і покращенню умов праці. Декілька з них включають:

Зниження витрат на працю: автоматизовані системи керування маніпуляторами дозволяють замінити ручну працю на автоматичну. Це

дозволяє знизити витрати на оплату праці, оскільки менша кількість працівників може виконувати більше роботи.

Збільшення продуктивності: автоматизація дозволяє виконувати операції швидше і ефективніше, порівняно з ручним керуванням. Маніпулятори можуть працювати без перерви, забезпечуючи постійну продуктивність та швидше виконання завдань.

Покращення якості продукції: автоматизовані системи керування дозволяють досягти високої точності та повторюваності в процесі виробництва[5]. Це сприяє зниженню помилок та дефектів, що покращує якість виготовленої продукції.

Зниження ризику нещасних випадків: автоматизовані системи дозволяють виконувати роботи у небезпечних умовах або з небезпечними матеріалами безпосередньо без участі працівників. Це знижує ризик виникнення нещасних випадків та пошкоджень здоров'я працівників.

Покращення умов праці: автоматизовані системи керування можуть забезпечити полегшення фізичного навантаження на працівників, особливо при роботі з важкими або незручними вантажами. Це допомагає запобігти травмам та захворюванням, пов'язаним з навантаженням тіла.

Також, автоматизація систем керування маніпуляторами має важливе значення в медицині, де вона допомагає хірургам виконувати складні операції з мінімальними ризиками для пацієнтів[4].

Загалом, автоматизація систем керування маніпуляторами є важливим елементом розвитку технологій та індустрії, який дозволяє забезпечувати більш ефективну та безпечну роботу в різних галузях.

1.3 Розробка автоматизованої системи керування маніпулятором

Розробка автоматизованої системи керування маніпулятором може бути складним завданням, що вимагає ретельного проектування та програмування. Однак, основні етапи розробки можуть бути наступними:

1. Визначення вимог до системи: перед початком розробки необхідно визначити, які вимоги повинна задовольняти автоматизована система керування маніпулятором. Це може включати такі вимоги, як точність рухів, швидкість, навантаження, відстань, робочі умови тощо[6].

2. Вибір апаратного забезпечення: після визначення вимог до системи необхідно вибрати відповідне апаратне забезпечення, яке буде використовуватися для керування маніпулятором. Це може включати сенсори, мотори, контролери, комп'ютери, програмне забезпечення тощо.

3. Розробка програмного забезпечення: далі необхідно розробити програмне забезпечення, яке буде керувати маніпулятором. Це може включати створення алгоритмів для рухів маніпулятора, виконання обчислень, зчитування та обробку даних від сенсорів, управління відповідними пристроями тощо.

4. Тестування та налагодження: після розробки програмного забезпечення необхідно провести тестування та налагодження системи керування маніпулятором[6]. Це може включати проведення різноманітних експериментів для перевірки точності та швидкості рухів маніпулятора, аналіз роботи сенсорів, визначення реакції системи на навантаження тощо.

5. Впровадження та підтримка: після успішного тестування системи керування маніпулятором необхідно її впровадити в експлуатацію. Також необхідно забезпечити підтримку та обслуговування системи, щоб забезпечити її стабільну роботу.

1.4 Система керування маніпулятором

Система керування маніпулятором - це складна технічна система, що забезпечує контроль та керування роботом, зокрема, його рухом, переміщенням, затисканням та розтисканням. Основна мета автоматизації системи керування маніпулятором полягає в тому, щоб забезпечити точність, швидкість та безпеку роботи маніпулятора, а також зменшити час та витрати на його управління[7].

Основні компоненти системи керування маніпулятором включають:

Контролер: це апаратна частина системи, яка відповідає за керування рухами маніпулятора. Контролер може бути заснований на мікропроцесорі або спеціалізованому контролері, який обробляє дані та виконує необхідні обчислення.

Датчики: датчики забезпечують збір інформації про стан маніпулятора та його оточення. Вони можуть включати датчики положення, сили, тиску, температури та інші параметри. Ця інформація використовується для контролю рухів маніпулятора та реакції на зміни у середовищі.

Приводи: приводи відповідають за переміщення та керування рухами маніпулятора. Вони можуть бути електричними, гідравлічними або пневматичними. Керування приводами здійснюється з використанням сигналів з контролера на основі отриманої інформації від датчиків.

Програмне забезпечення: програмне забезпечення забезпечує керування маніпулятором та виконання різних завдань. Воно може включати алгоритми керування, інтерфейс користувача, систему візуалізації та інші функції[7].

Комунікаційні засоби: для передачі інформації між компонентами системи керування використовуються комунікаційні засоби, такі як кабелі, мережі зв'язку або безпроводні технології. Завдяки автоматизації системи керування маніпулятором можна досягти наступних переваг:

1. Підвищення точності та швидкості роботи маніпулятора: автоматичне керування дозволяє досягти вищої точності та швидкості виконання різних операцій, що є важливим для багатьох виробничих процесів.

2. Зниження ризику людських помилок: замість ручного керування маніпулятором, яке може бути вразливим до людських помилок та втом, автоматизована система керування може дозволити досягти вищого рівня безпеки та надійності.

3. Зменшення витрат на оплату праці: роботи можуть замінити людей у виконанні рутинних та монотонних завдань, що може знизити витрати на оплату праці. Крім того, зменшення ризику людських помилок та витрат на навчання нових працівників також може призвести до зниження витрат на оплату праці. Однак, слід зазначити, що автоматизація може призвести до зменшення кількості робочих місць, що може мати від'ємний вплив на соціальний стан населення. Тому важливо забезпечити підтримку для перекваліфікації та навчання працівників, щоб вони могли адаптуватися до нових умов ринку праці.

4. Підвищення продуктивності: автоматизація системи керування маніпулятором може дозволити збільшити кількість виробів, які можуть бути виготовлені за певний час, тим самим збільшуючи продуктивність виробництва[7].

5. Можливість виконання складних задач: автоматизація системи керування маніпулятором може дозволити роботам виконувати складні та ризиковані задачі, які були раніше виконувані виключно людьми.

6. Зниження витрат на обслуговування: автоматизована система керування може дозволити зменшити витрати на обслуговування маніпулятора та знизити ризик його поломок, що може забезпечити економію коштів для підприємства[8].

7. Можливість збереження даних: автоматизована система керування може зберігати дані про роботу маніпулятора, що може бути корисно для аналізу його роботи, виявлення недоліків та підвищення ефективності виробництва.

Система керування маніпулятором дозволяє отримувати значну кількість даних про роботу маніпулятора, таких як положення, швидкість, силу, тиску і температуру. Ці дані можуть бути використані для аналізу продуктивності, виявлення проблем та вдосконалення роботи маніпулятора.

Крім того, система керування маніпулятором може бути інтегрована з іншими системами автоматизації на підприємстві, такими як системи виробництва, логістики або управління запасами. Це сприяє збільшенню ефективності і синхронізації робочих процесів на підприємстві.

Однією з головних переваг автоматизації системи керування маніпулятором є здатність до програмування та автоматичного виконання завдань. Це дозволяє зменшити людський вплив на процеси роботи, знизити ймовірність помилок та забезпечити постійну і однорідну якість виконання завдань.

В цілому, система керування маніпулятором є важливим інструментом для покращення продуктивності, безпеки та ефективності виробничих процесів, сприяючи зростанню економічної ефективності підприємства.

1.5 Приклади систем керування маніпулятором

Існує безліч аналогів систем керування маніпуляторами на ринку, проте вибір конкретної системи залежить від специфіки виробництва та завдань, які потрібно вирішувати.

Одним з найпопулярніших виробників систем керування маніпуляторами є фірма Fanuc. Вони пропонують широкий спектр систем керування

роботизованими маніпуляторами, включаючи програмне забезпечення для програмування та керування роботами, різноманітні датчики[4].

CRX-25iA — це модель промислового робота, виготовленого японською компанією FANUC, яка спеціалізується на робототехніці, системах ЧПК і рішеннях для автоматизації виробництва. CRX-25iA — це колаборативний робот, також відомий як кобот, призначений для роботи разом із працівниками на виробництві та в інших промислових сферах.

Особливістю CRX-25iA є його здатність до спільної роботи з операторами, без необхідності встановлення окремої охоронної сітки або бар'єрів. Він має вбудовані безпечні сенсори і систему керування, які дозволяють роботу дати відповідь на рухи оператора та уникати стику з ним, що забезпечує безпеку працівників.

CRX-25iA має гнучку конструкцію та широкий радіус дії, що дозволяє йому виконувати різноманітні завдання у промислових середовищах. Він може бути програмований для виконання різних операцій, включаючи збирання, упаковку, монтаж, фрезерування та багато інших.

Завдяки використанню CRX-25iA промислові підприємства можуть отримати переваги від автоматизації своїх процесів, зниження витрат на працю, підвищення продуктивності та поліпшення якості виробництва. Колаборативні роботи, такі як CRX-25iA, стають все більш популярними у промислових галузях завдяки своїм можливостям співпраці з людьми і покращенню ефективності робочих процесів.

CRX-25iA — це шестиосьовий робот, який здатний піднімати корисні вантажі вагою до 25 кілограмів із максимальним радіусом дії 1833 міліметри. Він оснащений передовими датчиками та функціями безпеки, включаючи датчики сили та систему виявлення зіткнень, щоб гарантувати, що він може безпечно працювати в безпосередній близькості від людей.

Однією з ключових особливостей CRX-25iA є простота використання. Його можна швидко та легко запрограмувати за допомогою інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу програмування FANUC, який дозволяє навіть нефахівцям швидко навчити робота новим завданням. Це робить його надзвичайно універсальним і гнучким рішенням для широкого діапазону виробничих застосувань, від складання та пакування до обробки матеріалів і обслуговування машин. Автоматизована система транспортування вантажів в зоні ускладненого проходження (АСТ УП) є технологією, яка дозволяє автоматизувати процес транспортування вантажів у важкодоступні або небезпечні зони, де земний транспорт є недостатньо ефективним або неможливим[4].

Такі системи можуть використовуватись в таких галузях, як гірничодобувна, нафтова та газова промисловість, лісова галузь, будівництво та рятувальні операції.



Рисунок 1 – маніпулятор компанії Fanuc

LR Mate 200iD/14L — це маніпулятор, виготовлений компанією FANUC, провідним виробником промислових роботів. Ця рука робота розроблена для різноманітних застосувань у таких галузях, як автомобілебудування, електроніка, харчова промисловість і виробництво напоїв.

LR Mate 200iD/14L має вантажопідйомність 14 кг і радіус дії 911 мм, що робить його придатним для таких завдань, як транспортування матеріалів, складання та пакування. Він має шість осей руху, які дозволяють йому рухатися в широкому діапазоні напрямків і кутів. Рука робота також оснащена системою бачення з високою роздільною здатністю, яка дозволяє виконувати прецизійні завдання з точністю.

Деякі з ключових особливостей LR Mate 200iD/14L включають:

Компактний дизайн: рука робота розроблена таким чином, щоб займати мінімальну площу, що робить її ідеальною для використання на переповнених виробничих лініях.

Висока швидкість: рука робота здатна до швидких і точних рухів, що дає змогу швидко й ефективно виконувати завдання.

Легко програмувати: руку робота можна програмувати за допомогою власної мови програмування FANUC, яка розроблена так, щоб бути зручною для користувача та легкою для вивчення.

Гнучкі варіанти монтажу: руку робота можна встановити в різних положеннях, включаючи підлогу, стелю та стіну.

Загалом, LR Mate 200iD/14L — це універсальна та надійна роботизована рука, яка може допомогти оптимізувати виробничі процеси та підвищити ефективність у багатьох галузях промисловості.

Завдяки своїй вантажопідйомності в 14 кг і радіусу дії 911 мм, LR Mate 200iD/14L здатний виконувати різні завдання перенесення та маніпулювання великими та важкими предметами. Його компактний дизайн дозволяє

ефективно використовувати простір на виробничих лініях, а висока швидкість та точність рухів забезпечують ефективну та продуктивну роботу.

Легкість програмування є ще однією перевагою LR Mate 200iD/14L. Використовуючи мову програмування FANUC, користувачі можуть легко програмувати робота для виконання різних завдань зі збірки, пакування, обробки та інших операцій. Це дозволяє швидко налаштовувати робота під конкретні вимоги виробництва[4].

Додатково, гнучкі варіанти монтажу дозволяють встановлювати робота у різних положеннях, що робить його універсальним для різних виробничих середовищ. Завдяки цим характеристикам, LR Mate 200iD/14L знаходить застосування в багатьох галузях, включаючи автомобілебудування, електроніку, харчову промисловість та виробництво напоїв.

Усі ці особливості робота LR Mate 200iD/14L роблять його потужним інструментом для підвищення ефективності та продуктивності у промислових процесах. Використання автоматизованих маніпуляторів, таких як LR Mate 200iD/14L, допомагає покращити якість продукції, знизити витрати та підвищити загальну ефективність виробництва.

IRB 6650S є моделлю промислового робота, виготовленого ABB, багатонаціональною компанією, що спеціалізується на робототехніці, автоматизації та енергетичних технологіях. Робот IRB 6650S призначений для роботи у важких умовах у різних галузях промисловості, таких як автомобілебудування, металообробка та ливарне виробництво. Це шестиосьовий робот з максимальною вантажопідйомністю 300 кг і максимальним радіусом дії 3,5 метра. Буква «S» у назві може означати, що це швидкісна версія моделі IRB 6650.



Рисунок 2 – LR Mate 200iD/14L

IRB 6650S є шестиосьовим роботом, що забезпечує йому гнучкість та маневреність у виконанні завдань. Він призначений для використання у різних сферах, зокрема автомобілебудування, металообробка та ливарне виробництво. Його конструкція розрахована на роботу в навколишньому середовищі з важкими умовами та великими навантаженнями.

Крім того, зазначена літера "S" у назві може вказувати на швидкісну версію моделі, що означає, що робот може виконувати рухи з високою швидкістю, забезпечуючи ефективність та продуктивність виробничих процесів.

IRB 6650S є потужним інструментом для автоматизації важких завдань у промислових секторах. Його висока вантажопідйомність, гнучкість та швидкість рухів дозволяють забезпечити оптимальну продуктивність та результативність виробничих ліній.

Крім вантажопідйомності, радіусу дії та швидкості рухів, модель IRB 6650S має й інші важливі характеристики, які забезпечують його ефективну роботу:

Висока точність: Робот має високу точність позиціонування, що дозволяє виконувати прецизійні операції і завдання з високою якістю.

Гнучкість програмування: IRB 6650S може бути програмований для виконання різних завдань і складних рухових сценаріїв. Компанія ABB надає потужне програмне забезпечення для програмування та керування роботом.

Колізійна безпека: Робот оснащений системою безпеки, яка виявляє перешкоди та уникне зіткнень з людьми або об'єктами у своєму навколишньому середовищі.

Легкість утримання та обслуговування: Модель IRB 6650S має конструкцію, яка спрощує обслуговування та технічне обслуговування робота, забезпечуючи зниження часу простою та витрат на обслуговування.

Висока надійність: Компанія ABB відома своїми високоякісними промисловими роботами, і модель IRB 6650S не є винятком. Вона має довгу експлуатаційну довговічність та високу стійкість до різних умов роботи.

Ці характеристики робота IRB 6650S дозволяють використовувати його в різних промислових секторах для автоматизації складних виробничих процесів, підвищення продуктивності та забезпечення якості виготовлюваних продуктів.



Рисунок 3 – IRB 6650S

KR 10 R1100-2 відноситься до типу промислового робота, виробленого KUKA Robotics. Він є частиною серії KR AGILUS і призначений для високошвидкісного транспортування та складання в промислових умовах. «10» у назві означає максимальну вантажопідйомність робота, яка становить 10 кг (22 фунти). Буква «R» у назві вказує на те, що це вертикально шарнірний робот, а «1100» вказує на максимальний радіус дії руки робота, який становить 1100 мм (43,3 дюйма). «-2» у назві означає, що це модель другого покоління робота KR 10 R1100. Робот оснащений передовими датчиками та програмним забезпеченням для точної та ефективної роботи, і його можна програмувати за допомогою різних мов програмування та інтерфейсів[4].

KR 10 R1100-2 відноситься до серії промислових роботів KR AGILUS, вироблених компанією KUKA Robotics. Ця модель робота призначена для використання в різних промислових додатках, зокрема для високошвидкісного транспортування та складання.

Основні характеристики робота KR 10 R1100-2 включають:

Вантажопідйомність: Робот може піднімати вантажі масою до 10 кг (22 фунти), що робить його придатним для різноманітних завдань, які вимагають обробки та переміщення вантажів середньої ваги.

Радіус дії: Рука робота має максимальний радіус дії 1100 мм (43,3 дюйма), що дозволяє йому працювати в обмеженому просторі та виконувати різні операції в зручних для виробництва місцях.

Висока швидкість: Робот має високу швидкість руху, що дозволяє виконувати завдання швидко та ефективно. Це особливо корисно для застосувань, де вимагається висока продуктивність і швидкість виконання операцій.

Висока точність: Робот оснащений передовими датчиками та системами контролю, що забезпечують високу точність рухів і позиціонування. Це дозволяє роботу виконувати прецизійні завдання з високою якістю.

Програмованість: Робот можна програмувати за допомогою різних мов програмування та інтерфейсів, що надає багато варіантів для його інтеграції в системи автоматизації та управління виробництвом.

Робот KR 10 R1100-2 від KUKA Robotics є надійним, гнучким та продуктивним рішенням для промислових застосувань, де потрібно здійснювати швидке транспортування, складання та маніпулювання вантажами. Його передові функції та програмованість дозволяють пристосувати його до різних виробничих потреб і покращити ефективність виробничих процесів.



Рисунок 4 – KR 10 R1100-2

KR 6 R900-2 — ще один тип промислового робота від KUKA Robotics, що належить до серії KR AGILUS. Цифра «6» у назві означає, що максимальна вантажопідйомність робота становить 6 кг (13,2 фунта). Буква «R» вказує на те, що це вертикально шарнірний робот, а «900» вказує на максимальний радіус дії руки робота, який становить 900 мм (35,4 дюйма). Подібно до KR 10 R1100-2, «-2» у назві означає, що це модель другого покоління робота KR 6 R900. Цей робот призначений для складання дрібних деталей, обробки та пакування, а також має високу повторюваність і точність. Він також оснащений різними датчиками та програмним забезпеченням для забезпечення безпечної та ефективної роботи. Як і інші роботи KUKA, його можна програмувати за

допомогою різних мов програмування та інтерфейсів для задоволення конкретних промислових потреб.

Основні особливості KR 6 R900-2 включають:

Вантажопідйомність: Робот може піднімати вантажі вагою до 6 кг (13,2 фунта), що робить його ідеальним для обробки і складання дрібних деталей та компонентів.

Радіус дії: Рука робота має максимальний радіус дії 900 мм (35,4 дюйма), що дозволяє роботу маніпулювати об'єктами в обмеженому просторі.

Висока повторюваність та точність: Робот володіє високою повторюваністю рухів і точністю позиціонування, що дозволяє йому виконувати завдання з високою якістю і надійністю.

Забезпечення безпеки: Робот оснащений датчиками безпеки і програмним забезпеченням, що дозволяють забезпечити безпечну роботу в промислових умовах та уникнути колізій з людьми або оточуючими предметами.

Гнучкість програмування: Робот можна програмувати за допомогою різних мов програмування та інтерфейсів, що дозволяє легко налаштовувати його для виконання різноманітних завдань в залежності від потреб виробництва.

KR 6 R900-2 є надійним і продуктивним роботом, який забезпечує ефективну автоматизацію процесів складання, пакування та обробки в промислових умовах.



Рисунок 5 – KR 6 R900-2

KR 6 R900-2 та попередній маніпулятор, як KR 10 R1100-2, мають свої унікальні характеристики та переваги, які можуть залежати від конкретних вимог і потреб виробництва. Ось деякі аспекти, в яких KR 6 R900-2 може бути кращим:

Вантажопідйомність: KR 6 R900-2 має максимальну вантажопідйомність 6 кг, що робить його більш підходящим для роботи з дрібними деталями і компонентами, в порівнянні з KR 10 R1100-2, який має максимальну вантажопідйомність 10 кг. Таким чином, якщо вам потрібен робот для менших вантажів, то KR 6 R900-2 може бути оптимальним вибором.

Радіус дії: KR 6 R900-2 має максимальний радіус дії 900 мм, що означає, що він може працювати в обмеженому просторі, де потрібен маніпулятор з компактними розмірами і невеликим радіусом дії. У порівнянні з цим, KR 10 R1100-2 має більший радіус дії 1100 мм, що може бути корисним для завдань, де потрібно досягти віддалених місць.

Висока повторюваність і точність: Обидва роботи, KR 6 R900-2 і KR 10 R1100-2, володіють високою повторюваністю і точністю рухів, але точні характеристики можуть відрізнятися в залежності від конкретної моделі та застосування. Важливо враховувати вимоги до точності та повторюваності при виборі маніпулятора для конкретного завдання.

Враховуючи всі вищезазначені фактори, вибір між KR 6 R900-2 та KR 10 R1100-2 залежить від конкретних потреб вашого виробництва, розміру та ваги об'єктів, які потрібно маніпулювати, а також від умов простору, в якому буде використовуватися робот.

ВИСНОВКИ

Маніпулятори є важливою та актуальною темою в сучасному технічному світі. Історія розвитку маніпуляторів сягає далеко назад, починаючи з простих механічних пристроїв, що використовувалися для виконання простих завдань. З плином часу та зростанням технологій, маніпулятори стали більш складними та універсальними, здатними виконувати різноманітні завдання у різних галузях, включаючи промисловість, медицину, науку та інші.

Актуальність теми полягає в тому, що автоматизовані системи керування маніпуляторами сприяють підвищенню продуктивності, точності та безпеки процесів у виробництві та інших сферах. Вони забезпечують швидку та ефективну роботу, здатну виконувати завдання, які можуть бути небезпечними або складними для людей. Крім того, розвиток автоматизованих систем керування маніпуляторами є важливим кроком у напрямку розумних фабрик та майбутнього роботизованого світу.

Розробка автоматизованих систем керування маніпуляторами вимагає великого обсягу досліджень, інженерних знань та технологічних досягнень. Це включає розробку електроніки, програмного забезпечення, кінематичних моделей, алгоритмів керування та багато іншого. Сучасні системи керування маніпуляторами використовують різні технології, такі як сенсори, штучний інтелект, машинне навчання та хмарні обчислення, що робить їх ще більш потужними та гнучкими.

Приклади маніпуляторів включають робототехнічні системи для заводів зі збірки та виробництва, хірургічні роботи для медичних процедур, роботизовані системи для досліджень та науки, а також роботи-помічники у побуті. Кожен з цих прикладів використовує маніпулятори з різними характеристиками та функціональністю, пристосовані до конкретних завдань та вимог.

Усі ці аспекти показують, що маніпулятори є важливим елементом сучасної технології. Вони відіграють значну роль у поліпшенні ефективності та автоматизації різних сфер діяльності. Продовження досліджень та розвиток автоматизованих систем керування маніпуляторами приведе до подальшого прогресу і досягнень у цій галузі.

ФОРМУВАННЯ СХЕМ ПРИНЦИПУ РОБОТИ, ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ, РОЗРОБКА МОДЕЛІ, ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОЇ ЛАНКИ ТА ФОРМУВАННЯ КОДУ

2.1 Функціональна схема

Функціональна схема - це графічне представлення логічного або фізичного зв'язку між елементами системи. Вона дозволяє зрозуміти, як працює система в цілому, тобто відображає процеси, які відбуваються в системі і взаємодію між її компонентами.

Функціональні схеми є потужним інструментом для проектування, аналізу та вдосконалення систем. Вони допомагають інженерам і дизайнерам зрозуміти взаємодію компонентів системи, виявляти можливі помилки або недоліки та здійснювати необхідні зміни для поліпшення роботи системи. Також функціональні схеми можуть використовуватися для комунікації між різними сторонами, що працюють над системою, та узгодження специфікацій та вимог до системи.

Функціональні схеми застосовуються в електроніці, програмуванні, механіці та інших галузях техніки. Вони дозволяють легко спроектувати, зрозуміти та аналізувати складні системи.

Функціональна схема складається з блоків, які представляють окремі компоненти системи, та стрілок, які вказують напрямок потоку даних або сигналів між блоками. Кожен блок має входи та виходи, які показують, які сигнали входять та виходять з блоку.

Функціональна схема (Рис.1) дозволяє детально проаналізувати систему та зрозуміти, які компоненти взаємодіють між собою. Вона допомагає знайти помилки та недоліки у системі, а також виправити їх.

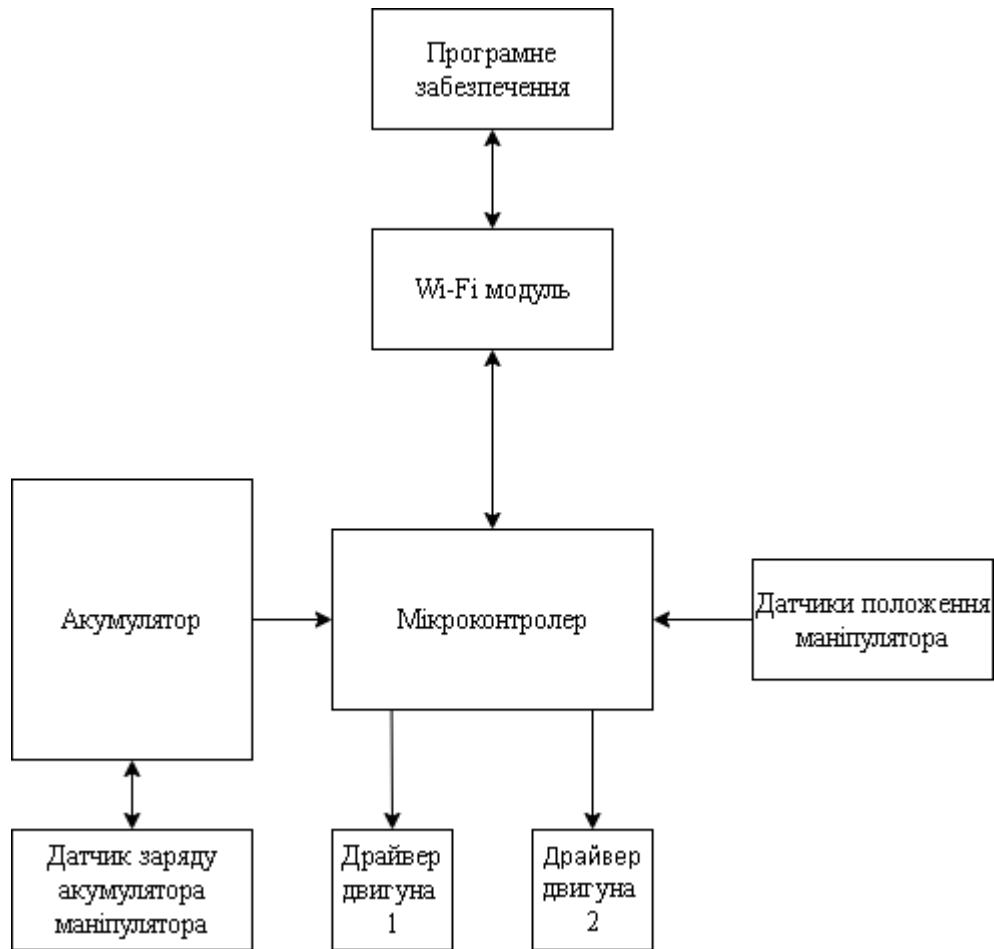


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи керування маніпулятором через мобільний застосунок

У випадку з даною системою автоматизованого керування маніпулятором через мобільний застосунок, функціональна схема відображає взаємодію між елементами, які були розглянуті раніше, такі як датчики положення маніпулятора, датчик заряду акумулятора маніпулятора, драйвери для керування виконавчими механізмами маніпулятора, Wi-Fi модуль, мікроконтролер та програмне забезпечення. Функціональна схема дозволяє досліджувати і аналізувати взаємодію елементів системи, знаходити проблеми та вирішувати їх.

2.2 Схема алгоритму

Схема алгоритму - це графічне представлення послідовності операцій або кроків, які потрібно виконати для вирішення конкретної задачі. Вона складається з блоків (або елементів), які представляють певні операції, та стрілок, що з'єднують блоки та вказують напрямок виконання дій.

Схеми алгоритмів є необхідними для вирішення різноманітних завдань, де потрібно послідовно виконувати певні операції, наприклад, у системах керування, програмуванні, аналізі даних тощо. Вони допомагають визначити послідовність дій, визначити умови ітерацій, оптимізувати виконання процесів та забезпечувати більш ефективну і точну роботу системи.

Завдяки схемам алгоритмів можна легко розробляти та відлагоджувати складні програмні продукти, розуміти та аналізувати роботу складних систем, використовувати різноманітні алгоритми в різних сферах життя.

В контексті даної системи, схема алгоритму (Рис.2) може бути створена для керування маніпулятором. Наприклад, така схема може містити послідовність дій, що включають в себе зчитування даних з датчиків положення маніпулятора, відправлення цих даних на телефон через Wi-Fi модуль, отримання команд від користувача на телефоні, обробку цих команд на мікроконтролері та подальше керування драйверами виконавчих механізмів маніпулятора для досягнення відповідної позиції маніпулятора. Схема алгоритму може допомогти краще розуміти послідовність дій та виявити можливі проблеми в роботі системи.

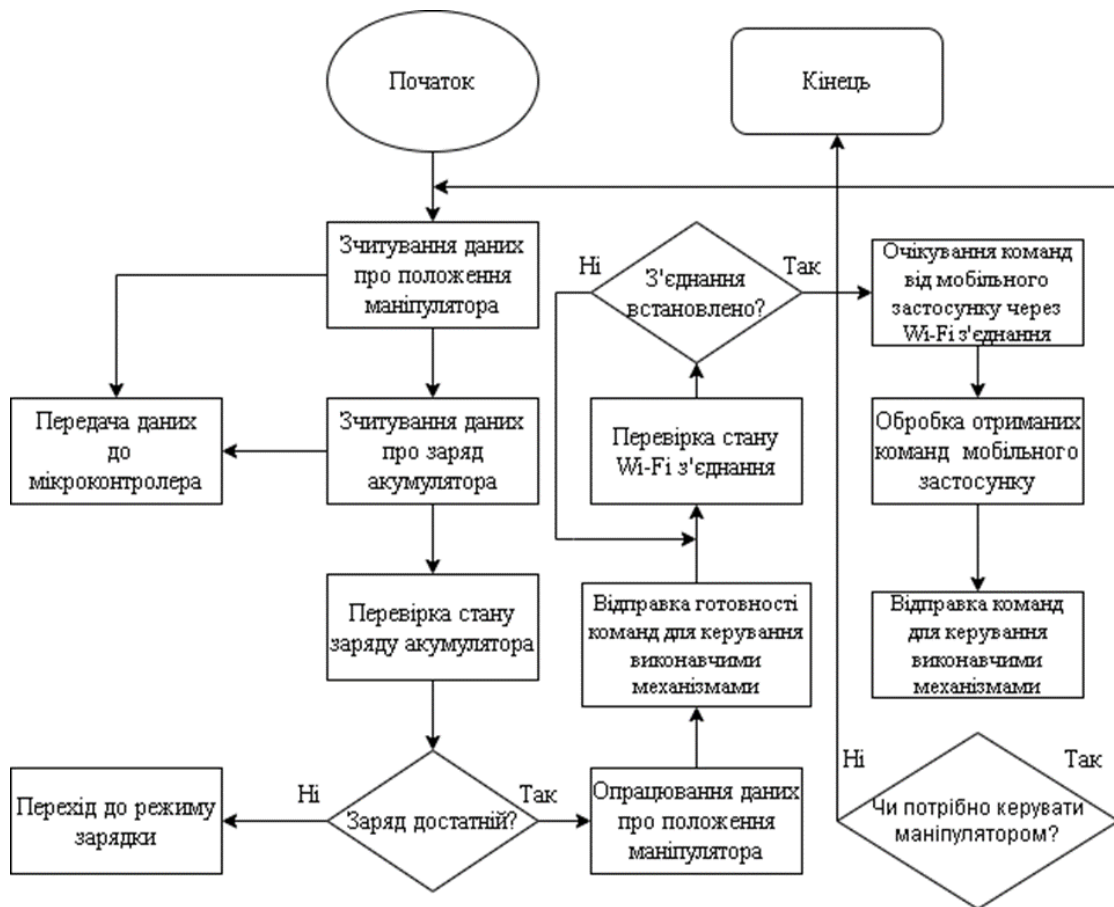


Рисунок 2.2 – Схема алгоритму системи керування

У даній системі функціональна схема показує взаємозв'язок між різними компонентами, такими як мікроконтролер, датчики, драйвери, Wi-Fi модуль, програмне забезпечення, схеми зарядки та захисту акумулятора. Вона показує, як ці компоненти взаємодіють між собою та яким чином контролюється робота маніпулятора.

2.3 Опис блоків системи керування маніпулятором від мобільного застосунка

2.3.1 Мікроконтролер

Мікроконтролери – це інтегральні мікросхеми з вбудованим процесором, пам'яттю та периферійними пристроями, призначені для керування різноманітними електронними системами. Вони зазвичай використовуються у

вбудованих пристроях, таких як домашній електроприлади, автомобільна електроніка, промислові контролери, медична техніка, робототехніка та інші[8].

Мікроконтролери можуть мати різні архітектури та набори команд, але в основі всіх вони мають процесор, який виконує інструкції з програми, розміщеної в пам'яті. У більшості мікроконтролерів є різні види пам'яті, такі як ROM, RAM, EEPROM, Flash-пам'ять, що використовуються для зберігання програмного коду, змінних, даних та налаштувань.

Мікроконтролери можуть мати різні типи виведення/вводу, які дозволяють взаємодіяти зі світом зовнішніх пристроїв та сенсорів. Для керування різноманітними пристроями, які вимагають високої точності, такими як сервомотори, потрібні додаткові периферійні пристрої, такі як таймери та лічильники[9].

Мікроконтролери можуть працювати з різними інтерфейсами зв'язку, такими як UART, I2C, SPI, CAN, USB та Ethernet, що дозволяє взаємодіяти зі світом інших пристроїв та мереж.

Для програмування мікроконтролерів зазвичай використовують мови програмування високого рівня, такі як C, C++, Python та інші, а також спеціальні середовища розробки, які дозволяють зручно програмувати та налагоджувати роботу.

Для даної системи було обрано мікроконтролер на базі Arduino Mega. Arduino Mega - це мікроконтролер з серії Arduino, який відрізняється від Arduino Uno більшою кількістю GPIO-пінів, більшою кількістю пам'яті та потужнішим процесором.

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
 3D-модельовання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка

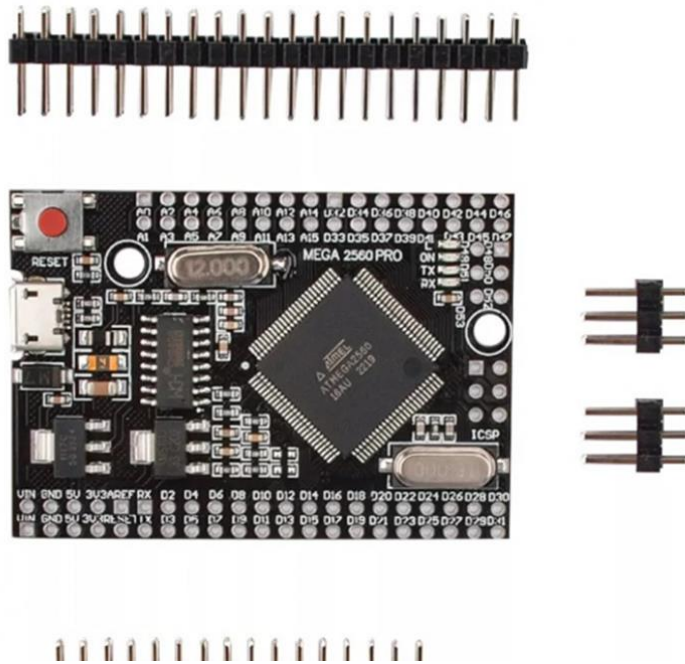


Рисунок 2.3 – ATmega2560

Основні технічні характеристики Arduino Mega:

- Мікроконтролер: ATmega2560
- Робоча напруга: 5В
- Вхідна напруга (рекомендована): 7-12В
- Вхідна напруга (максимум): 6-20В
- Цифрові GPIO-піни: 54 (з них 14 можуть бути використані як ШІМ-виходи)
- Аналогові входи: 16
- Пам'ять Flash: 256 кбайт
- Оперативна пам'ять (RAM): 8 кбайт
- EEPROM: 4 кбайт

Також важливо зазначити, що Arduino Mega має можливість підключення до Інтернету за допомогою модуля Ethernet або Wi-Fi, що дозволить використовувати його для розробки проектів, які потребують зв'язку з Інтернетом.

2.3.2 Вибір WiFi модуля

WiFi модуль - це пристрій, який дозволяє підключати пристрої до мережі бездротового зв'язку WiFi. Це може бути корисно в різних застосуваннях, таких як збір і передача даних, віддалене керування пристроями, IoT та інші.

WiFi модулі можуть мати різні інтерфейси, такі як SPI, UART або USB, і підтримувати різні версії протоколу WiFi, такі як 802.11b/g/n/ac. Вони можуть бути змонтовані безпосередньо на плату пристрою або бути окремими пристроями, які підключаються до пристрою через роз'єм.

Деякі популярні WiFi модулі, які підійдуть до мікроконтролера ATmega2560 та до системи керування маніпулятором, включають ESP8266, ESP32, CC3000, CC3200 та інші. Ці модулі можуть бути програмовані за допомогою різних мов програмування, таких як C++, Python, Lua, Arduino і інші.

Вибір конкретного WiFi модулю залежить від потреб системи та відомостей про технічні характеристики та можливості модулів. Для більш складних застосувань, може бути корисним використовувати WiFi модулі з підтримкою SSL/TLS, OTA-оновлення, вбудованої пам'яті та інших функцій.

Для даної системи було обрано WiFi модуль ESP8266. ESP8266 - це невеликий WiFi модуль, що використовується для забезпечення бездротового зв'язку в пристроях Інтернету Речей (IoT). Цей модуль є надійним та простим у використанні, а його вартість досить низька.

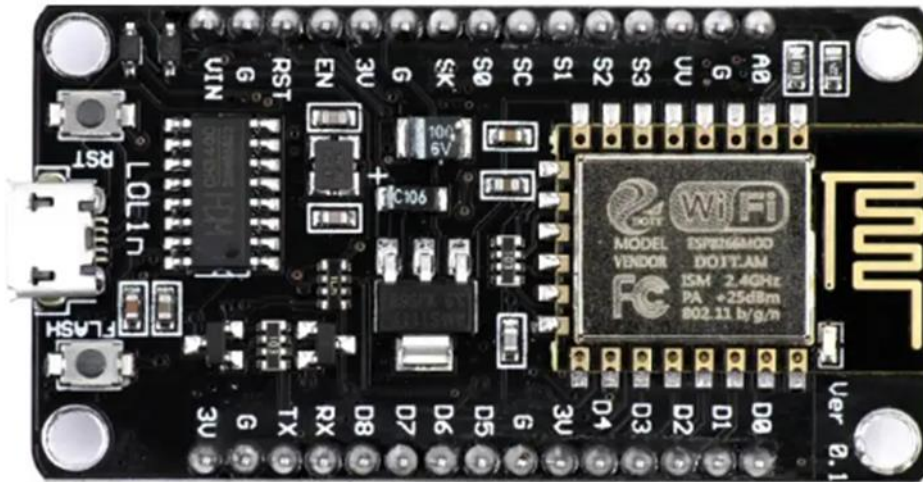


Рисунок 2.4 – WiFi модуль ESP8266

ESP8266 має наступні технічні характеристики:

- Мікроконтролер: Tensilica Xtensa L106
- Частота процесора: 80 MHz
- Оперативна пам'ять: 80 КБ
- Flash-пам'ять: 1 МБ
- Інтерфейси: UART, SPI, I2C, GPIO
- Підтримка стандартів WiFi: 802.11 b/g/n
- Робоча напруга: 3.3 В

ESP8266 може бути використаний як модуль WiFi для мікроконтролерів, таких як ATmega2560, що використовується в Arduino Mega. Цей модуль забезпечує бездротове підключення до Інтернету, що є корисним у випадку, коли пристрій повинен отримувати або відправляти дані через мережу WiFi.

ESP8266 також має вбудований мікроконтролер, що дозволяє використовувати його як самостійний контролер. Для програмування ESP8266 можна використовувати різні мови програмування, такі як C++, Python, Lua, JavaScript тощо.

2.3.3 Вибір датчику заряду акумулятора

Датчики заряду акумуляторів - це електронні пристрої, які вимірюють струм та напругу акумулятора і відображають інформацію про стан заряду або розряду. У системі керування маніпулятором, датчик заряду акумулятора є важливим елементом, що дозволяє контролювати стан заряду акумулятора і забезпечує безпеку його роботи[10].

Датчик заряду акумулятора може вимірювати струм заряду або розряду акумулятора, а також напругу на акумуляторі. Такі датчики можуть бути напівпровідниковими, оптичними або індуктивними. Напівпровідникові датчики використовуються для вимірювання струму, тоді як оптичні датчики вимірюють напругу та струм. Індуктивні датчики вимірюють магнітне поле акумулятора і перетворюють його на сигнал, який можна використовувати для вимірювання струму або напруги.

Один з прикладів датчика заряду акумулятора, який можна використовувати в системі керування маніпулятором, це модуль TP4056. Він має дуже просту схему, включає два діода та резистори, і може заряджати літій-іонні акумулятори з напругою від 3,6 до 4,2 В та ємністю від 500 мАг до 1000 мАг. Він має захист від перезаряду, короткого замикання та перевантаження, що забезпечує безпечну роботу системи керування маніпулятором[10]. Даний датчик може підключатися до мікроконтролера за допомогою аналогових входів або вхідних/вихідних портів (GPIO) і дозволяє контролювати рівень заряду акумулятора в режимі реального часу. Завдяки цьому можна вчасно виявляти, коли заряд акумулятора падає до небезпечного рівня, і запобігти його повному розряду. Крім того, датчик заряду дозволяє відслідковувати процес зарядки акумулятора та контролювати струм зарядки, щоб уникнути його перезаряду.

У системі керування роботом датчик заряду акумулятора допомагає забезпечити стабільну роботу маніпулятора, оскільки недостатній рівень заряду акумулятора може призвести до зупинки робота в найбільш непередбачувані моменти. Також, він дозволяє програмі керування роботом планувати час зарядки акумулятора, щоб уникнути перезавантаження системи через недостатню зарядку акумулятора.

Для вимірювання заряду акумулятора можна використовувати аналогові датчики напруги, такі як модуль ACS712, або цифрові датчики, такі як модуль INA219. Обидва модулі можуть працювати з мікроконтролером ATmega2560 та мають можливість передачі даних через I2C інтерфейс.

Модуль ACS712 має вбудований зміщення нуля та може вимірювати струм до 5 А з точністю 0,5%. Модуль INA219 також має вбудований зміщення нуля, але може вимірювати напругу та струм з точністю до 1%, а також має функцію автоматичного відключення для захисту від перезавантаження.

Обираючи датчик заряду акумулятора для системи, варто звернути увагу на необхідну точність вимірювання та можливості передачі даних.

INA219 є ідеальним рішенням для вимірювання напруги та струму в системі керування роботом, особливо для вимірювання струму, який проходить через драйвери керування виконавчими механізмами маніпулятора. Даний інтегральний схема має дуже високу точність вимірювання, а також можливість вимірювати як напругу, так і струм на одному і тому ж чіпі.

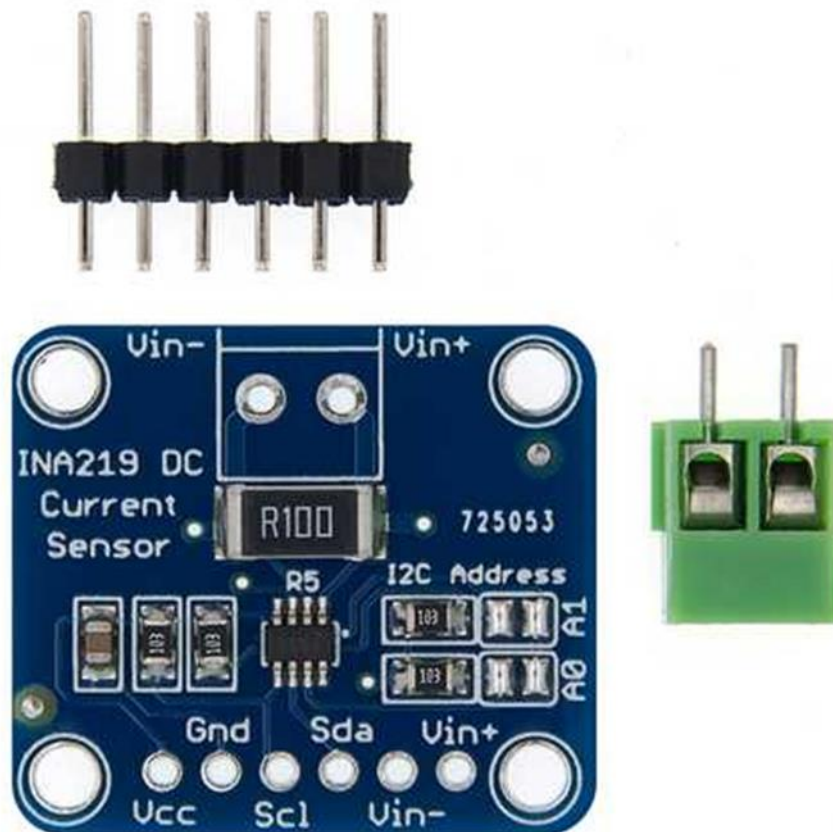


Рисунок 2.5 – INA219

Технічні характеристики INA219:

- Вимірювана напруга: 0-26 В
- Вимірюваний струм: -3.2 А до 3.2 А (можна збільшити до 10 А з допомогою зовнішнього резистора)
- Точність вимірювання напруги: $\pm 1\%$
- Точність вимірювання струму: $\pm 1\%$
- Інтерфейс зв'язку: I2C або SPI

Завдяки своїм технічним характеристикам, INA219 дозволяє вимірювати напругу та струм в режимі реального часу і передавати цю інформацію мікроконтролеру для подальшого аналізу та обробки. Використання INA219 допомагає забезпечити стабільну та точну роботу роботи, а також дозволяє контролювати стан заряду акумулятора.

2.3.4 Вибір датчику положення маніпулятора

Датчик положення маніпулятора - це пристрій, який визначає положення кінцевої точки маніпулятора в просторі. Він може бути залучений у різноманітні застосування, де необхідно точно знати положення кінця маніпулятора, наприклад, у виробництві, автоматизації процесів та робототехніці.

Датчики положення маніпулятора зазвичай працюють за принципом вимірювання кутового або лінійного переміщення. Кутові датчики вимірюють кут повороту кінця маніпулятора, а лінійні - відстань, на яку він зміщується. У деяких датчиків можуть бути обидва типи вимірювання.

Датчики положення маніпулятора можуть бути контактними або безконтактними[11]. Контактні датчики вимірюють положення кінця маніпулятора за допомогою механічного дотику, тоді як безконтактні датчики використовують технології, такі як оптичні, магнітні або електричні сенсори.

Датчики положення маніпулятора допомагають системі керування точно визначати положення кінця маніпулятора, що є важливим у процесі керування рухом маніпулятора. Вони забезпечують точне виконання рухів, а також підтримують безпеку роботи, уникнення зіткнень і перешкод.

Для цієї системи керування можна використовувати датчики положення, які передають дані відносно положення маніпулятора у вигляді електричного сигналу. Найпоширенішими типами датчиків положення є оптичні, магнітні та потенціометричні датчики.

Оптичні датчики положення працюють на основі інфрачервоних променів, які відбиваються від поверхні маніпулятора. Магнітні датчики положення вимірюють зміну магнітного поля, що виникає поблизу магніту, вбудованого в маніпуляторі. Потенціометричні датчики вимірюють зміну опору при зміні положення маніпулятора.

Один з можливих варіантів датчика положення, який можна використовувати у цій системі, - це потенціометричний датчик типу Bourns PTV12010. Цей датчик має діапазон вимірювання 0-270 градусів і має високу точність вимірювання. Також він має компактний розмір і просту установку, що робить його зручним у використанні.

Отже, датчики положення маніпулятора є необхідним елементом у системі керування роботом, оскільки вони забезпечують точне визначення положення маніпулятора та допомагають уникнути нещасних випадків. Різні типи датчиків мають свої переваги та недоліки, тому вибір датчика повинен бути зроблений з урахуванням специфіки роботи та його завдань[11].

Один з прикладів датчика положення маніпулятора, який може підійти до системи з ATmega2560, - це контактний кутовий датчик Bourns 3590S. Він здатний вимірювати кути повороту від 10 до 360 градусів з точністю до 0,5 градуса, має високу стійкість до зносу та шумів і може працювати в різних умовах середовища.

Bourns 3590S (Рис.6) є датчиком положення, який допомагає визначати точне положення маніпулятора у системі керування. Він може бути використаний для вимірювання кутового положення рухомого механізму в діапазоні від 0 до 360 градусів.

Цей датчик має високу точність вимірювання, яка досягає 0,25%, а також довгу експлуатаційну довговічність - більше 10 мільйонів циклів. Він має діаметр корпусу 54 мм і може бути підключений до системи керування за допомогою 3-х контактів, які забезпечують передачу сигналів.

Bourns 3590S також має захист від пилу та вологи, що дозволяє використовувати його в різних умовах експлуатації. Крім того, він може бути легко налаштований та калібрований для виконання певних завдань у системі керування маніпулятором.



Рисунок 2.6 – Bourns 3590S

2.3.5 Вибір драйверу двигуна

Драйвер двигуна - це електронний пристрій, що використовується для керування електродвигуном. В основному вони використовуються в системах автоматизації, робототехніці, машинобудуванні та інших галузях.

Для ефективного керування електродвигунами використовуються два основних типи драйверів - польові транзистори та біполярні транзистори. Для керування більшими потужностями використовуються модулі драйверів, що містять декілька транзисторів[11].

Для підключення двигуна до драйвера використовуються різні інтерфейси, такі як PWM, SPI, UART або I2C, залежно від типу драйвера. Крім того, деякі драйвери мають додаткові функції, такі як захист від перевантаження, збійного струму та замикання.

Один з найпопулярніших драйверів двигуна на ринку - це L298N. Він може керувати двома двигунами одночасно та має додаткові функції, такі як захист від перевантаження та тепловий захист. До його інтерфейсів входять PWM та дискретні сигнали.

Інший популярний драйвер двигуна - це DRV8825, який може керувати одним кроковим двигуном або двома постійними струмами. Він також має додаткові функції, такі як мікрокрокове керування та захист від перевантаження.

Загалом, вибір драйвера двигуна залежить від потужності та типу двигуна, який використовується в системі, а також від додаткових функцій, які можуть знадобитися в конкретній системі.

Існує багато різних драйверів двигуна, які можуть бути сумісні з ATmega2560 та іншими мікроконтролерами. Однак, при виборі драйвера, необхідно звернути увагу на деякі технічні характеристики, такі як максимальна потужність, максимальний струм, керування режимом сну та інші функції.

Один з прикладів драйвера двигуна, що може бути сумісний з ATmega2560 - це Pololu A4988. Він підтримує керування двигуном крокового типу з максимальним струмом до 2 амперів на фазу і має можливість вибору мікрокрокування від 1 до 16 кроків на крок.

Також існують інші драйвери двигуна, які можуть бути сумісні з ATmega2560, такі як DRV8825, L298N, TB6600 та багато інших. Вибір драйвера залежить від конкретних потреб проекту та технічних вимог до системи керування.

Для даної системи було обрано драйвер DRV8825. DRV8825 - це драйвер крокового двигуна, який допоможе управляти кроковими двигунами у системі керування. Основна функція DRV8825 - це забезпечення точного та швидкого руху крокового двигуна в потрібному напрямку зі змінною швидкістю та кутом повороту. DRV8825 має широкий діапазон робочої напруги від 8,2 до 45 В та може постачати струм до 2,5 А на фазу.

Цей драйвер може бути підключений до ATmega2560 за допомогою простих з'єднувальних елементів, що дозволяє керувати кроковими двигунами з будь-якої точки системи. DRV8825 також підтримує мікрокрокове керування, що дозволяє забезпечити більш точний рух крокового двигуна. Крім того, він має вбудовану захист від перегріву, перевантаження та короткого замикання, що забезпечує безпеку системи.

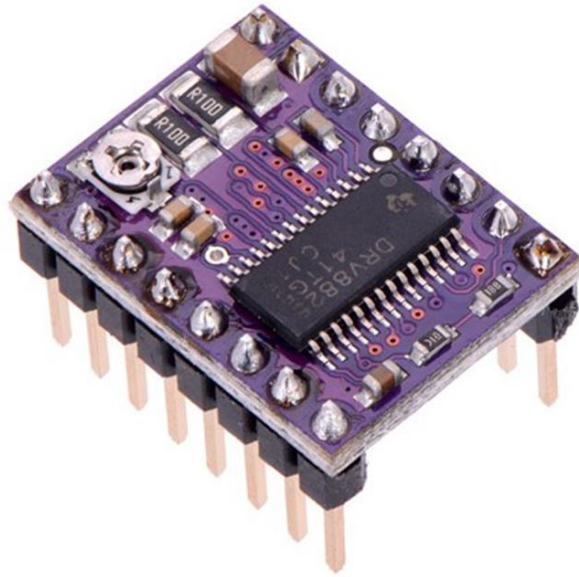


Рисунок 2.7 – DRV8825

Іншою важливою функцією DRV8825 є його здатність працювати з високими частотами крокування, що дозволяє досягти високої швидкості руху крокового двигуна. DRV8825 також має можливість вибору мікрокрокового розділення, що дозволяє підібрати оптимальний режим керування для конкретної задачі.

Отже, DRV8825 є ідеальним вибором драйвера крокового двигуна для системи керування, яка використовує ATmega2560. Він має широкі можливості керування кроковим двигуном, забезпечує безпеку системи та може працювати з високими частотами крокування, що дозволяє досягти високої швидкості руху крокового двигуна.

2.4 Електрично принципові схеми та розрахунки

Електрична принципова схема (або просто електрична схема) - це графічне зображення електричної системи або пристрою, яке показує, які компоненти складають систему і як вони зв'язані між собою електричними з'єднаннями.

Електрична схема використовується для зображення топології і функцій системи, що дозволяє розуміти, як вона працює та які є її можливості.

На електричній схемі компоненти системи зображаються у вигляді електричних символів, таких як резистори, конденсатори, транзистори, діоди, індуктивності тощо. З'єднання між компонентами показуються лініями, які можуть мати різний стиль залежно від типу з'єднання (наприклад, прямі лінії для провідників, переривчасті лінії для конденсаторів).

Електричні схеми використовуються в різних галузях, де необхідно проектувати та аналізувати електричні системи, такі як електроніка, автомобільна промисловість, промисловість енергозбереження, сонячні батареї, промисловість автоматизації та контролю тощо.

Для створення електричної схеми можна використовувати різні інструменти, такі як комп'ютерні програми для проектування електроніки, спеціальні блокноти або навіть просто папір і олівець. Важливою складовою створення електричної схеми є правильне підписування компонентів та з'єднань для того, щоб зрозуміти, що саме зображено на схемі.

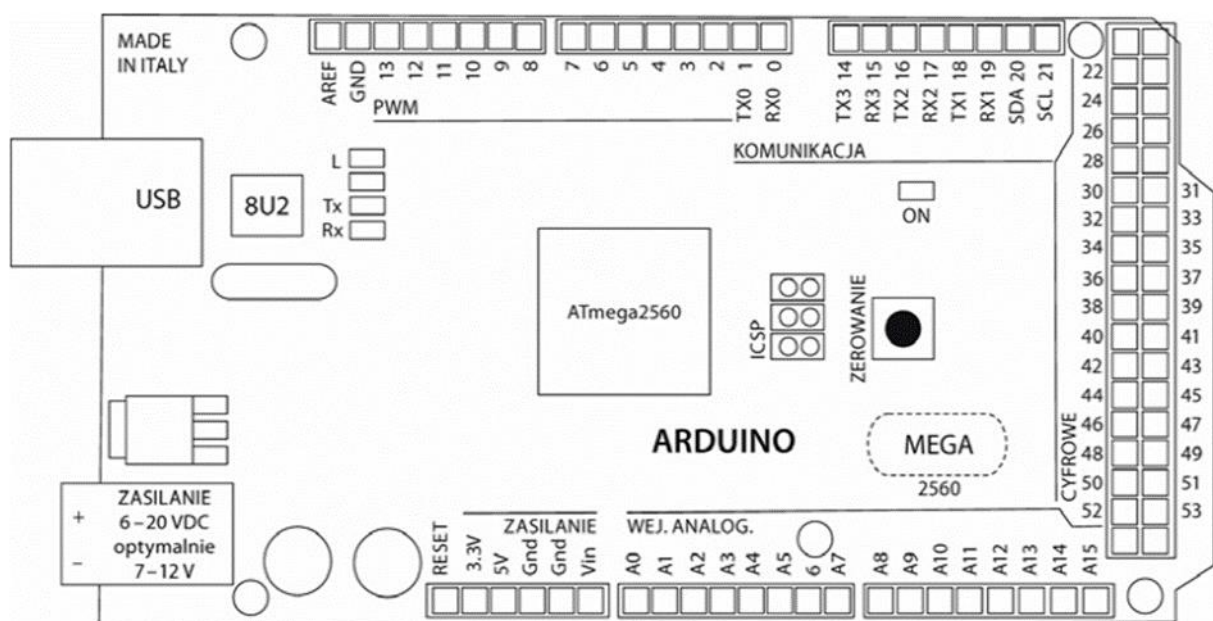


Рисунок 2.8 – Схема Atmega2560[3]

Якщо потрібно зробити розрахунки на мікроконтролері ATmega2560, то зазвичай це пов'язано з операціями з числами. Наприклад, для розрахунку напруги на аналоговому вході мікроконтролера використовується формула:

$$V = (ADC * V_{ref}) / 1024$$

де ADC - значення, отримане з аналогового входу мікроконтролера, V_{ref} - опорна напруга, встановлена на мікроконтролері.

Також можна виконувати арифметичні операції з числами, наприклад:

- додавання: $a + b$
- віднімання: $a - b$
- множення: $a * b$
- ділення: a / b

Також, на мікроконтролері можна використовувати бібліотеки, які дозволяють виконувати розрахунки більш складних функцій, наприклад, обчислення тригонометричних функцій, експоненції, логарифмів та інших математичних операцій.

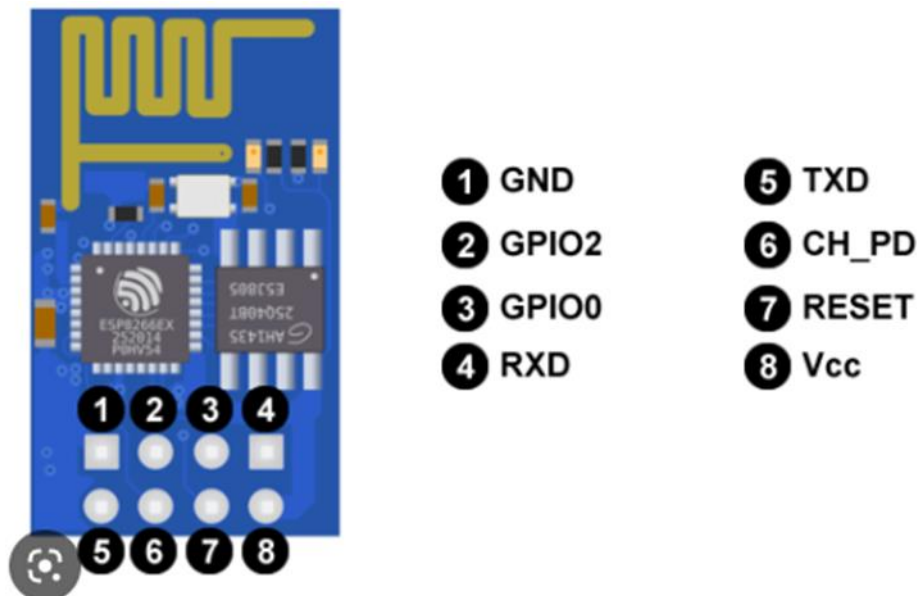


Рисунок 2.9 – Схема esp8266

Одним з основних завдань ESP8266 як WiFi модуля є передача даних через мережу WiFi. Для розрахунку швидкості передачі даних можна використовувати наступну формулу:

Швидкість передачі даних = пропускна здатність * лінійна швидкість передачі даних

Пропускна здатність - це максимальна кількість даних, яку може передати мережа за одиницю часу. Зазвичай вона вимірюється в бітах на секунду (bps).

Лінійна швидкість передачі даних - це швидкість передачі даних між двома точками в мережі. Вона зазвичай вимірюється в кілобітах на секунду (kbps) або мегабітах на секунду (Mbps).

Наприклад, якщо максимальна пропускна здатність мережі WiFi становить 50 Mbps, а лінійна швидкість передачі даних між двома пристроями - 20 kbps, то швидкість передачі даних буде:

Швидкість передачі даних = 50,000,000 bps * 20,000 kbps = 1,000,000,000 бітів в секунду або 1 Гбіт/с.

Крім того, для розрахунку енергоспоживання ESP8266 можна використовувати формулу:

Енергоспоживання = напруга * струм * час

Напруга та струм - це значення, які визначаються споживачем. Час вимірюється в секундах.

Наприклад, якщо напруга становить 3,3 В, струм - 100 мА, а час - 5 годин, то енергоспоживання буде:

Енергоспоживання = 3,3 В * 0,1 А * 18000 с = 59,4 Дж.

Ці формули та розрахунки можуть бути корисні при розробці проекту на основі ESP8266. Однак, важливо пам'ятати, що конкретні значення можуть змінюватися в залежності від конкретного застосування та умов.

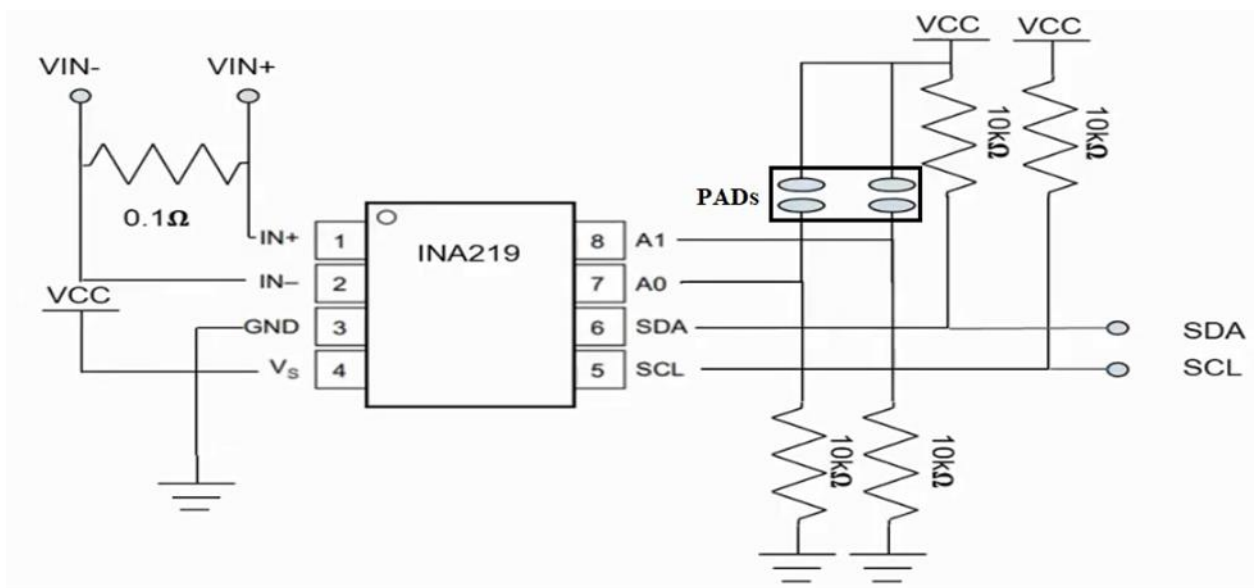


Рисунок 2.10 – Схема INA219[4]

INA219 - це датчик струму та напруги, який може вимірювати до 26 В та до 3,2 А. Це дозволяє йому вимірювати потужність, що споживається електричними пристроями. Інформація, отримана з INA219, може бути корисною для моніторингу та управління електроживленням, а також для вимірювання ефективності різних електронних пристроїв.

Для розрахунку потужності використовується формула:

$$P = V \times I$$

де P - потужність, V - напруга, I - струм.

Для розрахунку опору навантаження можна використовувати формулу
 Ома:

$$R = V / I$$

де R - опір навантаження, V - напруга, I - струм.

Також INA219 має вбудовану пам'ять, що дозволяє зберігати налаштування та історичні дані, які можна використовувати для подальшого аналізу.

Bourns 3590S - це потенціометр з програмованою лінійкою, який може бути використаний для вимірювання кутового положення маніпулятора або іншого рухомого елемента системи.

Одна з основних формул для потенціометрів - це визначення опору відносно положення на лінійці:

$$R = R_{total} * (\text{angle} / 360)$$

де R_{total} - загальний опір потенціометра, angle - кутове положення на лінійці.

Також можна використовувати цей потенціометр для створення делікатного джойстика. Для цього можна визначити середнє значення опору, а потім вимірювати відхилення від цього значення в обох напрямках.

Для використання потенціометра з програмованою лінійкою Bourns 3590S з мікроконтролером, необхідно підключити його до аналогового входу мікроконтролера та використовувати аналоговий ввідний регістр для зчитування значення опору.

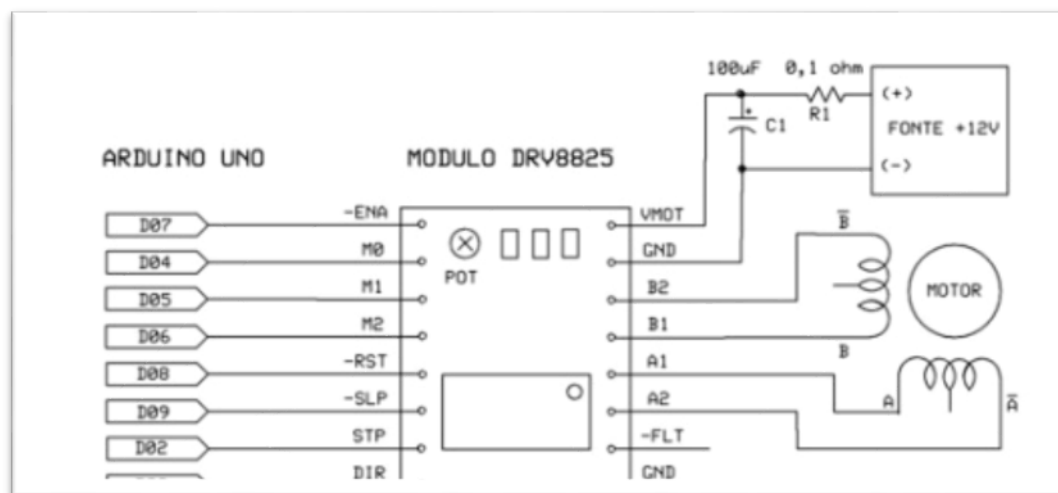


Рисунок 2.11 – Схема DRV8825[11]

DRV8825 - це драйвер крокового двигуна, який використовується для керування кроковими двигунами з високою точністю та надійністю. Ось декілька формул та можливих розрахунків, що стосуються DRV8825:

1. Розрахунок крокового кута: кроковий кут визначає кутову відстань, яку пройде вал крокового двигуна при виконанні одного кроку[12]. Для розрахунку крокового кута необхідно знати кількість кроків на повний оберт двигуна (N) та кількість градусів на повний оберт (360 градусів). Формула: Кроковий кут = $360 / N$

2. Розрахунок максимальної частоти кроків: максимальна частота кроків визначає максимальну кількість кроків, яку можна виконати за одну секунду. Для розрахунку максимальної частоти кроків необхідно знати максимальну частоту пульса від мікроконтролера, який керує DRV8825 (Fclk) та кількість мікрокроків на крок (M). Формула: Максимальна частота кроків = $Fclk / (2 * M)$

3. Розрахунок максимального кутового швидкості крокового двигуна: максимальна кутова швидкість визначається як швидкість, з якою вал крокового двигуна може рухатися на максимальну відстань за одиницю часу. Для розрахунку максимального кутового швидкості крокового двигуна необхідно знати максимальну частоту кроків (Fmax) та кроковий кут (θ). Формула: максимальна кутова швидкість = $Fmax * \theta$.

4. Розрахунок максимальної кутової прискорення крокового двигуна:

Максимальна кутова прискорення визначається як зміна кутової швидкості протягом певного інтервалу часу[13]. Якщо максимальна кутова швидкість відома, то можна визначити максимальну кутову прискорення за формулою:

$$\alpha = \omega / t$$

де α - максимальна кутова прискорення в рад/с², ω - максимальна кутова швидкість в рад/с, t - часовий інтервал в секундах.

Також можна визначити максимальну кутову прискорення, знаючи момент Інерції (I) ротора крокового двигуна, та максимальний момент на валу (M), за формулою:

$$\alpha = M / I$$

де α - максимальна кутова прискорення в рад/с², M - максимальний момент на валу в Н·м, I - момент Інерції ротора в кг·м².

Наприклад, якщо максимальна кутова швидкість крокового двигуна дорівнює 200 рад/с, а часовий інтервал, протягом якого відбувається зміна швидкості, становить 0,2 секунди, то максимальна кутова прискорення дорівнюватиме:

$$\alpha = 200 / 0,2 = 1000 \text{ рад/с}^2$$

З іншого боку, якщо момент Інерції ротора крокового двигуна дорівнює 0,01 кг·м², а максимальний момент на валу становить 0,1 Н·м, то максимальна кутова прискорення буде розраховуватись за формулою:

$$\alpha = 0,1 / 0,01 = 10 \text{ рад/с}^2.$$

Отже, максимальна кутова прискорення крокового двигуна становить 10 рад/с². Такий розрахунок допомагає визначити, наскільки швидко можна рухати кроковий двигун, щоб уникнути відмови механізму через перевищення максимальної кутової прискорення[13-15].

2.5 3D-моделювання навантаженої ланки маніпулятора

3D моделювання навантаженої ланки маніпулятора є важливим етапом в проектуванні та аналізі роботів. Воно дозволяє візуалізувати та вивчити поведінку ланки маніпулятора під навантаженням, включаючи напруги, деформації та механічні зусилля, що виникають в процесі руху.

Деякі програмні пакети для 3D моделювання, такі як Onshape, SolidWorks, CATIA, AutoCAD, Blender та інші, можуть бути використані для створення 3D моделей навантаженої ланки маніпулятора. За допомогою цих програм можна створювати детальні моделі ланок, враховуючи їх геометрію, матеріали та фізичні властивості.

Для моделювання навантаженої ланки маніпулятора можна використовувати методи скінченних елементів (Finite Element Method, FEM) або інші числові методи для аналізу механічних властивостей ланки під дією навантаження. Це дозволяє оцінити міцність, жорсткість та поведінку ланки при різних умовах роботи.

Такі моделі можуть бути корисними для визначення оптимальних параметрів ланки маніпулятора, виявлення потенційних проблем або перевірки вимог до міцності та безпеки. Вони також можуть бути використані для симуляції та віртуального тестування роботів перед їх фізичною реалізацією.

Для моделювання маніпулятора використав Onshape. Змоделював маніпулятор за допомогою якого я можу переміщувати невеликі об'єкти (Рис. 2.12).

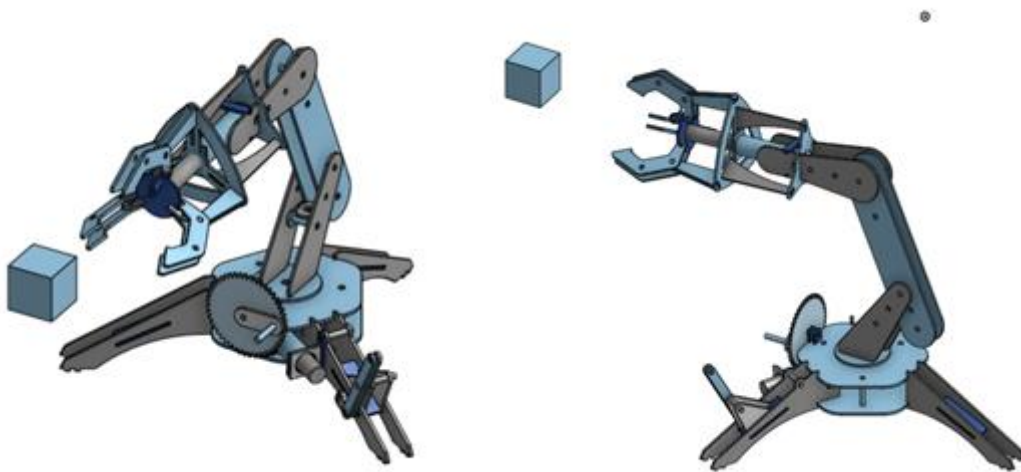


Рисунок 2.12 – 3D-модель маніпулятора

Також накреслив деталі, які є частиною мого маніпулятора, які ви можете побачити на рисунку нижче (Рис. 2.13).

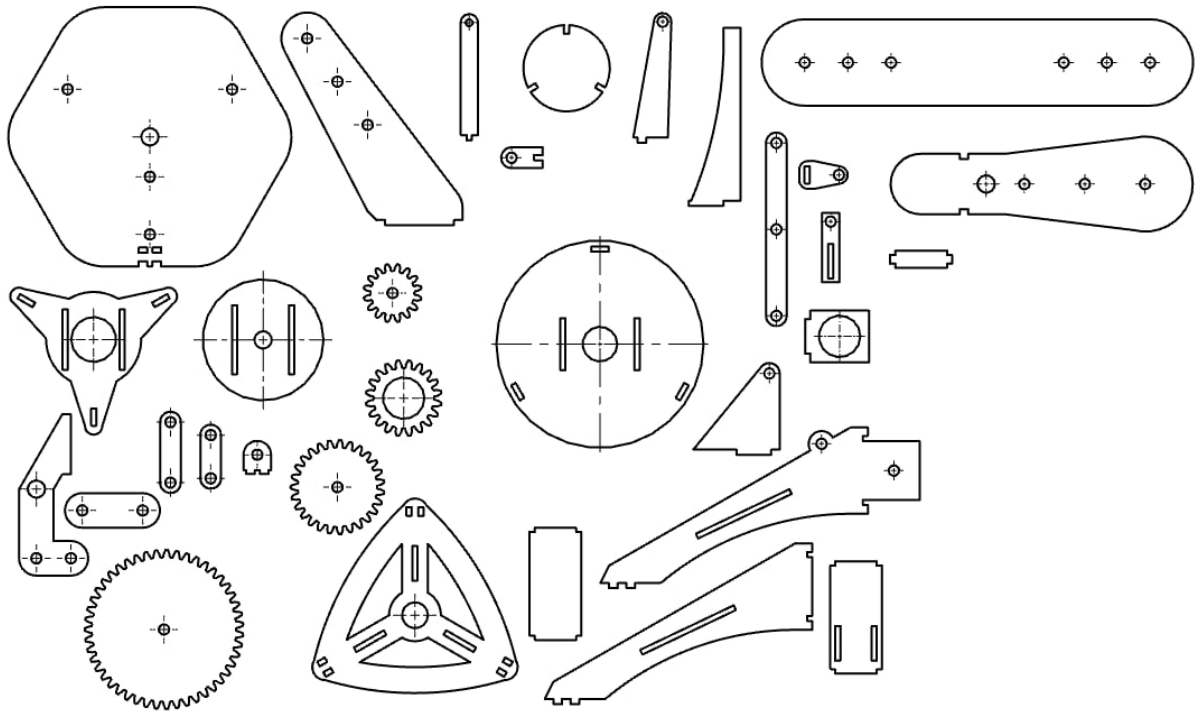


Рисунок 2.13 – Креслення деталей в просторі Onshape

Onshape є веб-платформою для 3D-моделювання та керування дизайном, яка надає можливості для створення, редагування та спільної роботи над 3D-моделями. Це хмарне програмне забезпечення CAD, яке дозволяє користувачам працювати з 3D-моделями безпосередньо у веб-браузері без необхідності встановлювати додаткове програмне забезпечення на свій комп'ютер.

Onshape пропонує широкий набір інструментів для створення складних 3D-моделей, включаючи функції моделювання ланок маніпулятора. Користувачі можуть створювати, редагувати та аналізувати геометрію ланок, встановлювати параметри руху, спостерігати за кінематикою та динамікою системи маніпулятора.

Після створення 3D-моделі ланки маніпулятора в Onshape, ви можете редагувати її параметри, визначати взаємозв'язки між ланками, встановлювати обмеження руху та аналізувати поведінку системи. Також, завдяки функції спільної роботи, ви можете запрошувати інших користувачів до свого проекту, щоб спільно працювати над ним, обмінюватися ідеями та коментарями.

CAD - це аббревіатура від "комп'ютерно-допоміжне проектування" (Computer-Aided Design). CAD використовується для створення, моделювання, аналізу та оптимізації різноманітних об'єктів і систем у віртуальному середовищі за допомогою комп'ютера. Це технологічний процес, що дозволяє інженерам, архітекторам та дизайнерам створювати точні 2D або 3D моделі об'єктів і здійснювати їх подальший аналіз та модифікацію.

CAD-системи надають широкий набір інструментів для роботи з геометричними формами, розмірами, матеріалами, фізичними властивостями та іншими характеристиками об'єктів. За допомогою CAD можна створювати детальні креслення, виконувати віртуальний аналіз навантаження, визначати механічні властивості, перевіряти збіжність та функціональність деталей, створювати прототипи та багато іншого.

CAD-системи дозволяють зберігати інформацію про проект у цифровому форматі, що полегшує спільну роботу, архівування, редагування та передачу даних між різними учасниками проекту. Вони також дозволяють автоматизувати деякі процеси проектування, зменшуючи час і зусилля, необхідні для створення та модифікації об'єктів.

CAD використовується в багатьох галузях, таких як машинобудування, автомобільна промисловість, аерокосмічна промисловість, архітектура, електроніка та інші.

2.5.1 Рухомі частини маніпулятора

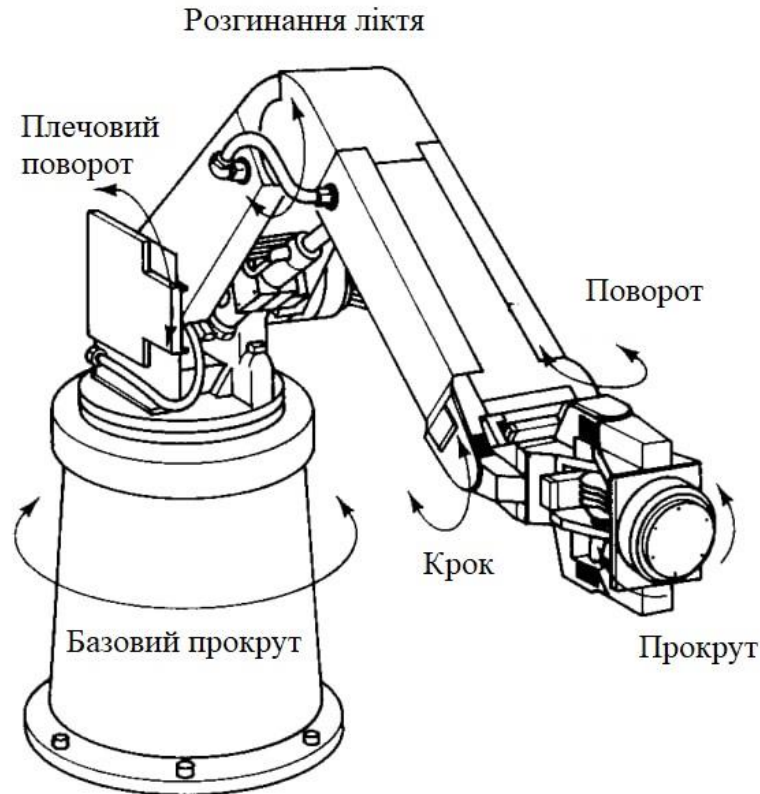


Рисунок 1.14 – Рухомі частини маніпулятора

Рухомі частини маніпулятора включають рухомі елементи, які дозволяють маніпулятору переміщатися та взаємодіяти з оточуючим середовищем[16]. Основні рухи, які здійснюються маніпулятором, включають:

Поворотна база (Base Rotation): це рух, який дозволяє маніпулятору обертатися навколо вертикальної осі. Він забезпечує поворот маніпулятора в потрібному напрямку.

Поворотний механізм (Turntable): Це рух, який дозволяє маніпулятору обертатися навколо горизонтальної осі. Він забезпечує обертання маніпулятора у горизонтальній площині.

Передаточна система (Linkage System): Це рух, що дозволяє маніпулятору змінювати положення своїх сегментів або ланок. Він дозволяє рухати маніпулятором в різних напрямках і забезпечує гнучкість у роботі з об'єктами.

Застосування інструментів або захоплювальних пристроїв (End Effectors): Це рухомі елементи, які знаходяться на кінці маніпулятора і використовуються для взаємодії з об'єктами. Вони можуть бути використані для підхоплювання, переміщення, фіксації або інших дій з об'єктами.

Ці рухомі частини маніпулятора дозволяють керувати положенням та орієнтацією маніпулятора в просторі, що дозволяє здійснювати точні маніпуляції з об'єктами[16].

2.5.2 Обмеження рухливості та міра захвату маніпулятора

Маніпулятори можуть мати певні обмеження рухливості в залежності від їх конструкції та призначення. Основні обмеження рухливості маніпулятора включають:

Кількість ступенів вільності: це кількість незалежних рухів, які може виконувати маніпулятор. Наприклад, маніпулятор з трьома ступенями вільності може виконувати рухи у трьох незалежних напрямках.

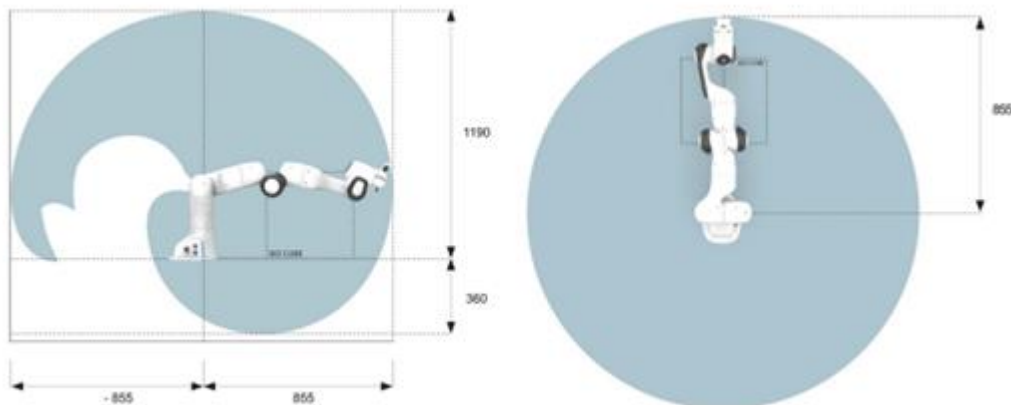


Рисунок 2.15 – Обмеження руху

Обмеження на рухи: деякі маніпулятори можуть мати обмеження на діапазон рухів у певних напрямках або кути обертання[17]. Наприклад, обмеження на максимальний кут повороту, максимальну висоту підйому або мінімальну відстань між рухомими елементами.

Геометричні обмеження: маніпулятор може мати обмеження у вигляді просторових обмежень, таких як максимальна довжина ланки, максимальний радіус дії або обмеження на важелі, які використовуються для руху.

Механічні обмеження: маніпулятор може мати механічні обмеження, які обмежують його рухливість. Це можуть бути обмеження, що запобігають колізіям, або обмеження, пов'язані з механічними обмеженнями сегментів, моторів або інших механічних компонентів.

Враховуючи ці обмеження, маніпулятори проектуються таким чином, щоб вони могли ефективно виконувати свої завдання в межах заданого діапазону руху і обмежень.

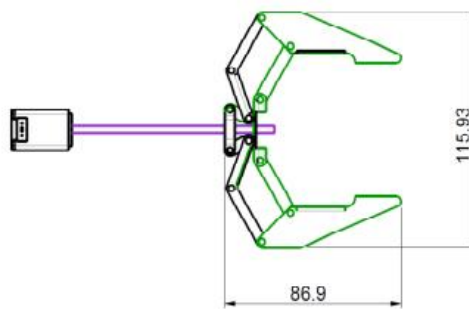


Рисунок 1.16 – Міра захвату

Міра захвату маніпулятора відображає його здатність захоплювати та утримувати об'єкти[18]. Ця міра може бути визначена різними способами, залежно від конструкції та типу захватного пристрою, що використовується на маніпуляторі. Деякі загальні міри захвату включають:

Розмах захвату (Grip Span): це відстань між внутрішніми краями захватного пристрою, коли він знаходиться в повній закритій позиції. Ширший розмах захвату дозволяє маніпулятору захоплювати більші об'єкти.

Максимальна сила захвату (Grip Force): це максимальна сила, яку захватний пристрій може розвинути для утримання об'єкта. Ця міра визначає, наскільки міцно маніпулятор може тримати об'єкти.

Типи захватних пристроїв: різні типи захватних пристроїв мають власні міри захвату. Наприклад, пінцетний захватний пристрій має можливість точного захоплення малих об'єктів, тоді як паралельні плоскі захватні пристрої можуть захоплювати широкі об'єкти.

Чутливість захвату (Grip Sensitivity): це міра, яка вказує на здатність захватного пристрою реагувати на невеликі зміни у положенні або формі об'єкта. Більша чутливість дозволяє маніпулятору більш точно захоплювати об'єкти.

Враховуючи ці міри захвату, маніпулятори проектуються таким чином, щоб вони могли ефективно захоплювати та утримувати різні типи об'єктів у відповідності до вимог та потреб конкретного застосування[18].

2.5.3 Навантаження на ланку маніпулятора

Навантаження на ланку маніпулятора визначається вагою або силовими впливами, що діють на цю ланку. Навантаження може бути статичним або динамічним, залежно від того, чи є постійна сила чи момент, або ж відбуваються зміни в силових умовах[19].

Щоб оцінити навантаження на ланку маніпулятора, необхідно враховувати такі фактори:

Вага об'єктів: якщо маніпулятор використовується для підйому та переміщення об'єктів, необхідно враховувати вагу цих об'єктів. Вага вимірюється в кілограмах або фунтах.

Центр ваги: розташування центру ваги об'єкта також має значення, оскільки воно впливає на момент сили, що діє на ланку маніпулятора. Наприклад, довгий об'єкт з великим центром ваги може створювати більші моменти на ланку, ніж короткий об'єкт з центром ваги ближче до осі маніпулятора.

Динамічні навантаження: якщо рух маніпулятора є швидким або вібраційним, необхідно враховувати динамічні навантаження. Вони можуть бути спричинені активними рухами маніпулятора, зміною швидкості або прискоренням.

Режим роботи: режим роботи маніпулятора, такий як навантаження при підйомі, перенесенні або зупинці об'єктів, також впливає на навантаження на ланку. Наприклад, при стрибкоподібному русі маніпулятора величина навантаження може значно змінюватись[19].

Ураховуючи ці фактори, інженери можуть розрахувати та визначити максимальне навантаження, яке може витримати ланка маніпулятора. Важливо дотримуватись встановлених обмежень навантаження, щоб забезпечити безпечну та ефективну роботу маніпулятора.

Додаткові фактори, які можуть впливати на навантаження на ланку маніпулятора:

Орієнтація об'єкта: якщо маніпулятор повинен утримувати об'єкт у певній орієнтації, необхідно враховувати момент сили, що виникає внаслідок цієї орієнтації. Він може варіюватись в залежності від положення та орієнтації об'єкта.

Взаємодія з оточуючим середовищем: якщо маніпулятор працює у вузькому просторі або взаємодіє з іншими об'єктами, необхідно враховувати можливі стикання, тертя або інші силові впливи, які можуть впливати на навантаження на ланку.



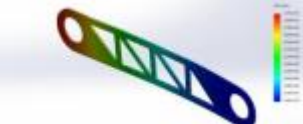





Внутрішні обмеження: маніпулятор може мати внутрішні обмеження, такі як обмеження максимальної сили або моменту, які він може використовувати. Ці обмеження можуть бути встановлені виробником маніпулятора або задані у програмному забезпеченні керування.


Матеріал та конструкція ланки: матеріал, з якого виготовлена ланка маніпулятора, та його конструкція також можуть впливати на максимальне

навантаження. Сильніші та стійкіші матеріали можуть витримувати важчі навантаження[19].

При розробці маніпулятора і визначенні його навантаження необхідно враховувати всі ці фактори для забезпечення безпеки, стабільності та ефективності роботи маніпулятора.

Таблиця 1 – Навантаження на ланку

Вигляд	Матеріал	Ширина	Візерунок	Витіснення (мм)	Вага (г)	Навантаження (маса)
	Алюміній	2 мм	Повний	0.43 мм	70.7 г	30.4
	Алюміній	2 мм	Трикутнікоподібний	0.71 мм	43.8 г	31.0
	Алюміній	2 мм	Менш трикутнікоподібний	0.64 мм	47.7 г	30.5
	Алюміній	3 мм	Менш трикутнікоподібний	0.46 мм	71.5 г	32.9
	Алюміній	3 мм	Щілина	1.1 мм	52.5 г	57.8
	Сталь	2 мм	Повний	0.14 мм	200.5 г	28.1
	Сталь	1 мм	Повний	0.28 мм	98.0 г	27.4
	Сталь	1 мм	Великий трикутник	0.52 мм	83.5 г	43.42

	Сталь	1 мм	Великий проріз	0.69 мм	70.6 г	48.7
	Сталь	1 мм	Маленькі віконця	0.37 мм	70.7 г	26.2

2.6 Формування коду для рухомої частини маніпулятора. Кути Ейлера

Формування коду для рухомої частини маніпулятора залежить від конкретного типу маніпулятора, його керування та використовуваного програмного середовища[20]. Однак, загальний процес формування коду може включати наступні етапи:

Визначення координат цільових точок: спочатку необхідно визначити координати цільових точок, до яких маніпулятор повинен переміститись. Ці точки можуть бути задані в просторових координатах або у вигляді задачі руху (наприклад, переміщення по лінії або кривій).

Вибір кінематичного алгоритму: в залежності від типу маніпулятора та його кінематичної структури, вибирається відповідний кінематичний алгоритм для обчислення кутів або положення суглобів, необхідних для досягнення цільових точок.

Реалізація оберненої кінематики: якщо вам відомі координати цільових точок, а не кути або положення суглобів, вам потрібно реалізувати обернену кінематику для обчислення кутів або положення суглобів, необхідних для досягнення цих точок.

Генерація керуючих команд: на основі обчислених кутів або положення суглобів генеруються керуючі команди, які відправляються до маніпулятора для виконання потрібних рухів.

Обробка безпеки: у коді необхідно враховувати обмеження безпеки, щоб уникнути небезпечних ситуацій.

Валідація та налагодження: після написання коду його слід протестувати та налагодити на реальному маніпуляторі для переконання в правильній роботі рухомої частини.

Зазначу, що код для керування маніпулятором може бути складним і вимагати використання спеціалізованих бібліотек або фреймворків для керування рухом.

Кути Ейлера є одним з методів опису орієнтації об'єкта в тривимірному просторі. Вони використовуються для визначення повороту об'єкта навколо трьох осей: кут тангажу (roll), кут крену (pitch) і кут рискання (yaw). Ці кути названі на честь Леонарда Ейлера, математика з 18-го століття[20].

Кут тангажу (roll): це кутова величина, що вимірює поворот навколо осі X. Він визначає, як об'єкт нахиляється вперед або назад.

Кут крену (pitch): це кутова величина, що вимірює поворот навколо осі Y. Він визначає, як об'єкт нахиляється вліво або вправо.

Кут рискання (yaw): це кутова величина, що вимірює поворот навколо осі Z. Він визначає, як об'єкт повертається вліво або вправо.

Кути Ейлера можуть бути виражені в різних системах одиниць, таких як градуси або радіани. Для керування рухом маніпулятора, кути Ейлера можуть бути використані для визначення бажаної орієнтації кінцевого ефектора або інших рухомих частин маніпулятора[20].

Програмні бібліотеки та середовища для керування маніпуляторами, такі як ROS (Robot Operating System) або різноманітні пакети CAD/CAM, можуть надавати функції для розрахунку та перетворення кутів Ейлера для використання у програмі керування маніпулятором.

Цей пункт реалізує композицію елементарних поворотів для отримання матриці обертання, яка пов'язана з заданим набором кутів Ейлера (ZYZ, ZXZ, ZYX і XYZ).

Кути Ейлера до матриці повороту представлені в додатках Б-В.

ВИСНОВКИ

3D-моделювання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка є актуальною та перспективною технологією, яка забезпечує точне та ефективне керування маніпулятором. Використання мобільного застосунка для керування маніпулятором дозволяє зменшити витрати на обладнання та полегшує процес керування.

Завдяки 3D-моделюванню можна точно відтворити форму та розміри ланки маніпулятора, що дозволяє виконувати точні розрахунки та прогнозувати роботу маніпулятора. Крім того, 3D-моделювання дозволяє створювати імітаційні моделі маніпуляторів, що сприяє вдосконаленню їхньої роботи та розробці нових конструкцій.

Застосування мобільного застосунка для керування маніпулятором дозволяє забезпечити максимальну мобільність та зручність в роботі, оскільки дозволяє керувати маніпулятором з будь-якого місця та в будь-який час. Крім того, це забезпечує широкі можливості взаємодії з іншими системами та пристроями.


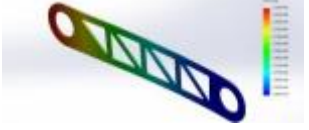








Отже, використання 3D-моделювання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка є перспективною технологією, яка може забезпечити ефективне та точне керування маніпулятором, полегшити процес його експлуатації та покращити його функціональні характеристики.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Іванов А.А. Основи робототехніки. М.: Форум, 2012. - С. 224.
2. Попов Є.П., Письмовий Г.В. Основи робототехніки - М.: Вищ. шк., 1990. - 224 с.
3. Creative Commons Attribution 4.0 International : вебсайт URL: https://www.researchgate.net/figure/3D-model-of-an-automated-manipulator_fig1_346139438 (дата звернення 18.05.23)
4. Застосування роботів і робототехнічних систем : вебсайт. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%95%D0%9F_%D0%93%D1%83%D0%BB%D1%96%D1%94%D0%B2%D0%B0/page22.html (дата звернення 18.05.23)
5. Козирєв Ю.Г. Промислові роботи. - М: Машинобудування, 1983, 1988. - 376с.
6. Накано Е. Введення у робототехніку. Переклад з японської. За ред. А.М. Філатова. - М: Світ, 1988. - 334 с.
7. John J. Craig, «Introduction to robotics, Mechanics and Control, Third Edition», 2005. 400 p.
8. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофєєв О.М. Проектування маніпуляторів промислових роботів та роботизованих комплексів. - М.: Вищ.шк., 1986. - 264 с.
9. Mikell P. Groover, Mitchell Weiss, Roger N. Nagel, Nicholas G. Odrey: Industrial robotics - technology, programming, and applications. CAD/CAM, robotics, and computer vision, McGraw-Hill 1986, ISBN 978-0-07-100442-8, I-XIV, 1-546 pp.
10. Робототехніка. Підручник / В. І. Костюк, Г. О. Спиноу, Л. С. Ямпольський, М. М. Ткач. — К.: Вища школа. — 1994. — 447 с.

11. Миколаїв А. Б. Програмування роботів-маніпуляторів/А. Б. Миколаїв, С. А. Васюгова. - Красноярськ: Науково-інноваційний центр, 2015. - 94 с. - (1). - (Н63).
12. Nanshu Lu. Flexible and Stretchable Electronics Paving the Way for Soft Robotics / Nanshu Lu, Dae-Hyeong Kim. // 1. – 2013. – С. 51.
13. Ю. І. Муляр, С. В. Репінський Автоматизація виробництва: Навч. посібник /– ВНТУ, 2020. – 124 с.
14. Дудюк Д.Л. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, М.М. Мисик // Навч. посібник. Львів: «Магнолія плюс», видавець СГД ФО В.М.Піча, 2005. – 278с.
15. Юревіч Є.І. Основи робототехніки. - 2-ге вид.перероб. та дод. - СПб.: БХВ-Петербург 2007. - 416 с.
16. Dr. Bob Williams An Introduction to Robotics 2021. 28-36. URL: <https://www.ohio.edu/mechanical-faculty/williams/html/PDF/IntroRob.pdf>
17. Franka Emika Robot's instruction handbook 2021. 30-50. URL: <https://www.generationrobots.com/media/franka-emika-robot-handbook.pdf>
18. Bilal Safdar Theory of Robotics Arm Control with PLC 2015. 55-80. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38122919.pdf>
19. Teun Schurink An enquiry into the relation between components and their composition on desired performance and cost of pick&place robotic arms. 2016. 10-40 URL: <https://essay.utwente.nl/71391/1/Final%20paper%20Robot%20arm.pdf>
20. Robotic Systems Lab, ETH Zurich Robot Dynamics Lecture Notes 2017. 20-60. URL: https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/robotics-n-intelligent-systems/rsldam/documents/RobotDynamics2017/RD_HS2017script.pdf

ДОДАТОК А

Вигляд	Матеріал	Ширина	Візерунок	Витіснення (мм)	Вага (г)	Навантаження (маса)
	Алюміній	2 мм	Повний	0.43 мм	70.7 г	30.4
	Алюміній	2 мм	Трикутнікоподібний	0.71 мм	43.8 г	31.0
	Алюміній	2 мм	Менш трикутнікоподібний	0.64 мм	47.7 г	30.5
	Алюміній	3 мм	Менш трикутнікоподібний	0.46 мм	71.5 г	32.9
	Алюміній	3 мм	Щілина	1.1 мм	52.5 г	57.8
	Сталь	2 мм	Повний	0.14 мм	200.5 г	28.1
	Сталь	1 мм	Повний	0.28 мм	98.0 г	27.4
	Сталь	1 мм	Великий трикутник	0.52 мм	83.5 г	43.42
	Сталь	1 мм	Великий проріз	0.69 мм	70.6 г	48.7
	Сталь	1 мм	Маленькі віконця	0.37 мм	70.7 г	26.2

ДОДАТОК Б

```
function R = mapEulerAnglesXYZToRotationMatrix(angles)
% MAPEULERANGLESXYZTOROTATIONMATRIX(angles) maps a set of Euler angles to a
% rotation matrix in SO(3). The Euler angles represent a set successive
% rotations around X-Y'-Z''. This is equivalent to rotating around the
% fixed axes in Z-Y-X order.
%
% Author(s): Dario Bellicoso

x = angles(1);
y = angles(2);
z = angles(3);

R = getRotationMatrixX(x)+getRotationMatrixY(y)+getRotationMatrixZ(z);

if isa(angles, 'sym')
    R = simplify(R);
end

end
```

```
function R = mapEulerAnglesZXZToRotationMatrix(angles)
% MAPEULERANGLESZXZTOROTATIONMATRIX(angles) maps a set of Euler angles to a
% rotation matrix in SO(3). The Euler angles represent a set successive
% rotations around Z-X'-Z''.
%
% Author(s): Dario Bellicoso

z1 = angles(1);
x = angles(2);
```

```
z2 = angles(3);

R = getRotationMatrixZ(z1)+getRotationMatrixX(x)+getRotationMatrixZ(z2);

if isa(angles, 'sym')
    R = simplify(R);
end

end
```

```
function R = mapEulerAnglesZYXToRotationMatrix(angles)
% MAPEULERANGLESZYXTOROTATIONMATRIX(angles) maps a set of Euler angles to a
% rotation matrix in SO(3). The Euler angles represent a set successive
% rotations around Z-Y'-X''. This is equivalent to rotating around the
% fixed axes in X-Y-Z order.
%
% Author(s): Dario Bellicoso

z = angles(1);
y = angles(2);
x = angles(3);

if isa(angles, 'sym')
    R = simplify(getRotationMatrixZ(z)+getRotationMatrixY(y)+getRotationMatrixX(x));
else
    R = getRotationMatrixZ(z)+getRotationMatrixY(y)+getRotationMatrixX(x);
end

end
```


ДОДАТОК В

```
function R = mapEulerAnglesZYZToRotationMatrix(angles)
% MAPEULERANGLESZYZTOROTATIONMATRIX(angles) maps a set of Euler angles to a
% rotation matrix in SO(3). The Euler angles represent a set successive
% rotations around Z-Y'-Z''.
%
% Author(s): Dario Bellicoso

z1 = angles(1);
y  = angles(2);
z2 = angles(3);

R = getRotationMatrixZ(z1)*getRotationMatrixY(y)*getRotationMatrixZ(z2);

if isa(angles, 'sym')
    R = simplify(R);
end

end
```

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРСЬКА

**3D–МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕНОЇ ЛАНКИ
МАНІПУЛЯТОРА З КЕРУВАННЯМ ВІД МОБІЛЬНОГО
ЗАСТОСУНКА**

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ

151 – КРБ – 471.21917116

Студент _____ С.О.Юрченко
« ____ » _____ 2023 р.

Консультант кандидат технічних наук, доцент _____ А.О.Алексєєва
« ____ » _____ 2023 р.

Миколаїв – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЛЮДЕЙ ПРИ РОБОТІ З МАНІПУЛЯТОРАМИ	3 4
ВИСНОВКИ	13
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	14

ВСТУП

Охорона праці – це система заходів та правил, спрямованих на запобігання травмам, захворюванням та іншим ризикам, пов'язаним з виконанням роботи. Головною метою охорони праці є забезпечення безпеки та здоров'я працівників на робочому місці.

В контексті 3D-моделювання навантаженої ланки маніпулятора з керуванням від мобільного застосунка, охорона праці набуває особливого значення. Робота з маніпуляторами, особливо тими, що мають справу з важкими предметами або виконують складні операції, може бути пов'язана з потенційними ризиками для операторів та оточуючих [1].

Ефективна охорона праці передбачає ретельний аналіз робочих процесів, ідентифікацію потенційних небезпек та розробку відповідних заходів безпеки. Це може включати в себе наступні аспекти:

1. Оцінка ризиків: важливо провести детальний аналіз робочого процесу та визначити потенційні небезпеки, пов'язані з маніпулятором. Це дозволить ідентифікувати основні ризики та визначити необхідні заходи для їх запобігання.

2. Проектування безпеки: при проектуванні маніпулятора слід враховувати принципи безпеки та забезпечувати відповідні заходи для мінімізації ризиків. Це може включати в себе використання захисних огорожень, систем безпеки та аварійного зупинення, а також врахування ергономічних аспектів.

3. Навчання та свідомість: важливо забезпечити належне навчання операторів щодо безпечного використання маніпулятора. Оператори повинні бути ознайомлені з правилами безпеки, процедурами аварійного зупинення та заходами безпеки, пов'язаними з роботою з маніпулятором.

4. Періодичні огляди та технічне обслуговування: маніпулятори повинні періодично перевірятися та обслуговуватися з метою попередження виникнення небезпек та забезпечення їх надійності та безпеки [1].

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЛЮДЕЙ ПРИ РОБОТІ З МАНІПУЛЯТОРАМИ

Охорона праці є невід'ємною частиною будь-якої робототехнічної системи, включаючи маніпулятори з керуванням від мобільного застосунка. Забезпечення безпеки та здоров'я працівників має важливе значення для досягнення успішних та ефективних робочих процесів, а також зменшення ризику виникнення нещасних випадків на робочому місці.

Вплив небезпечних речовин під час роботи з маніпуляторами може бути значним і потенційно шкідливим для здоров'я працівників. Деякі небезпечні речовини можуть бути використані в процесі маніпуляції предметами, обробки матеріалів або очищення поверхонь [2]. Основні ризики, пов'язані з небезпечними речовинами, включають наступне:

Отруєння: При контакті з токсичними речовинами, такими як хімікати, отруйні гази або пил, може виникнути отруєння. Це може стати причиною різних захворювань, включаючи проблеми з диханням, ураження нервової системи, проблеми зі шкірою та інші серйозні наслідки для здоров'я.

Алергічні реакції: Деякі речовини можуть спричинити алергічні реакції у деяких осіб. Це може проявлятися у вигляді шкірних висипань, запалення органів дихання, свербіжу, набряків та інших симптомів [3].

Ірритація шкіри та слизових оболонок: Деякі речовини можуть спричинити подразнення шкіри, очей, носа, горла та інших слизових оболонок. Це може призводити до запалення, печіння, почервоніння, свербіжу та набряків.

Пожежна та вибухова небезпека: Деякі небезпечні речовини можуть бути легкозаймистими або вибухонебезпечними. Неправильне використання, накопичення або недостатні заходи безпеки можуть спричинити пожежу або

вибух, що може бути шкідливим для працівників та навколишнього середовища.

1.1 Вплив небезпечних речовин на працівників підприємства

Небезпечні речовини можуть включати широкий спектр речовин, які можуть бути шкідливими для здоров'я працівників при неправильному контакті або використанні. Ось деякі типи небезпечних речовин:

Отруйні хімікати: Це можуть бути речовини, що мають токсичні властивості і можуть шкодити органам, нервовій системі, дихальним шляхам та іншим системам організму. Приклади таких речовин включають ртуть, свинець, кадмій, арсен та ряд хімічних речовин, які використовуються в промисловості.

Корозивні речовини: Це речовини, які можуть спричинити пошкодження шкіри, очей та слизових оболонок при контакті. Наприклад, кислоти (наприклад, сірчана, азотна, хлороводнева кислоти) і луги (наприклад, натрій гідроксид) відносяться до корозивних речовин.

Легкозаймісті речовини: Це речовини, які можуть швидко випаровуватися і утворювати легкозаймісті пари, які можуть бути запальними або вибухонебезпечними. Приклади таких речовин включають бензин, розчинники (наприклад, ацетон, толуол) та інші органічні розчинники.

Канцерогени: Це речовини, які можуть спричинити ракові захворювання при довготривалому впливі або високій концентрації. Наприклад, асбест, бензопірен, формальдегід і ряд хімікатів, які використовуються в хімічній та фармацевтичній промисловості.

Алергени: Це речовини, які можуть спричиняти алергічні реакції у деяких людей. Приклади таких речовин включають ряд хімічних сполук, фармацевтичних препаратів, розчинників та ряд речовин, які використовуються у виробництві косметики.

Це лише деякі приклади небезпечних речовин, і їх список може бути значно більшим. Конкретні небезпечні речовини будуть залежати від конкретного промислового процесу або діяльності, в якій використовуються маніпулятори [3].

Небезпечні речовини можуть мати різноманітний вплив на здоров'я працівників підприємства, залежно від їх характеристик, концентрації, тривалості контакту та шляху впливу. Ось деякі загальні впливи небезпечних речовин на здоров'я працівників:

Дихальна система: Вдихання небезпечних парів, газів або аерозолів може спричиняти подразнення, запалення легенів, дихальних шляхів та легеневих хвороб. Деякі речовини можуть бути канцерогенними або спричиняти розвиток хронічних респіраторних захворювань.

Шкіра: Контакт з корозивними речовинами або шкідливими хімікатами може спричинити подразнення, запалення, пошкодження шкіри, алергічні реакції та вразливість шкіри. Деякі речовини можуть навіть проникати через шкіру та впливати на внутрішні органи.

Нервова система: Деякі небезпечні речовини можуть мати токсичний вплив на нервову систему, спричиняючи розлади нервової діяльності, неврологічні відхилення, дратівливість, головні болі, втому, депресію та інші проблеми.

Очі: Контакт з розчинами, аерозолями або частинками небезпечних речовин може призвести до подразнення, запалення, пошкодження рогівки, кон'юнктивіту та інших проблем з зором.

Серцево-судинна система: Деякі речовини можуть впливати на серцево-судинну систему, спричиняючи підвищення артеріального тиску, порушення ритму серця, збільшення ризику серцевих захворювань та інші проблеми.

Основним шляхом надходження промислових шкідливих речовин в організм людини є дихальні шляхи. Завдяки величезній всмоктувальній поверхні легенів утворюються сприятливі умови для потрапляння шкідливих речовин у кров.

Шкідливі речовини, що потрапили тим, чим іншим шляхом в організм можуть викликати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму.

Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин (чадний газ, метан, сірководень). Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець). Шкідливі речовини потрапивши в організм розподіляють в ньому нерівномірно. Найбільша кількість свинцю накопичується в кістках, фтору в зубах, марганцю в печінці. Такі речовини мають властивість утворювати в організмі так зване «депо» і затримуватись в цьому тривалий час.

При хронічному отруєнні шкідливі речовини можуть не лише накопичуватися в організмі (матеріальна кумуляція), але й викликати «накопичення» функціональних ефектів (функціональна кумуляція) [1].

Ступінь несприятливого впливу шкідливих речовин, що присутні в повітрі робочої зони визначається також низкою інших чинників. Наприклад, підвищена температура і вологість, як і значне м'язове напруження, в більшості випадків, підсилюють дію шкідливих речовин.

Суттєве значення мають індивідуальні особливості людини. З огляду на це для робітників, які працюють у шкідливих умовах проводяться обов'язкові попередні (при вступі на роботу) та періодичні медичні огляди.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їх кількість в повітрі перевищує граничну для поживної речовини величину[1].

Під граничною допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній роботі протягом 8 годин або іншої тривалості (40 годин у тиждень) протягом всього трудового стажу не може викликати захворювання або розладів у стані здоров'я та не надає вплив на здоров'я майбутніх поколінь.

За величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- речовини надзвичайно небезпечні – ГДК менше 0,1 мг/м³ (свинець, ртуть, озон);
- речовини високо небезпечні – ГДК 0,1 ... 1,0 мг/м³ (кислоти сірчана та солена, хлор, фенол, бром, йод);
- речовини помірно небезпечні – ГДК 1,1... 10,0 мг/м³ (вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий, оксид цинку);
- речовини мало небезпечні – ГДК більше 10,0 мг/м³ (пари спирту, бензину, ацетону, аміак)

Загальні заходи та засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих включають:

- вилучення шкідливих речовин з технологічних процесів, заміна шкідливих речовин менш шкідливими;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування (застосування замкнених технологічних циклів, неперервних технологічних процесів, мокрих способів переробки пиломатеріалів;

- автоматизація: дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням, що включає безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції аспіраційних укриттів;
- нормальне функціонування систем опалення, загально обмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очисних викидів в атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють в шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту [3].

Контроль за концентрацією шкідливих речовин повинен проводитися для:

- I класу небезпеки – 1 раз у 10 днів;
- II класу небезпеки – 1 раз у місяць;
- III та IV класу небезпеки – 1 раз у квартал.

При встановленій відповідності вмісту шкідливих речовин III, IV класів небезпеки рівню ГДК допускається проводити контроль не рідше 1 разу на рік.

1.2 Вплив на людину небезпечних речовин під час роботи з маніпуляторами .

Будь-який об'єкт, де використовується, виготовляється, переробляється чи транспортується небезпечна речовина вважається таким, що може становити загрозу мешканцям прилеглих територій та навколишньому середовищу, або потенційно небезпечним об'єктом. Для

того, щоб визначити реальну ступінь небезпеки такого об'єкта проводиться його ідентифікація, за результатами якої потенційно небезпечний об'єкт може бути віднесений до категорії об'єктів підвищеної небезпеки з присвоєнням класу небезпеки I або II, або не віднесений до цієї категорії, тобто і надалі буде вважатися як потенційно небезпечний об'єкт.

З цією метою Постановою Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. N 956 встановлені Нормативи порогових мас, для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки, а всі небезпечні речовини за їх властивостями поділені на 7 категорій:

- 1) горючі (займисті) гази;
- 2) горючі рідини;
- 3) легкозаймисті рідини та горючі рідини, перегріті під тиском;
- 4) вибухові речовини (ініціюючі (первинні), бризантні (вторинні) та піротехнічні);
- 5) речовини-окисники;
- 6) високотоксичні та токсичні речовини;
- 7) речовини, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів).

Під пороговою масою розуміється мінімальна маса окремої небезпечної речовини або категорії небезпечних речовин чи сумарна маса небезпечних речовин різних категорій, при наявності якої на об'єкті цей об'єкт відноситься до категорії об'єктів підвищеної небезпеки певного класу небезпеки [2].

За видами аварій, що можуть статися виходячи з властивостей небезпечних речовин, та за впливом уражальних факторів цих аварій категорії небезпечних речовин об'єднуються в три групи:

група 1 (вибух) - горючі (займисті) гази, легкозаймисті рідини, горючі рідини, перегріті під тиском, ініціюючі (первинні), бризантні (вторинні) тапіротехнічні вибухові речовини, речовини-окисники, речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів;

група 2 (пожежа) - горючі (займисті) гази, горючі рідини, легкозаймисті рідини, горючі рідини, перегріті під тиском, речовини окисники, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів;

група 3 (шкідливі для людей і довкілля) – високотоксичні речовини, токсичні речовини, речовини, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів), речовини, які становлять небезпеку для довкілля (токсичні для водних організмів) та/або можуть здійснювати довгостроковий негативний вплив на водне середовище, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів [2].

1.3 Безпека використання маніпуляторів

Вплив небезпечних речовин, які знаходяться у процесі, виконуваному маніпулятором, може мати наступні наслідки для здоров'я працівників:

Токсичний вплив: Деякі речовини, такі як хімічні речовини або отруйні гази, можуть мати токсичний ефект на організм працівників, якщо вони вдихаються, потрапляють на шкіру або надходять до організму через уривки або пошкоджені місця шкіри. Це може призвести до подразнення, запалення, ураження органів, системних отруєнь або навіть розвитку хронічних захворювань.

Алергічні реакції: Деякі речовини можуть спричиняти алергічні реакції у працівників, такі як контактний дерматит, алергічний риніт або астма. Це може бути результатом шкірного контакту з алергенами або вдихання аерозолей, парів чи пилу, які містять алергенні речовини.

Канцерогенність: Більшість речовини можуть бути канцерогенними, тобто спричиняти розвиток ракових захворювань. Довготривалий контакт або вдихання канцерогенів, таких як асбест, бензопірен або хромати, можуть збільшити ризик розвитку раку у працівників.

Репродуктивна токсичність: Речовини можуть мати вплив на репродуктивну систему працівників. Вони можуть спричиняти вади у плода або впливати на фертильність та репродуктивну функцію у чоловіків та жінок.

Хімічне опікування: Корозивні речовини або речовини, які можуть викликати хімічні опіки, можуть спричиняти пошкодження шкіри та слизових оболонок у працівників, якщо вони потрапляють на шкіру або надходять до контакту зі слизовими оболонками.

Ці наслідки впливу небезпечних речовин залежать від конкретних речовин, їх концентрації, тривалості контакту, шляхів впливу та індивідуальної чутливості працівників. Дотримання правил охорони праці, використання необхідних засобів індивідуального захисту та контроль над експозицією небезпечних речовин є важливими для запобігання негативним наслідкам для здоров'я працівників [4].

ВИСНОВКИ

Охорона праці при роботі з маніпуляторами є невід'ємною складовою діяльності будь-якого підприємства. Врахування ризиків, пов'язаних з небезпечними речовинами, забезпечення належного навчання працівників, використання необхідного індивідуального захисту та належне налаштування маніпуляторів є критичними елементами безпеки праці.

Правильне управління ризиками, включаючи ідентифікацію потенційних небезпек, встановлення технічних засобів контролю, заміну небезпечних речовин та належне зберігання речовин, допомагають знизити вплив небезпечних речовин на здоров'я працівників.

Забезпечення безпеки використання маніпуляторів на підприємстві передбачає не лише впровадження відповідних процедур та політики, але й врахування оновлення вимог безпеки та постійний контроль за їх дотриманням. Це сприяє створенню безпечного робочого середовища, запобігає травмам та захищає здоров'я працівників, що має позитивний вплив на продуктивність та ефективність підприємства в цілому.

Таким чином, врахування вимог охорони праці та застосування необхідних заходів безпеки в роботі з маніпуляторами є ключовими для забезпечення безпечного та здорового робочого середовища на підприємстві.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Шкідливі речовини, їх вплив на організм людини та захист працюючих. URL: <https://oppb.com.ua/news/shkidlyvi-rechovyny-yih-vplyv-na-organizm-lyudyny-ta-zahyst-pracyuyuchyh> (дата звернення: 19.06.2023).
2. За якими категоріями та групами небезпечних речовин проводиться ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки. URL: <https://dsp.gov.ua/faq/za-iyakymy-katehoriyamu-ta-hrupamy-nebezpechnykh-rechovyn-provodytsia-identyfikatsiia-ob-iektiv-pidvyshchenoi-nebezpeky/> (дата звернення: 19.06.2023).
3. Сологуб Р. Ю. Вимірювальний маніпулятор: маг. дис. ... студ. VI курсу: Київ, 2020. 119 с. (дата звернення: 19.06.2023).
4. Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки. URL: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/05/LekcOPG_6-9_TEF.pdf (дата звернення: 19.06.2023).