

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка маніпулятора для наземної  
робототехнічної платформи

Виконала: студентка 2 курсу, групи  
2ММЕ

спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Федоренко О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лактіонов О.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2024 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і  
робототехніки

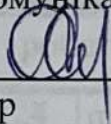
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
автоматики, електроніки та  
телекомунікацій

 О.В.  
Шефер

“02” 09 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

*Федоренко Олені Миколаївні*

1. Тема проекту (роботи) **«Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи»**

**керівник проекту (роботи) Лактіонов Олександр Ігорович, к.т.н., доцент**

затверджена наказом вищого навчального закладу від 09.08.2024 року

№ 818-ф.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Конструктор Pitsco Tetrix max з дистанційними пристроями керування Radiomaster Boxer.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд існуючих рішень для розробки маніпулятора. Висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):

1) Порівняльний аналіз технічних характеристик аналогів

- 2) Вид загальний маніпулятора
- 3) Електрична схема маніпулятора
- 4) Монтажна схема маніпулятора
- 5) Структурна схема системи керування
- 6) Зведені розрахункові результати

6. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін та обсяг виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Вступ	07.10.24		15%	Пл. 1
2	Розділ 1	16.10.24	I	25%	Пл. 2
3	Розділ 2	05.11.24		40%	Пл. 3
4	Розділ 3	12.11.24		50 %	Пл. 4
5	Висновки	19.11.24	II	60%	Пл. 5
6	Список використаних джерел.	26.11.24		70%	Пл. 6
7	Графічний матеріал	11.12.24		90%	Пл. 7
8	Оформлення пояснювальної записки	19.12.24	III	100%	Пл. 8, 9


Магістрант

  
( підпис )

Федорнко О.М.

( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

  
( підпис )

Лактіонов О.І.

( прізвище та ініціал )

## РЕФЕРАТ

Тема: Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи

Наземні робототехнічні платформи є важливою частиною сучасних автоматизованих систем, що використовуються в різних галузях — від промисловості та сільського господарства до рятувальних операцій і військових застосувань. Однак для виконання складних маніпуляцій з об'єктами, таких як захоплення, переміщення та взаємодія з різними предметами, необхідно оснащення цих платформ ефективними маніпуляторами. Створення маніпулятора для наземної платформи вимагає вирішення кількох ключових технічних задач, серед яких — механічне проектування, вибір актуаторів та розробка системи управління.

Актуальність теми

Зростаюча потреба в автономних роботах, здатних виконувати складні маніпуляції в різних умовах, обумовлює актуальність розробки ефективних маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ. Завдяки інтеграції маніпуляторів з мобільними платформами можна значно розширити можливості таких роботів, зокрема, для виконання завдань у небезпечних чи важкодоступних зонах, для автоматизації процесів на виробництві, а також для точних операцій у сільському господарстві та логістиці.

Основні завдання роботи

Основною метою цієї роботи є розробка конструкції маніпулятора для наземної роботизованої платформи, що здатний виконувати різноманітні маніпуляції з об'єктами. Враховуючи специфіку застосування, маніпулятор повинен бути компактним, енергоефективним і достатньо гнучким для виконання різних завдань. У роботі розглядаються наступні основні задачі:

1. Проектування механічної конструкції маніпулятора.

2. Вибір відповідних приводів та актуаторів для забезпечення необхідної точності та швидкості маніпуляцій.

3. Розробка системи управління маніпулятором, що забезпечує стабільність та точність рухів.

4. Інтеграція маніпулятора з мобільною платформою для забезпечення ефективного виконання задач у змінних умовах.

#### Методика розробки маніпулятора

Процес розробки маніпулятора передбачає кілька етапів: від аналізу вимог до кінцевого продукту до тестування та вдосконалення конструкції. На першому етапі проводиться аналіз потреб і вимог до маніпулятора з урахуванням специфікацій робототехнічної платформи. Це включає оцінку розмірів, ваги, необхідної маневреності, а також типу об'єктів, з якими буде взаємодіяти робот.

Далі проводиться вибір матеріалів та конструкцій для створення маніпулятора. Оскільки маніпулятор повинен бути легким, але міцним, часто використовуються матеріали з високоміцними характеристиками, наприклад, алюмінієві сплави або композитні матеріали. Окрім цього, важливим є вибір приводів, які забезпечуватимуть необхідний крутний момент і точність для виконання маніпуляцій.

Система управління маніпулятором є ключовим аспектом у забезпеченні його ефективної роботи. Це включає вибір відповідних датчиків для визначення положення маніпулятора і зворотного зв'язку для коригування рухів. Для управління рухами маніпулятора можуть використовуватися як традиційні системи на базі мікроконтролерів, так і більш складні системи на базі штучного інтелекту для оптимізації траєкторії рухів і адаптації до змінних умов.

## Результати розробки

Розроблений маніпулятор для наземної робототехнічної платформи має бути здатний виконувати кілька основних функцій: захоплення об'єктів, їх переміщення на задану позицію та маніпулювання в обмеженому просторі. Завдяки інтеграції з мобільною платформою, маніпулятор може виконувати завдання в складних умовах, наприклад, у незнайомих або небезпечних для людини середовищах. Для цього важливо, щоб маніпулятор мав достатню точність, швидкість та універсальність у виконанні різних операцій.

## Висновки

Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи є важливим кроком у розвитку автономних роботів. Успішне поєднання механічної конструкції, приводів та системи управління забезпечує високу ефективність маніпуляцій і дозволяє застосовувати такі системи в різних сферах — від промисловості до рятувальних місій. Подальші дослідження в цій області можуть включати вдосконалення алгоритмів управління та інтеграцію новітніх технологій для покращення функціональних характеристик маніпуляторів.

Ключові слова: маніпулятор, наземна робототехнічна платформа, мобільні роботи, система управління, актюатори, роботизовані системи.

## Зміст

<b>ВСТУП</b> .....	9
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗРОБКИ МАНІПУЛЯТОРІВ ДЛЯ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ</b> .....	10
1.1 КОРИСТЬ МАНІПУЛЯТОРА НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В ЖИТТІ ЛЮДИНИ .....	15
1.2 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В БУДІВНИЦТВІ .....	21
1.3 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ .....	22
1.4 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В МЕДИЦИНІ .....	24
1.5 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В ВІЙСЬКОВИХ ТА РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ .....	27
1.6 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ ВИДИ МАНІПУЛЯТОРІВ НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ .....	31
1.7 СУХОПУТНІ МАНІПУЛЯТОРИ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ .....	36
1.8 МОРСЬКІ МАНІПУЛЯТОРИ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ .	40
1.9 ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ .....	44
<b>РОЗДІЛ 2</b> .....	45
2.1 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ МАНІПУЛЯТОРА НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ .....	45
2.2 ВИБІР ВІДПОВІДНИХ ПРИВОДІВ ТА АКТУАТОРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ТОЧНОСТІ ТА ШВИДКОСТІ МАНІПУЛЯЦІЙ. ....	50
2.3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ .....	55
2.4 ІНТЕГРАЦІЯ МАНІПУЛЯТОРА З МОБІЛЬНОЮ ПЛАТФОРМОЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОНАННЯ ЗАДАЧ У ЗМІННИХ УМОВАХ. ....	60
<b>РОЗДІЛ 3</b> .....	65

2.5 МЕТОДИКА РОЗРОБКИ МАНІПУЛЯТОРА НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ.....	65
2.6 СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ .....	70
2.7 ТЕСТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ.....	76
2.8 РОЗРОБКА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ .....	76
2.9 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ МАНІПУЛЯТОРА.....	86
2.10 ВИСНОВОК.....	93
ЛІТЕРАТУРА: .....	95

## ВСТУП

В останні десятиліття розвиток робототехніки зробив значний крок уперед, і сьогодні роботизовані системи активно використовуються в різноманітних галузях, від промисловості до медицини та дослідження космосу. Одним із важливих напрямів є створення мобільних робототехнічних платформ, здатних виконувати складні маніпуляції з об'єктами в різних умовах. Це ставить перед розробниками завдання створення універсальних та ефективних маніпуляторів, які можуть працювати в поєднанні з наземними роботами.

Актуальність теми дипломної роботи обумовлена необхідністю розробки таких маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ, які б дозволяли виконувати широкий спектр операцій: від переміщення та маніпулювання об'єктами до виконання складних завдань в умовах змінних навколишніх середовищ. Успішне поєднання маніпулятора з мобільною платформою значно розширює функціональні можливості роботів, що є важливим для їх використання в ряді практичних застосувань — від логістики до рятувальних операцій.

Основною метою цієї дипломної роботи є розробка конструкції маніпулятора для наземної робототехнічної платформи, що забезпечує ефективне виконання маніпуляцій та інтеграцію з роботизованою платформою. У процесі роботи буде розглянуто проектування механічної частини маніпулятора, вибір відповідних актюаторів, а також створення системи управління для точного виконання завдань.

У результаті виконання дипломної роботи очікується отримати оптимізовану модель маніпулятора, яка дозволить підвищити ефективність виконання роботизованими платформами складних завдань, що потребують високої точності і надійності.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗРОБКИ МАНІПУЛЯТОРІВ ДЛЯ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

Робототехніка є однією з найбільш динамічно розвиваючих галузей науки і техніки, де маніпулятори для наземних платформ займають важливе місце завдяки їх здатності виконувати різноманітні маніпуляції з об'єктами в різних умовах. Сучасні наземні робототехнічні платформи використовуються в широкому спектрі застосувань, таких як промисловість, агротехніка, логістика, військові та рятувальні операції, що вимагає створення маніпуляторів, здатних виконувати точні і ефективні маніпуляції.

### 1. Сучасні тенденції в розвитку маніпуляторів для наземних роботів

Сучасний розвиток маніпуляторів для робототехнічних платформ зосереджений на кількох ключових напрямках:

- Гнучкість та адаптивність.

Зростає потреба в маніпуляторах, які можуть працювати в різноманітних умовах, включаючи змінні навколишні середовища, обмежені простори та роботу з різними об'єктами. Відповідно, однією з основних тенденцій є створення гнучких маніпуляторів, які можуть адаптуватися до різних типів об'єктів і завдань.

- Інтелектуальні системи управління

Для забезпечення високої точності та автономності маніпуляторів використовуються алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання. Це дозволяє здійснювати адаптацію рухів маніпулятора в реальному часі, оптимізуючи траєкторії та приймаючи рішення в умовах невизначеності. [9]

- Модульність і інтеграція

Сучасні маніпулятори стають більш модульними, що дозволяє змінювати їх конфігурацію та компонування залежно від виконуваних завдань. Це також дає можливість інтегрувати маніпулятори з різними роботизованими платформами для забезпечення максимального функціоналу. [6]

## 2. Типи маніпуляторів для наземних платформ

У розвитку маніпуляторів для наземних платформ спостерігаються різні конструктивні підходи. Найбільш популярні типи маніпуляторів:

- Маніпулятори з кінцевими ефекторами (захоплення, маніпуляція):

Ці маніпулятори використовуються для виконання завдань, що вимагають точного захоплення та переміщення об'єктів.

Аналіз сучасного стану розробки маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ показує значний прогрес у таких напрямках, як точність маніпуляцій, автономність, мобільність, а також інтеграція з іншими технологіями. Ось кілька основних тенденцій і аспектів розвитку цього напрямку:

### 1. Покращення мобільності та маневреності

Сучасні наземні робототехнічні платформи для маніпуляторів активно інтегруються з різними системами для покращення мобільності. Це можуть бути платформи на колесах, гусеницях або навіть багатонігій конструкції, що дозволяють роботам рухатися по складних або нерівних поверхнях.

Наприклад:

- Роботи з гусеничними або колесними платформами здатні досягати високої стійкості та можуть працювати в складних умовах, таких як будівельні майданчики чи післяаварійні ситуації.

- Багатоногі роботи (наприклад, роботу над проектами на зразок Boston Dynamics' Spot) дозволяють маніпуляторам рухатися в важкодоступних місцях, що особливо важливо для рятувальних операцій. [9]

## 2. Модульність і адаптивність маніпуляторів

Сучасні маніпулятори для роботів стають дедалі більш універсальними та адаптивними до різних завдань. Це досягається через:

- Модульний дизайн, що дозволяє змінювати кінцівки маніпуляторів в залежності від типу завдання (наприклад, для піднімання важких вантажів або маніпуляцій з делікатними об'єктами).

- Інтерфейс для адаптації під різні інструменти, наприклад, можливість підключати змінні головки або захвати для конкретних завдань, що робить маніпулятор універсальним. [6]

## 3. Висока точність і обробка в реальному часі

Оскільки багато завдань, для яких використовуються маніпулятори, вимагають високої точності (наприклад, у виробництві або медицині), зростає потреба в високоточних системах керування. Це включає:

- Сенсори і системи зворотного зв'язку для точної локалізації маніпулятора та виконання складних операцій (наприклад, камери, LiDAR, ультразвукові датчики, інфрачервоні сенсори).

- Розвиток технологій штучного інтелекту для поліпшення процесів планування траєкторії та обробки інформації, що дозволяє маніпуляторам адаптуватися до змін в навколишньому середовищі в реальному часі. [6]

## 4. Інтеграція з автономними системами

Найсучасніші розробки передбачають інтеграцію маніпуляторів з автономними мобільними платформами, що дозволяє роботам виконувати

складні завдання без постійної участі людини. Такі роботи використовуються в різних сферах:

- Логістика та складування, де автономні роботи з маніпуляторами можуть сортувати та транспортувати вантажі.
- Рятувальні операції в небезпечних умовах, де автономні роботи можуть перевіряти важкодоступні райони або рятувати людей без участі людини.
- Інспекція та технічне обслуговування, де роботи здатні виконувати огляди інфраструктури або ремонти в автономному режимі. [6]

## 5. Енергетична ефективність

Забезпечення енергетичної ефективності маніпуляторів є важливим аспектом для продовження терміну їх роботи та зниження витрат. Це включає:

- Покращення акумуляторних технологій, що дозволяє роботам працювати тривалий час без необхідності підзарядки.
- Оптимізація енергоспоживання маніпуляторів і мобільних платформ для ефективного використання енергії під час роботи.

## 6. Застосування в різних сферах

Сучасні маніпулятори для наземних робототехнічних платформ знаходять застосування в багатьох галузях:

- Будівництво: роботи для автоматизованих будівельних процесів, включаючи складання конструкцій або 3D-друк на місці.
- Сільське господарство: для збору врожаю, обробки ґрунту або моніторингу рослин.
- Медицина.

Маніпулятори для допомоги в хірургічних операціях або реабілітації.

- Військові і рятувальні операції.

Роботи для роботи в умовах, де людина не може працювати через небезпеку або обмежений доступ.

## 7. Ключові виклики і перспективи

Незважаючи на значний прогрес, є й кілька важливих викликів, які потребують вирішення:

- Проблеми точності та адаптивності в складних і динамічних середовищах, особливо при взаємодії з людьми або при роботі в екстремальних умовах.

- Інтеграція з існуючими системами та інфраструктурою, що вимагає відповідної стандартизації і сумісності з іншими роботизованими системами.

- Покращення людського контролю та взаємодії з роботами, особливо в складних ситуаціях, де потрібна висока гнучкість і швидка адаптація. [6]

Розвиток маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ нині переживає етап інтенсивних інновацій. Застосування цих технологій стає більш широким завдяки покращенню точності, мобільності, автономності та енергетичній ефективності. Вони значно підвищують продуктивність, безпеку та можливості в різних сферах, хоча ще залишаються значні виклики для їх застосування в більш складних і динамічних умовах.

## 1.1 КОРИСТЬ МАНІПУЛЯТОРА НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В ЖИТТІ ЛЮДИНИ

Маніпулятор на наземній робототехнічній платформі може бути дуже корисним для людини в різних сферах діяльності, оскільки він здатен виконувати завдання, які можуть бути небезпечними, важкими або одноманітними для людини. Ось кілька основних переваг і застосувань:

### 1. Автоматизація важких і повторюваних завдань.

Маніпулятори можуть виконувати завдання, які включають піднімання, переміщення або складання об'єктів, що дозволяє знизити фізичне навантаження на людину і підвищити продуктивність.

### 2. Технічне обслуговування та ремонт.

Вони можуть використовуватись для виконання складних маніпуляцій в умовах, де людське втручання обмежене (наприклад, у важкодоступних місцях, на виробничих лініях, у будівництві або навіть у космічних місцях).

### 3. Підвищення безпеки.

Маніпулятори можуть виконувати небезпечні завдання, такі як роботи з токсичними матеріалами, вибухонебезпечними речовинами або у зонах радіаційного забруднення, що зменшує ризики для здоров'я людини.

### 4. Пошуково-рятувальні операції.

Вони можуть бути використані для рятувальних робіт у важкодоступних або небезпечних місцях, де людині важко або небезпечно працювати. Наприклад, у разі землетрусів або аварій на виробництві.

### 5. Виконання точних маніпуляцій.

Маніпулятори здатні виконувати точні і складні операції, такі як складання мікроелектронних компонентів або проведення хірургічних операцій, де необхідна висока точність і контроль.

## 6. Інтерфейси для людини.

Маніпулятори можуть бути оснащені штучним інтелектом і датчиками для взаємодії з людьми, допомагаючи в процесах навчання, медичних процедурах, а також у побуті, наприклад, для допомоги літнім або інвалідам.

Завдяки таким можливостям, маніпулятори значно розширюють потенціал людини в різних галузях, підвищуючи ефективність і безпеку робочих процесів.

Робототехнічні маніпулятори, які використовуються в житті людини, мають широке застосування у різних сферах: від промисловості до медицини, логістики, аграрного сектору та навіть побуту. Вони класифікуються за кількома основними ознаками, такими як конструкція, тип використаних приводів, спосіб керування, а також сфера застосування. Ось основні класифікації та види робототехнічних маніпуляторів:

### 1. За конструкцією маніпулятора:

#### а) Рука подібні маніпулятори

Ці маніпулятори створюють модель людської руки з кількома суглобами (кінцівками), що дозволяє виконувати різноманітні маніпуляції з об'єктами.

Вони складаються з:

- Основи (для закріплення на платформі);
- Плеча та передпліччя, які забезпечують рух;
- Кінцівки (зазвичай з 3-5 суглобами), яка маніпулює об'єктами;

- Захоплення або інструменти на кінці для взаємодії з об'єктами (пальці, захвати, клешні тощо).

#### б) Гнучкі (гідравлічні або пневматичні) маніпулятори

Ці маніпулятори використовують рідину або газ для передачі енергії і руху, що дозволяє досягти більшої гнучкості та потужності, особливо в промислових застосуваннях. Вони можуть мати гнучкі трубопроводи та кінцівки, здатні працювати з важкими вантажами.

#### в) Роботи з кінематикою “паралелограм”

Такі маніпулятори мають конструкцію, де два або більше з'єднаних сегментів дозволяють виконувати складні маніпуляції з об'єктами. Це забезпечує більшу точність та стабільність під час роботи.

## 2. За типом приводу:

#### а) Електричні маніпулятори

Це найбільш поширений тип маніпуляторів, що використовує електричні мотори для приводів. Вони зазвичай характеризуються високою точністю, стабільністю в роботі і здатністю до швидкої адаптації до різних умов. Застосовуються в промисловості, медичних роботах, а також у побутових пристроях.

#### б) Гідравлічні маніпулятори

Гідравліка використовується для підвищення потужності маніпулятора, що особливо важливо при роботі з великими вантажами чи в умовах високих навантажень. Використовуються в будівництві, гірничій промисловості та інших важких галузях.

#### в) Пневматичні маніпулятори

Ці маніпулятори використовують стиснене повітря для переміщення або піднімання вантажів. Вони часто мають простіші механізми та низьку вартість, тому можуть застосовуватися в легких промислових завданнях.

### 3. За способом керування:

#### а) Автономні маніпулятори

Ці маніпулятори працюють без прямого втручання людини, використовуючи штучний інтелект, сенсори, камери та алгоритми для виконання завдань. Такі маніпулятори можуть адаптуватися до змін у навколишньому середовищі, що робить їх дуже корисними в рятувальних роботах, логістиці, інспекціях та навіть медичних операціях.

#### б) Маніпулятори з дистанційним керуванням

Ці маніпулятори використовуються, коли людина може контролювати роботу робота з відстані. Наприклад, в роботах з високим рівнем небезпеки (хімічні, радіаційні чи вибухонебезпечні зони), в медицині або для досліджень в складних умовах.

#### в) Роботи з навчанням на основі зворотного зв'язку

Ці маніпулятори можуть вчитися на основі досвіду (наприклад, через алгоритми машинного навчання), що дозволяє їм підлаштовуватися під нові умови або завдання. Вони можуть самостійно оптимізувати свої дії, виявляти та усувати помилки в процесі роботи.

### 4. За призначенням і застосуванням:

#### а) Промислові маніпулятори

Це найбільш розповсюджена категорія, що включає роботи для виконання автоматизованих завдань на виробничих лініях:

- Роботи для складання (наприклад, автомобільних частин);
- Пакувальні роботи (упаковка товарів в коробки);
- Зварювальні роботи та фарбування.

#### б) Медичні маніпулятори

Ці роботи використовуються в хірургії, для мікрохірургічних операцій, а також у реабілітації. Вони дозволяють підвищити точність операцій та зменшити ризики для пацієнтів. Наприклад, робота da Vinci для мінімально інвазивних хірургічних операцій.

#### в) Логістичні маніпулятори

Маніпулятори для автоматизації складів, транспортування вантажів на складах, у логістичних центрах і для доставки товарів. Наприклад, роботизовані платформи для переміщення товарів у великих складах.

#### г) Аграрні маніпулятори

Маніпулятори для сільськогосподарських робіт, таких як збирання врожаю, обробка ґрунту, розпилення добрив, тощо. Ці роботи дозволяють підвищити ефективність аграрного виробництва, знизивши потребу у важкій фізичній праці.

#### д) Рятувальні та дослідницькі маніпулятори

Маніпулятори, що використовуються в рятувальних роботах, наприклад, після природних катастроф або на військових операціях, а також для досліджень в екстремальних умовах, таких як космос чи океанські глибини. Такі маніпулятори можуть виконувати пошукові, розбірні та інші спеціалізовані завдання.

#### 5. За кількістю ступенів свободи (DoF):

а) Маніпулятори з обмеженою кількістю ступенів свободи

Це роботи з обмеженим набором рухів, які використовуються для простих завдань, де не потрібна висока гнучкість, наприклад, для виконання однотипних операцій (складання, сортування).

б) Маніпулятори з високою кількістю ступенів свободи

Ці маніпулятори можуть виконувати складні і точні маніпуляції, що вимагають великої гнучкості та координації, наприклад, в медицині (для проведення складних хірургічних операцій) або в аерокосмічній галузі.

Висновок

Робототехнічні маніпулятори, залежно від конструкції, приводу, способу керування та застосування, розширюють можливості людини у багатьох сферах діяльності. Вони автоматизують важкі, небезпечні або точні завдання, зменшуючи фізичне навантаження і підвищуючи ефективність і безпеку праці. Розвиток технологій дозволяє створювати дедалі складніші, автономні маніпулятори, що можуть значно змінити різні галузі: від промисловості до медицини та рятувальних операцій.

## 1.2 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В БУДІВНИЦТВІ

Маніпулятор на наземній робототехнічній платформі в будівництві — це автоматизована система, що поєднує роботизовану руку або маніпулятор з рухомою платформою, здатною переміщатися по будівельному майданчику для виконання різноманітних операцій. Вона може виконувати завдання, такі як підйом і переміщення важких матеріалів, монтаж конструкцій, обробка будівельних елементів, збирання сміття та інші роботи, які зазвичай потребують значних фізичних зусиль або високої точності.

Такі маніпулятори можуть бути оснащені різними інструментами та сенсорами, що дозволяє їм працювати в складних умовах будівельного майданчика, виконувати точні операції з матеріалами (наприклад, з'єднання елементів, кладка блоків чи плит) та адаптуватися до змінюваних умов.

Завдяки автономним або напівавтономним системам, такі платформи зменшують необхідність у фізичній праці людини, підвищують безпеку та знижують витрати часу і коштів на виконання складних або небезпечних завдань. Вони також можуть бути використані для перевірки якості будівельних матеріалів за допомогою вбудованих датчиків або камер.

З точки зору розвитку, такі роботизовані системи можуть мати значний вплив на майбутнє будівництва, зокрема в області зменшення витрат на робочу силу та підвищення ефективності будівельних процесів.

### 1.3 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Маніпулятор на наземній робототехнічній платформі в сільському господарстві — це роботизована система, що використовує маніпулятор для виконання різних завдань на аграрних підприємствах. Така платформа об'єднує роботизовану руку або маніпулятор з мобільною базою, що дозволяє їй переміщатися по сільськогосподарському лану або теплиці та виконувати широкий спектр завдань.

Основні функції маніпулятора на такій платформі можуть включати:

1. Збір урожаю — маніпулятор може бути оснащений спеціальними пристосуваннями для збирання фруктів, овочів або ягід, що дозволяє здійснювати автоматичний збір без участі людини. Це особливо корисно для таких культур, як ягоди, виноград чи м'які плоди, що потребують ніжного поводження.
2. Посів та догляд за рослинами — маніпулятори можуть використовуватися для точного розподілу насіння, внесення добрив або препаратів для захисту рослин. Вони можуть також допомогти в обрізці, проріджуванні або зборі зрілих частин рослин.
3. Транспортування та обробка матеріалів — маніпулятор може здійснювати перевезення різних матеріалів на полі або між складами, допомагаючи зберігати продуктивність та зменшувати потребу у ручній праці.
4. Моніторинг та аналіз стану рослин — маніпулятори можуть бути оснащені датчиками для моніторингу здоров'я рослин, виявлення шкідників чи хвороб. Вони можуть також проводити точне зрошення або вносити пестициди в дуже маленьких дозах, знижуючи витрати хімікатів.

5. Підтримка механізації та автоматизації — маніпулятори на таких платформах можуть виконувати складні операції, що раніше потребували ручної праці, наприклад, підготовку ґрунту, механічну прополку, обрізку рослин тощо.

Переваги використання маніпуляторів на роботизованих платформах у сільському господарстві:

- Зменшення витрат на робочу силу — автоматизація процесів дозволяє скоротити потребу в людях для виконання рутинних завдань.
- Підвищення ефективності — роботи можуть працювати без перерв, що дозволяє збільшити продуктивність і скоротити час на виконання певних завдань.
- Точність і збереження ресурсів — маніпулятори можуть виконувати роботу з високою точністю, що знижує витрати на добрива, пестициди і воду.
- Покращення якості продукту — автоматизація збору урожаю або догляду за рослинами знижує ймовірність пошкодження продукції, що є важливим для ринку високої якості.
- Стабільність у роботі в складних умовах — роботи можуть працювати в будь-яку погоду, в тому числі в умовах, де людина не зможе працювати через екстремальні температури або вологість.

Використання таких систем у сільському господарстві може значно змінити підхід до агровиробництва, зменшивши потребу в людській праці та підвищивши ефективність і сталий розвиток галузі.

## 1.4 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В МЕДИЦИНІ

Маніпулятор на наземній робототехнічній платформі в медицині може мати різноманітні застосування, покращуючи ефективність медичних процедур, знижуючи ризики для пацієнтів і медичного персоналу та підвищуючи доступність медичних послуг. Така платформа поєднує мобільність з маніпулятором, що дозволяє виконувати широкий спектр завдань у клініках, лікарнях, реабілітаційних центрах та інших медичних закладах.

Основні напрямки застосування маніпуляторів на наземних роботизованих платформах у медицині:

### 1. Хірургія:

- Маніпулятори можуть бути використані для виконання мінімально інвазивних операцій, таких як лапароскопія або роботизовані хірургічні операції. Роботизовані системи дозволяють хірургу працювати з високою точністю, зменшуючи ймовірність помилок і скорочуючи час на відновлення пацієнта після операції.

- Маніпулятори можуть використовуватися для точного управління інструментами, необхідними для виконання складних процедур, таких як біопсії або операції на органах.

### 2. Підтримка та допомога в процедурних кімнатах:

- Маніпулятори можуть транспортувати інструменти, ліки або медичні засоби по лікарні або клініці, звільняючи медичний персонал від фізичної праці.

- Вони можуть виконувати рутинні завдання, такі як підготовка операційних столів, подача необхідних матеріалів або очищення інструментів.

### 3. Реабілітація:

- Маніпулятори можуть використовуватись у реабілітаційних цілях, допомагаючи пацієнтам з руховими порушеннями (наприклад, після інсульту чи травм) виконувати фізичні вправи або підтримувати рухову активність під час реабілітаційного процесу.

- Такі роботизовані платформи можуть бути оснащені різними інструментами для проведення фізіотерапії, масажу або для полегшення відновлення рухових функцій пацієнта.

### 4. Медичні вантажоперевезення:

- Маніпулятори можуть бути використані для транспортування важких вантажів у медичних закладах, таких як медичне обладнання, ліки або органи для трансплантації.

- Роботизовані системи можуть переміщати запаси крові, ліки або зразки, знижуючи ризики для медичних працівників та оптимізуючи процеси логістики в лікарнях.

### 5. Моніторинг і діагностика:

- Маніпулятори можуть бути оснащені сенсорами для проведення аналізу стану пацієнтів. Наприклад, вони можуть використовуватися для точного вимірювання життєво важливих показників (температури, тиску, пульсу), автоматично фіксуючи і передаючи дані лікарям.

- Вони також можуть допомагати у проведенні обстежень, наприклад, у зборі зразків для лабораторних досліджень.

### 6. Дистанційна медицина та телемедицина:

- Маніпулятори на мобільних роботизованих платформах можуть використовуватись у телемедичних системах для виконання завдань на відстані. Наприклад, роботизовані маніпулятори можуть допомагати лікарю в проведенні консультацій, процедур або навіть операцій, що здійснюються дистанційно.

- У разі необхідності, маніпулятори можуть передавати медикаменти чи інші медичні засоби за допомогою інтегрованих систем.

Переваги використання маніпуляторів у медицині:

- Зниження ризиків для пацієнтів — висока точність та стабільність рухів маніпуляторів знижують ймовірність помилок, зокрема в хірургії та діагностиці.

- Зменшення навантаження на медичний персонал — роботизація рутинних завдань дозволяє медичним працівникам зосередитись на складніших завданнях.

- Підвищення ефективності лікування — роботизовані системи можуть забезпечити швидке виконання процедур, що покращує доступ до медичних послуг та скорочує час на реабілітацію.

- Зниження витрат на лікування — автоматизація медичних процесів знижує витрати на персонал та час, що витрачається на виконання рутинних завдань.

Використання маніпуляторів на роботизованих платформах у медицині є перспективним напрямком для підвищення якості медичних послуг, особливо в умовах збільшення попиту на медичні послуги та зменшення доступу до кваліфікованого медичного персоналу в деяких регіонах.

## 1.5 МАНІПУЛЯТОР НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ В ВІЙСЬКОВИХ ТА РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Маніпулятор на наземній робототехнічній платформі в військових та рятувальних операціях є важливим інструментом для підвищення ефективності виконання завдань у складних і небезпечних умовах. Роботизовані системи з маніпуляторами можуть значно знизити ризики для людських життів і збільшити швидкість реагування на надзвичайні ситуації.

Основні застосування маніпуляторів на наземних роботизованих платформах у військових та рятувальних операціях:

### 1. Розмінування:

- Роботизовані маніпулятори можуть бути оснащені спеціальними інструментами для виявлення та знешкодження мін і вибухонебезпечних предметів (ВНП). Такі системи можуть працювати на небезпечних територіях, де перебування людини є надто ризикованим.

- Маніпулятори можуть обережно переміщати підозрілі об'єкти, знешкоджувати або навіть нейтралізувати вибухові пристрої за допомогою точних і контрольованих дій.

### 2. Перевезення та розвантаження вантажів:

- Військові та рятувальні операції часто потребують транспортування важких вантажів у важкодоступні або небезпечні зони. Маніпулятори на роботизованих платформах можуть транспортувати боєприпаси, медикаменти, техніку чи обладнання в місця, де людина не може або не повинна працювати.

- Вони можуть здійснювати розвантаження вантажів на фронті або в постраждалих районах під час рятувальних операцій.

### 3. Пошуково-рятувальні операції:

- Під час природних катастроф, землетрусів, обвалів або вибухів маніпулятори можуть бути використані для очищення завалів, пошуку потерпілих або транспортування поранених.

- Вони здатні обережно рухати великі об'єкти, витягувати людей із зруйнованих будівель або передавати рятувальні матеріали (наприклад, медичні пакети, воду, інструменти).

- Маніпулятори можуть бути оснащені камерами та датчиками для виявлення людей під завалами або в інших важкодоступних місцях.

### 4. Обслуговування та ремонт техніки в польових умовах:

- Військові маніпулятори можуть допомогти в обслуговуванні техніки та обладнання в польових умовах, зокрема в ремонті бронетехніки, артилерії або інших військових машин, де робота вимагає точності та ретельності.

- Вони можуть здійснювати діагностику та виконувати ремонтні роботи навіть під час бойових дій або в умовах, коли доступ до техніки для людини є обмеженим.

### 5. Нейтралізація небезпечних матеріалів та зброї:

- Маніпулятори можуть бути оснащені інструментами для роботи з хімічними, біологічними або ядерними матеріалами, що дозволяє нейтралізувати загрози без ризику для життя людей.

- Вони можуть проводити перевірку на радіацію, а також бути використані для транспортування або обробки підозрілих чи небезпечних матеріалів.

6. Тактичні операції та патрулювання:

- У військових операціях маніпулятори можуть використовуватись для виконання завдань на передовій, таких як перевірка будівель чи територій на наявність загроз або забезпечення охорони стратегічних об'єктів.

- Завдяки своїй мобільності та оснащенню сенсорами, маніпулятори можуть виконувати патрулювання, виявляти ворога або підозрілі об'єкти.

Переваги використання маніпуляторів у військових і рятувальних операціях:

- **Безпека персоналу:** Основна перевага використання роботизованих маніпуляторів — це можливість виконувати небезпечні завдання без ризику для життя людей. Наприклад, розмінування, робота з вибухівкою або рятування в умовах, де є загроза обвалу, стають значно безпечнішими.

- **Швидкість та ефективність:** Роботизовані системи можуть працювати без перерви, у тому числі в умовах екстремальних температур, поганої видимості або під високим тиском. Це дозволяє пришвидшити проведення операцій і збільшити їх ефективність.

- **Точність і контроль:** Маніпулятори можуть виконувати складні завдання, такі як нейтралізація вибухових пристроїв або точне транспортування чутливих вантажів, з високою точністю, що знижує ймовірність помилок.

- **Зниження навантаження на людей:** Замість того щоб надсилати людину в небезпечну зону, можна використовувати роботизовану платформу

для виконання завдання, що значно знижує ризики травм і смертей серед військових або рятувальників.

- Універсальність: Такі системи можуть використовуватись у різних умовах — від бойових дій до природних катастроф, що робить їх надзвичайно універсальними інструментами для різних типів операцій.

Приклади вже існуючих систем:

- Робот-сапер (наприклад, PackBot або Talon від компанії iRobot) активно використовуються для розмінування та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

- Роботизовані платформи для рятувальних операцій (наприклад, RoboRescue) можуть транспортувати рятувальників або допоміжні матеріали в умовах природних катастроф, таких як землетруси або обрушення будівель.

- Роботи для перевезення та транспортування боєприпасів активно використовуються в арміях для безпечного транспортування та логістики на фронті.

Маніпулятори на наземних роботизованих платформах у військових і рятувальних операціях дозволяють значно підвищити ефективність, знизити ризики та покращити безпеку у надзвичайних ситуаціях.

## 1.6 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ ВИДИ МАНІПУЛЯТОРІВ НА НАЗЕМНІЙ РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Маніпулятори на наземних робототехнічних платформах використовуються в різних сферах для виконання складних або небезпечних завдань, таких як транспортування, обробка, збирання, обстеження та багато інших. Вони можуть мати різну конструкцію та принципи роботи в залежності від специфіки завдання та середовища. Нижче наведена класифікація маніпуляторів на наземних робототехнічних платформах за різними критеріями.

### 1. За конструкцією маніпулятора:

#### а) Рукаподібні маніпулятори (Лінійні маніпулятори)

Ці маніпулятори імітують рухи людської руки, мають кілька суглобів (зазвичай 3-7 ступенів свободи) та кінцівки для виконання маніпуляцій з об'єктами. Вони можуть бути оснащені різними інструментами на кінці для захоплення, перетаскування або виконання операцій, таких як свердління чи зварювання.

Їхні переваги – це висока гнучкість, здатність виконувати широкий спектр операцій, схожих на людські рухи.

Застосовуються у логістиці, збиранні, сортуванні, розпакуванні, у медичних маніпуляціях, ремонті.

#### б) Гнучкі маніпулятори (гідравлічні, пневматичні)

Ці маніпулятори працюють на основі гідравліки або пневматики, що дозволяє досягати більшої потужності при меншій вазі та компактності порівняно з електричними аналогами.

Їх переваги - це працювати з важкими вантажами, використовуються в умовах великого навантаження. Застосовуються у промисловості (будівництво, гірничодобувна промисловість), рятувальних операціях, обробці важких матеріалів.

#### в) Роботи з паралелограмною кінематикою

Це маніпулятори з конструкцією, що дозволяє виконувати точні та стабільні маніпуляції завдяки поєднанню декількох з'єднаних сегментів.

Їх переваги - це висока точність, стабільність, зручність для точних маніпуляцій.

Застосовуються у складальних лініях, автоматизації лабораторних процесів.

## 2. За типом приводу:

### а) Електричні маніпулятори

Це найбільш популярні маніпулятори, які використовують електричні мотори для руху своїх суглобів. Вони зазвичай мають високу точність та швидкість, що робить їх підходящими для виконання складних завдань.

Їх переваги – це висока точність, економічність, простота керування. Застосовуються у промисловій роботі, лабораторних маніпуляціях, медичних операціях, рятувальних роботах.

### б) Гідравлічні маніпулятори

Ці маніпулятори працюють за допомогою гідравлічного тиску, що дозволяє досягти великої сили при невеликих розмірах.

Їх переваги – великі навантаження, здатність працювати в важких умовах.

Застосовуються у важкій промисловості, будівництві, вантажопідйомній роботі.

### в) Пневматичні маніпулятори

Використовують стиснене повітря для передачі енергії і руху. Вони зазвичай легші та простіші в конструкції, але менш потужні порівняно з гідравлічними.

Їх переваги – легкість конструкції, простота обслуговування, економічність.

Застосовуються у легкій промисловій роботі, сортуванні товарів, автоматизації складських процесів.

## 3. За способом керування:

### а) Автономні маніпулятори

Ці маніпулятори працюють самостійно, використовуючи вбудовані сенсори, камери, алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для виконання завдань. Вони можуть адаптуватися до змінюваних умов середовища.

Їх переваги – не потребують постійного втручання людини, високий рівень автономії.

Застосовуються у рятувальних операціях, військових операціях.

### б) Маніпулятори з дистанційним керуванням

Ці маніпулятори зазвичай мають оператора, який контролює їх роботу на відстані через пульт або спеціалізовану систему управління.

Їх переваги – можливість контролю в реальному часі, зручність для людей, що працюють у небезпечних умовах.

Застосовуються у операціях в екстремальних умовах (наприклад, на радіоактивних об'єктах, в зонах після катастроф).

### в) Маніпулятори з інтерфейсом «людина-робот»

Ці маніпулятори мають можливість безпосередньої взаємодії з людиною, наприклад, через спеціальні рукавички, сенсорні екрани або інші пристрої, що забезпечують тактильний зворотний зв'язок.

Їх переваги - підвищення точності маніпуляцій, можливість виконувати складні завдання з безпосереднім контролем людини.

Застосовуються у медицині (хірургічні операції), виробничих лініях, навчальних та дослідницьких роботах.

#### 4. За кількістю ступенів свободи (DoF):

##### а) Маніпулятори з низьким числом ступенів свободи (3-4 DoF)

Ці маніпулятори мають обмежену кількість рухів, що дозволяє їм виконувати базові завдання, такі як піднімання або переміщення об'єктів у визначеному просторі.

Їх переваги - простота, економічність, достатньо для простих завдань.

Застосовуються у логістиці, складуванні, сортуванні.

##### б) Маніпулятори з високим числом ступенів свободи (5-7 DoF і більше)

Маніпулятори з великою кількістю ступенів свободи здатні виконувати складніші рухи і маніпуляції, що дозволяє виконувати точніші та складніші завдання, зокрема в умовах змінного або складного середовища.

Їх переваги - велика гнучкість, здатність виконувати точні та складні маніпуляції.

Застосовуються у складальних роботах, ремонті, медичних операціях, пошуково-рятувальних роботах.

#### 5. За сферою застосування:

##### а) Промислові маніпулятори

Ці маніпулятори використовуються для автоматизації процесів на виробництві та складах. Вони здатні виконувати такі завдання, як складання, збирання, пакування, зварювання, фарбування тощо. Застосовуються у автомобільній промисловості, електроніці, текстильній промисловості, харчовій промисловості.

#### б) Медичні маніпулятори

Маніпулятори для медичних застосувань включають роботи для хірургічних операцій, реабілітаційних процедур, а також для догляду за пацієнтами.

Застосовуються у хірургії (наприклад, роботи типу da Vinci), реабілітації, догляді за пацієнтами, лікарняному обслуговуванні.

#### в) Рятувальні та дослідницькі маніпулятори

Вони використовуються для проведення робіт в екстремальних умовах, таких як після стихійних лих, аварій на виробництві, на місцях, де є небезпека для людини (наприклад, в зонах радіаційного забруднення).

Застосовуються у рятувальних операціях, обстеженнях в небезпечних зонах, дослідженні на космічних станціях.

## 1.7 СУХОПУТНІ МАНІПУЛЯТОРИ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Сухопутні маніпулятори на робототехнічній платформі — це роботизовані системи, які поєднують маніпулятор (захватний або виконувальний механізм) з наземною мобільною платформою (колісною, гусеничною або багатоногою), що дозволяє їм переміщатися по землі та виконувати складні маніпуляції в різних умовах. Ці роботи широко застосовуються в промисловості, логістиці, медицині, сільському господарстві, рятувальних операціях та інших галузях.

Основні характеристики та класифікація сухопутних маніпуляторів на робототехнічних платформах

### 1. Типи мобільних платформ для маніпуляторів

- Колісні платформи: Це найбільш поширений тип мобільних платформ. Колісні роботи зазвичай мають високу швидкість руху по рівних поверхнях і добре підходять для виконання простих маніпуляцій на великих площах. Їх переваги швидкість, маневреність на рівних поверхнях, простота конструкції. Застосовуються у логістиці, складуванні, інспекціях, пошуку і порятунках.
- Гусеничні платформи: Вони мають перевагу в пересуванні по нерівних або складних поверхнях, таких як бруд, пісок або сніг. Гусениці дозволяють роботам подолати перешкоди та забезпечують високу прохідність. Їх переваги прохідність по складних поверхнях, стабільність. Застосовуються у роботі в важкодоступних місцях, рятувальних операціях, землерийній роботі.
- Багатоногі (п'ятиногі або більше) платформи: Це платформи, що використовують кілька «ног» для руху, що дозволяє досягати високої маневреності та стабільності в складних умовах.

Їх перевага - висока прохідність в умовах складного рельєфу, підвищена стабільність. Застосовуються у лабораторіях, дослідженні на Марсі, рятувальні роботи на нерівних поверхнях. [7]

## 2. Типи маніпуляторів для сухопутних роботів

Маніпулятори на наземних роботах зазвичай мають кілька суглобів і можуть виконувати різноманітні функції в залежності від завдання.

- Рукаподібні маніпулятори: Мають кілька суглобів, що дозволяє роботу виконувати рухи, схожі на людські руки. Вони використовуються для маніпулювання об'єктами, збору, складання, транспортування вантажів. Застосовуються у логістиці, складанні, ремонті, збиранні врожаю.

- Гнучкі маніпулятори: Використовують гідравлічні або пневматичні системи для виконання маніпуляцій, що дозволяє роботам працювати з великими або важкими об'єктами. Застосовуються у важких виробничих роботах, транспортуванні важких вантажів, аварійно-рятувальних операціях.

- Маніпулятори з паралелограмною кінематикою: Ці маніпулятори дозволяють виконувати дуже точні та стабільні рухи завдяки їх конструкції, що зберігає певну геометрію руху. Застосовуються у автоматизації складних промислових процесів, точних маніпуляціях на виробничих лініях. [7]

## 3. Типи приводів маніпуляторів

- Електричні маніпулятори: Використовують електричні мотори для руху кінцівок. Це найбільш поширений тип приводів завдяки своїй точності, зручності та економічності. Переваги: Висока точність, енергоефективність, компактність. Застосування: Промисловість, автоматизація, медичні роботи.

- Гідравлічні маніпулятори: Використовують рідину під тиском для руху кінцівок, що дозволяє отримати великі сили при менших розмірах порівняно з електричними приводами. [7] Їх переваги – це висока потужність, здатність працювати з важкими вантажами. Застосовуються у складних та важких маніпуляціях, на будівництві, гірничодобувній промисловості.

- Пневматичні маніпулятори: Використовують стиснене повітря для виконання маніпуляцій, що дозволяє досягти легких і простих рухів, але з меншою потужністю порівняно з гідравлічними системами. Переваги: Простота конструкції, дешевизна, енергетична ефективність. Застосовуються у легкій роботі, сортуванні, автоматизації складських процесів.

#### 4. За способом керування:

- Автономні маніпулятори: Використовують інтелектуальні системи для самостійної роботи. Вони можуть пристосовувати свої дії до змін в навколишньому середовищі завдяки вбудованим сенсорам та алгоритмам машинного навчання. Застосовуються у рятувальних операціях, інспекціях, моніторингу, військових застосуваннях.

- Дистанційно керовані маніпулятори: Оператор контролює роботу маніпулятора на відстані за допомогою пульта або через інтерфейс на екрані. Застосовуються у роботі в небезпечних зонах (радіаційно забруднені, після стихійних лих), медичних операціях, аварійно-рятувальних роботах. [7]

#### 5. Застосування сухопутних маніпуляторів

- Промисловість та логістика: Маніпулятори часто використовуються на складі для транспортування вантажів, сортування, пакування товарів, а також для виконання зварювальних або монтажних робіт. Застосовуються у автоматизації виробничих ліній, складуванні, пакуванні, розподільчих центрах.

- Рятувальні операції: В умовах, коли людина не може працювати через небезпеку (наприклад, після землетрусів, вибухів), сухопутні маніпулятори використовуються для пошуку потерпілих, перевезення об'єктів, огляду небезпечних територій. Застосовуються у пошуках і порятунках, у роботі в небезпечних умовах.

- Медицина: Роботи з маніпуляторами використовуються для виконання хірургічних операцій або допомоги в реабілітаційних процедурах, а також для доставки медикаментів та інструментів в лікарнях. Застосування: Хірургія (наприклад, роботи типу da Vinci), доставка медичних препаратів. [7]

- Аграрний сектор: Сухопутні маніпулятори використовуються для автоматизованого збору врожаю, обробки ґрунту, посіву та догляду за рослинами. Застосування: Збір врожаю, обробка ґрунту, сортування. [7]

Сухопутні маніпулятори на робототехнічних платформах здатні виконувати широкий спектр завдань завдяки високій мобільності, гнучкості та здатності працювати в складних умовах. Вони значно підвищують ефективність і безпеку роботи в різних галузях — від промисловості до рятувальних операцій. Подальший розвиток автономних систем, штучного інтелекту та сенсорних технологій дозволить розширити можливості цих роботів і зробити їх ще більш корисними в повсякденному житті. [7]

## 1.8 МОРСЬКІ МАНІПУЛЯТОРИ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Морські маніпулятори на робототехнічних платформах — це роботизовані системи, призначені для виконання різноманітних маніпуляцій на воді або під водою. Вони інтегруються з мобільними морськими платформами, такими як автономні підводні апарати (AUV), дистанційно керовані підводні апарати (ROV), або надводні роботизовані платформи (наприклад, безпілотні судна). Морські маніпулятори можуть виконувати різні завдання, включаючи дослідження, обстеження, збирання даних, проведення ремонтних робіт, а також виконання аварійно-рятувальних операцій.

Основні характеристики та класифікація морських маніпуляторів

### 1. Типи морських платформ для маніпуляторів

- Автономні підводні апарати (AUV):

AUV — це автономні апарати, які використовуються для дослідження океанів, збору даних і виконання маніпуляцій без постійного контролю з боку людини. Вони зазвичай працюють на певній глибині і можуть оснащуватися маніпуляторами для виконання завдань, таких як збирання проб, перевірка трубопроводів, огляд об'єктів. Застосування: дослідження морського дна, екологічні дослідження, моніторинг стану трубопроводів та інших підводних структур.

- Дистанційно керовані підводні апарати (ROV):

ROV — це апарати, які зазвичай управляються оператором з поверхні, але можуть мати автономні функції для виконання певних завдань. ROV використовуються для виконання ремонтних робіт, перевірки стану підводних об'єктів, монтажу підводних конструкцій або збору зразків з морського дна.

Застосування: ремонт та обслуговування підводних трубопроводів, нафтогазових платформ, океанографічні дослідження, рятувальні операції.

- Безпілотні надводні платформи (USV):

Безпілотні надводні платформи можуть використовувати маніпулятори для виконання завдань на поверхні води. Такі роботи можуть бути використані для спостереження, доставки вантажів, а також для маніпуляцій, таких як обробка об'єктів на поверхні води або на водному транспорті. Застосування: Патрулювання морських територій, дослідження морських екосистем, доставка вантажів, забезпечення безпеки морського руху.

## 2. Типи маніпуляторів для морських робіт

Морські маніпулятори повинні враховувати специфічні умови роботи в воді, таких як тиск, корозія, гнучкість рухів в обмеженому просторі та вимоги до точності і потужності.

- Гідравлічні маніпулятори:

Гідравлічні системи використовуються для створення великого моменту сили при невеликій вазі і розмірах. Це робить їх ідеальними для підводних робіт, де необхідна висока потужність для виконання складних завдань, таких як обробка важких об'єктів або виконання маніпуляцій на великих глибинах. Застосовуються у підводних монтажах, ремонтах підводних трубопроводів, збиранні важких об'єктів.

- Електричні маніпулятори:

Вони зазвичай використовуються в апаратах, що працюють на менших глибинах і виконують менш потужні маніпуляції. Електричні маніпулятори мають високу точність і ефективність, а також можуть бути більш компактними порівняно з гідравлічними. Застосовуються у дослідженні,

огляді, збиранні зразків з морського дна, перевірці стану об'єктів, патрулюванні.

- Пневматичні маніпулятори:

Використовують стиснене повітря для маніпуляцій. Пневматичні системи є менш поширеними для морських маніпуляторів через обмеження в глибинах роботи, але можуть бути корисними для маніпуляцій у воді на дрібних глибинах або для роботи в обмеженому просторі. Застосовуються у легкій підводній маніпуляції, сортуванні, зборах проб з води.

### 3. Особливості та вимоги до морських маніпуляторів

- Водонепроникність та корозійна стійкість:

Однією з головних вимог до морських маніпуляторів є їхня здатність витримувати агресивне середовище морської води, особливо на великих глибинах. Маніпулятори повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до корозії (наприклад, нержавіючої сталі, титану або спеціальних сплавів).

- Тиск та глибина роботи:

Маніпулятори повинні бути здатні працювати під високим тиском, що виникає на великих глибинах. Це вимагає застосування спеціальних ущільнювальних матеріалів, гідравлічних і електричних компонентів, які можуть витримувати великі глибини.

- Точність та маневреність:

Маніпулятори повинні мати високу точність рухів для виконання складних завдань в обмеженому просторі (наприклад, при маніпулюванні зразками або в процесі ремонту підводних об'єктів).

- Енергетична ефективність:

Оскільки морські маніпулятори працюють у віддалених умовах, важливою вимогою є енергоефективність. Системи живлення повинні бути стійкими до тривалого використання, зокрема в умовах обмежених ресурсів (наприклад, сонячні батареї, акумулятори або генератори).

#### 4. Застосування морських маніпуляторів

Морські маніпулятори мають безліч застосувань, які охоплюють широкий спектр галузей:

- Океанографічні та екологічні дослідження:

Маніпулятори на морських роботах використовуються для збору проб води, дослідження морського дна, дослідження морських екосистем, а також для моніторингу стану океанів.

- Ремонт і технічне обслуговування підводних структур:

Для ремонту підводних трубопроводів, кабелів, нафтових платформ, а також для перевірки стану судноплавних ліній.

- Пошуково-рятувальні операції:

У випадку катастроф або аварій на морі маніпулятори можуть використовуватися для пошуку затонулих об'єктів, евакуації людей та надання допомоги.

- Збирання зразків і археологічні дослідження:

Для археологів і науковців, що працюють на морському дні, маніпулятори допомагають збирати зразки для досліджень, вивчати історичні залишки, а також працювати з предметами, які можуть бути дуже важкими або делікатними.

- Військові застосування:

У військових операціях морські маніпулятори можуть застосовуватися для виконання підводних завдань, таких як розмінування, моніторинг водних територій або інспекція підводних об'єктів.

Морські маніпулятори на робототехнічних платформах є важливими інструментами для виконання різноманітних завдань в умовах моря та океану. Вони мають великий потенціал для підвищення ефективності та безпеки в таких галузях, як дослідження, технічне обслуговування, рятувальні операції та екологічний моніторинг. Розвиток таких технологій, включаючи автономність, енергоефективність і стійкість до екстремальних умов, відкриває нові можливості.

## 1.9 ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

Розвиток маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ нині переживає етап інтенсивних інновацій. Застосування цих технологій стає більш широким завдяки покращенню точності, мобільності, автономності та енергетичній ефективності. Вони значно підвищують продуктивність, безпеку та можливості в різних сферах, хоча ще залишаються значні виклики для їх застосування в більш складних і динамічних умовах.

Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи є важливим кроком у розвитку автономних роботів. Успішне поєднання механічної конструкції, приводів та системи управління забезпечує високу ефективність маніпуляцій і дозволяє застосовувати такі системи в різних сферах — від промисловості до рятувальних місій. Подальші дослідження в цій області можуть включати вдосконалення алгоритмів управління та інтеграцію новітніх технологій для покращення функціональних характеристик маніпуляторів.

## РОЗДІЛ 2

### 2.1 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ МАНІПУЛЯТОРА НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Проектування механічної конструкції маніпулятора на робототехнічній платформі — це складний процес, що вимагає комплексного підходу до визначення вимог, вибору компонентів та їх інтеграції в єдину систему. Основна мета — створити робочу конструкцію, яка здатна виконувати конкретні завдання з високою точністю, ефективністю та надійністю, а також мати відповідні характеристики рухливості та маневреності. Ось основні етапи проектування такої конструкції:

#### 1. Визначення вимог до маніпулятора

Перш ніж почати проектування, необхідно чітко визначити функції, які має виконувати маніпулятор, а також його робочі умови. Це включає:

- Тип завдань: збирання матеріалів, транспортування, обробка, розвантаження, точні операції тощо.
- Робочі умови: температура, вологість, пил, атмосферний тиск, фізичні обмеження (наприклад, розміри майданчика).
- Максимальна вага і габарити: розміри та вагу об'єктів, з якими маніпулятор буде працювати.
- Механічні та динамічні характеристики: швидкість рухів, точність позиціонування, вантажопідйомність.
- Тип платформи: наземна (колісна, гусенична) чи іншого типу (наприклад, повітряна, водяна).

## 2. Конструкція механізму маніпулятора

Основна частина проектування полягає в розробці механічної структури самого маніпулятора. Ключові компоненти конструкції:

- Рама маніпулятора:
- Вибір матеріалу для конструкції залежить від вимог до ваги, міцності та жорсткості. Наприклад, алюмінієві сплави або сталеві конструкції можуть забезпечити потрібну міцність при помірному вазі.
- Рама повинна бути легкою і в той же час достатньо міцною для забезпечення стабільності та стійкості під час роботи.
- Кінематика маніпулятора:
- Тип кінематики: Це може бути ротаційний маніпулятор (де кінцівки виконують рухи на осі обертання) або лінійний маніпулятор (де рухи кінцівок здійснюються по прямій лінії).
- Визначення кількості ступенів свободи: кожен ступінь свободи дозволяє маніпулятору виконувати окрему операцію. Зазвичай для точних операцій потрібно від 6 до 7 ступенів свободи.
- Силкові приводи:
- Актуатори: Вибір між електричними, пневматичними або гідравлічними приводами залежить від вимог до потужності, розмірів і вартості. Електричні мотори найчастіше використовуються в роботах з меншими навантаженнями.
- Передавальні механізми: Шестерні, ланцюги або ремені для передачі крутного моменту від моторів до кінцівок маніпулятора.
- Кінцівка маніпулятора (ефектор):

- Вибір типу кінцівки залежить від завдання: це може бути захоплювач, палець, щипці або спеціалізовані інструменти (наприклад, для збирання чи обробки матеріалів).
- Для забезпечення маніпуляції з різними типами об'єктів важливо вибирати універсальні захоплювачі або використовувати спеціалізовані насадки для конкретних завдань.

### 3. Сенсори та контролери

Для точної роботи маніпулятора необхідно забезпечити зворотний зв'язок з навколишнім середовищем:

- Сенсори позиціонування: використання енкодерів, датчиків для визначення положення кінцівок маніпулятора.
- Сенсори для захоплення об'єктів: можуть бути встановлені датчики для визначення сили захоплення (тактильні сенсори, тензодатчики).
- Датчики навколишнього середовища: для визначення перешкод, вимірювання температури, вологості тощо.
- Візуальні сенсори (камери) для стеження за об'єктами, їх розпізнавання та орієнтації в просторі.

### 4. Мобільна платформа

Маніпулятор часто розташовується на мобільній платформі, що дозволяє йому переміщатися в межах робочої зони.

- Тип платформи: колісна, гусенична або роботизована платформа для маневрування по різних поверхнях.
- Приводи та колеса: Вибір між мотор-колесами для кращої маневреності або гусеницями для стабільності в складних умовах.

## 5. Інтеграція і система керування

- Програмне забезпечення для управління: Реалізація програмного забезпечення для точного управління маніпулятором, інтеграція з сенсорами та контролерами.
- Алгоритми керування: Для забезпечення високої точності та ефективності маніпулятора необхідно розробити алгоритми, які дозволяють маніпулятору виконувати точні рухи, коригувати дії залежно від змінних умов і забезпечувати інтерактивність з операторами або автономними системами.
- Інтерфейс керування: Це може бути операторський інтерфейс (наприклад, джойстик або планшет) або автономна система з використанням штучного інтелекту для автоматичного виконання завдань.

## 6. Тестування та оптимізація

Після виготовлення прототипу маніпулятора необхідно провести тести для перевірки:

- Механічної міцності конструкції.
- Точності і стабільності рухів.
- Взаємодії сенсорів та ефективності системи керування.
- Роботи маніпулятора в реальних умовах.

## Висновок

Проектування механічної конструкції маніпулятора на робототехнічній платформі — це складний та багатогранний процес, що вимагає детального аналізу завдань, умов експлуатації та вимог до надійності. Важливо враховувати всі аспекти конструкції, включаючи механіку, електроніку, сенсори, програмування та інтеграцію з мобільною платформою, щоб

створити ефективну та надійну роботизовану систему для конкретного застосування.

## 2.2 ВИБІР ВІДПОВІДНИХ ПРИВОДІВ ТА АКТУАТОРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ТОЧНОСТІ ТА ШВИДКОСТІ МАНІПУЛЯЦІЙ.

Вибір приводів та актуаторів для маніпулятора на робототехнічній платформі є ключовим етапом проектування, оскільки вони визначають точність, швидкість, потужність та ефективність виконання маніпуляцій. Під час вибору приводів потрібно враховувати такі чинники, як тип завдання, розміри та вага маніпулятора, необхідна точність та швидкість руху, а також робочі умови. Розглянемо різні типи приводів та актуаторів, які можна використовувати, і як вони впливають на функціональність маніпулятора.

### 1. Типи приводів і актуаторів

Актуатори є механічними пристроями, які забезпечують рух маніпулятора. Вони можуть бути пневматичними, гідравлічними або електричними. Вибір залежить від вимог до маніпулятора, таких як точність, швидкість і сила, а також специфічних умов роботи.

#### 1.1 Електричні приводи

Електричні актуатори є найбільш популярними завдяки їх простоті, точності та енергоефективності. Вони використовуються в тих випадках, коли необхідна висока точність управління та контроль над рухами.

- Мотори постійного струму (DC):

Переваги: простота в управлінні, висока точність, відносно низька вартість, легкість інтеграції з електронними системами керування.

Застосування: використовуються для більшості маніпуляцій з малими навантаженнями, де потрібна висока швидкість і точність.

- Серводвигуни (серводвигуни з зворотним зв'язком):

Переваги: висока точність, можливість регулювання швидкості та крутного моменту, здатність до зворотного зв'язку для точного управління.

Застосування: використовуються для точних рухів маніпулятора, наприклад, для підйому або розташування об'єктів, а також для роботи з важкими предметами, коли важлива стабільність рухів.

- Крокові мотори:

Переваги: висока точність позиціонування, відсутність необхідності в зворотному зв'язку (на відміну від серводвигунів).

Застосування: використовуються, коли необхідна чітка позиція при постійній швидкості обертання, наприклад, для точного позиціонування при маніпуляціях.

## 1.2 Гідравлічні приводи

Гідравлічні актуатори використовують тиск рідини для створення руху, що дозволяє отримувати високий крутний момент і великі сили, що важливо при роботі з важкими об'єктами. Переваги: дуже високий крутний момент при відносно малих розмірах, можливість працювати з великими навантаженнями.

Недоліки: потрібно підтримувати систему в робочому стані (помпи, трубопроводи), ризик витоків і необхідність в обслуговуванні. Застосування: використовуються, коли маніпулятор повинен працювати з важкими або великими об'єктами, наприклад, у промислових маніпуляторах або в будівельних роботах.

## 1.3 Пневматичні приводи

Пневматичні актуатори працюють за рахунок стисненого повітря, що передається через систему трубок до циліндрів. Вони можуть генерувати

швидкі рухи, але мають обмежену здатність до контролю сили. Переваги: швидкість руху, простота конструкції, менше навантаження на систему. Недоліки: обмежена точність в управлінні силою, необхідність в компресорних системах для подачі стисненого повітря. Застосування: застосовуються в легких роботах, де важлива швидкість, але не потрібен надмірний крутний момент (наприклад, у маніпуляторах для упаковки, транспортування).

## 2. Вибір актуаторів для забезпечення точності та швидкості

Ключові фактори, які визначають вибір актуаторів для маніпулятора:

### 2.1 Точність позиціонування

Для досягнення високої точності при маніпуляціях необхідні актуатори з високим ступенем зворотного зв'язку. Найкращими кандидатами є:

- Серводвигуни — мають вбудовані датчики зворотного зв'язку, що дозволяє точно контролювати положення.
- Крокові мотори — забезпечують точне позиціонування, але потребують налаштування контролера для точності при змінах навантаження.

### 2.2 Швидкість

Якщо маніпулятор потребує швидких рухів для виконання рутинних завдань або швидкої адаптації до змін в обстановці, слід використовувати:

- Мотори постійного струму (DC) — швидко реагують на зміну сигналу управління.
- Пневматичні системи — забезпечують високу швидкість руху при порівняно невеликих навантаженнях.

### 2.3 Сила (крутний момент)

Для завдань, що вимагають великих сил (наприклад, підйом важких об'єктів або монтаж конструкцій), найкращим вибором будуть:

- Гідравлічні актуатори — забезпечують дуже великий крутний момент при компактних розмірах.
- Електричні серводвигуни з великим крутним моментом — для більш точного контролю і стабільної роботи з важкими навантаженнями.

#### 2.4 Енергоефективність

- Електричні актуатори зазвичай є енергоефективними, особливо серводвигуни та крокові мотори, оскільки вони не потребують великої кількості додаткової енергії для підтримки руху.
- Гідравлічні та пневматичні актуатори зазвичай потребують додаткових енергетичних систем для підтримки їх роботи (наприклад, насосів або компресорів).

### 3. Інтеграція приводів з системою керування

Крім вибору приводів та актуаторів, важливо правильно інтегрувати їх з електронною системою керування маніпулятором. Це включає:

- Контролери: необхідно використовувати мікроконтролери або спеціалізовані керуючі плати для управління двигунами та моніторингу зворотного зв'язку від сенсорів.
- Алгоритми управління: алгоритми для керування швидкістю, позиціонуванням і силою, які можуть базуватись на методах зворотного зв'язку (PID-контролери, адаптивне керування тощо).
- Зворотний зв'язок: важливо мати датчики для контролю положення та сили, такі як енкодери, тензодатчики або поточні сенсори.

## Висновок

Правильний вибір приводів і актуаторів для маніпулятора на робототехнічній платформі залежить від багатьох факторів, таких як точність, швидкість, сила, енергоефективність та специфіка завдання. В електричних приводах часто зручніше використовувати серводвигуни або крокові мотори для високої точності, в той час як гідравлічні та пневматичні системи більше підходять для завдань з великими навантаженнями або швидким рухом.

## 2.3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Розробка системи управління маніпулятором на робототехнічній платформі, яка забезпечує стабільність та точність рухів, є складним завданням, що включає вибір алгоритмів керування, інтеграцію сенсорів для зворотного зв'язку та адаптацію до динамічних умов роботи. Система має враховувати різноманітні параметри, зокрема, точність позиціонування, швидкість переміщення, стабільність при навантаженнях, а також ефективність використання енергоресурсів.

Основні етапи розробки системи управління маніпулятором

### 1. Опис системи управління

Система управління маніпулятором повинна бути здатною виконувати точні та стабільні рухи відповідно до заданої траєкторії, а також коригувати свою поведінку в реальному часі при зміні зовнішніх умов. Ключові компоненти такої системи:

- **Актуатори:** відповідають за рух кінцівок маніпулятора. Це можуть бути електричні серводвигуни, пневматичні чи гідравлічні системи.
- **Сенсори:** забезпечують зворотний зв'язок про позицію, швидкість, силу та інші параметри.
- **Контролери:** обчислювальні пристрої або програмне забезпечення, яке керує актуаторами на основі даних сенсорів.

### 2. Ключові вимоги до системи

- **Точність рухів:** маніпулятор має точно слідувати заданим траєкторіям і виконувати маніпуляції з високою точністю.

- **Стабільність:** система повинна підтримувати стабільні рухи при зміні навантаження, впливі зовнішніх сил або зміні швидкості.
- **Швидкість реагування:** система повинна швидко реагувати на зміни, забезпечуючи плавність рухів.
- **Гнучкість та адаптивність:** система має здатність адаптуватися до різних умов роботи (наприклад, зміна ваги об'єктів, перешкоди на шляху тощо). [10]

### 3. Типи контролерів

Система управління маніпулятором зазвичай включає кілька типів контролерів, залежно від складності завдань:

#### 3.1 PID-контролер

PID (Пропорційно-Інтегрально-Диференційний) контролер є класичним і одним з найпоширеніших варіантів для забезпечення стабільності та точності:

- **Пропорційна складова (P)** контролює поточну похибку між бажаним і реальним положенням.
- **Інтегральна складова (I)** усуває сталу похибку, яка може накопичуватись з часом.
- **Диференційна складова (D)** передбачає зміни швидкості похибки та допомагає зменшити коливання, що може виникнути при високих швидкостях руху. [10]

PID контролери зазвичай забезпечують хороший баланс між точністю і стабільністю, але їх налаштування може бути складним, особливо в умовах змінних навантажень або при наявності механічних коливань.

#### 3.2 Моделювання динаміки системи

У складніших випадках, коли маніпулятор взаємодіє з навантаженням або працює в змінних умовах, можна використовувати моделювання динаміки системи для прогнозування рухів і коригування параметрів в реальному часі. Це дає можливість враховувати:

- Маса, інерцію та інші механічні властивості маніпулятора.
- Взаємодію з об'єктами та зміни навантаження під час маніпуляцій.

### 3.3 Адаптивні контролери

Адаптивні алгоритми керування можуть змінювати свої параметри на основі змін у роботі маніпулятора або умовах навколишнього середовища. Це особливо корисно в умовах змінних навантажень або непередбачуваних змін середовища, коли статичні PID-контролери можуть не забезпечувати необхідну стабільність. [10]

### 4. Зворотний зв'язок і сенсори

Для забезпечення точності та стабільності рухів маніпулятора важливу роль відіграють сенсори, що надають інформацію про його поточний стан. Види сенсорів, що можуть використовуватися:

- Енкодери: вимірюють кутове або лінійне положення рухомих частин маніпулятора, що дозволяє точно контролювати його позицію.
- Тензодатчики: використовуються для вимірювання сили, що застосовується при захопленні об'єктів, а також для моніторингу моменту сили на різних частинах маніпулятора.
- Інклінометри та гіроскопи: забезпечують інформацію про орієнтацію маніпулятора та допомагають підтримувати його стабільність в процесі маніпуляцій.

- Камери та візуальні сенсори: для складніших завдань (наприклад, розпізнавання об'єктів або навігація маніпулятора) можуть використовуватися камери для отримання зображень і визначення відстаней. [10]

## 5. Алгоритми управління траєкторією

У більшості випадків маніпулятору необхідно слідувати певній траєкторії або виконувати маніпуляції з конкретними об'єктами. Для цього використовуються такі методи:

- Інтерполяція траєкторії: для визначення шляхів між заданими точками використовуються різні методи інтерполяції (лінійна, кубічна, сплайнова).

- Динамічне керування швидкістю: на основі зворотного зв'язку від сенсорів система коригує швидкість руху маніпулятора, щоб забезпечити точне досягнення траєкторії.

- Передбачення та компенсація коливань: для зменшення впливу механічних коливань чи вібрацій використовуються алгоритми фільтрації або стабілізації, які в реальному часі коригують траєкторію та швидкість.

## 6. Програмне забезпечення для управління

Розробка програмного забезпечення для управління маніпулятором передбачає:

- Моделювання рухів: за допомогою програмного забезпечення для симуляцій (наприклад, Gazebo, V-REP, MATLAB Simulink) можна провести попереднє тестування алгоритмів без фізичного маніпулятора.

- Інтерфейс керування: на базі мікроконтролерів або ПК розробляється програмне забезпечення для зручного введення команд,

моніторингу стану та регулювання рухів маніпулятора. Інтерфейс може бути як для оператора, так і для автоматичного керування через штучний інтелект.

## 7. Тестування та оптимізація

Після реалізації теоретичних алгоритмів та їх моделювання, система повинна пройти тести для оцінки її ефективності в реальних умовах. Під час тестування перевіряються:

- Точність виконання рухів.
- Стабільність роботи при змінних навантаженнях.
- Реакція на зовнішні впливи (наприклад, переміщення об'єктів чи зміна умов середовища).

На цьому етапі можуть бути виявлені слабкі місця в алгоритмах або проблеми з інтеграцією сенсорів, що потребує їх оптимізації. [10]

## Висновок

Розробка системи управління маніпулятором на робототехнічній платформі, яка забезпечує стабільність і точність рухів, є ключовим етапом для досягнення ефективною та надійною роботи. Використання адаптивних і прогностичних алгоритмів, високотехнологічних сенсорів та контрольних систем дозволяє створити універсальну платформу для виконання різноманітних завдань. Важливими аспектами є інтеграція зворотного зв'язку та оптимізація системи на етапі тестування, що гарантує високу точність, стабільність і ефективність роботи маніпулятора в реальних умовах.

## 2.4 ІНТЕГРАЦІЯ МАНІПУЛЯТОРА З МОБІЛЬНОЮ ПЛАТФОРМОЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОНАННЯ ЗАДАЧ У ЗМІННИХ УМОВАХ.

Інтеграція маніпулятора з мобільною платформою є критичним етапом у розробці роботизованих систем, які повинні виконувати складні завдання в змінних умовах, таких як сільське господарство, будівництво, рятувальні операції, військові завдання або логістика. Змішане використання маніпулятора і мобільної платформи дозволяє не лише забезпечити маневреність, але й підвищити ефективність роботи в умовах, коли робоче середовище динамічне та непередбачуване.

Ось основні аспекти та кроки, що стосуються інтеграції маніпулятора з мобільною платформою для досягнення ефективності в змінних умовах:

### 1. Визначення задач і вимог до інтеграції

Перш ніж перейти до технічних аспектів інтеграції, важливо визначити:

- Типи завдань: маніпулювання об'єктами, точне позиціонування, транспортування, маніпуляція на різних поверхнях тощо.
- Робочі умови: скільки змінних умов (перешкоди, нерівні поверхні, зміна навантаження, динамічні об'єкти) потрібно враховувати.
- Вимоги до мобільності та маневреності: чи потрібно маніпулятору змінювати місце роботи або залишатися в одному положенні.
- Вимоги до точності та стабільності: наприклад, маніпулювання з високою точністю в умовах рухомої платформи.

### 2. Конфігурація системи: взаємодія маніпулятора і мобільної платформи

Інтеграція маніпулятора з мобільною платформою потребує ретельного проектування, яке включає в себе механічні, електричні, та програмні аспекти:

## 2.1 Механічне з'єднання та мобільність

Мобільна платформа повинна забезпечити:

- Стабільну основу для маніпулятора: Маніпулятор повинен бути надійно змонтований на платформі так, щоб її рухи не впливали на точність його роботи. Для цього використовують спеціальні жорсткі кріплення або розробляють системи із зворотним зв'язком для компенсації рухів платформи.
- Механічна гнучкість: Платформа повинна мати можливість переміщатися по різних типах поверхонь (нерівні, слизькі, горбисті), в той же час, маніпулятор має бути здатним виконувати точні рухи.

## 2.2 Передача енергії та сигналів

- Електроживлення: мобільна платформа має забезпечувати живлення для маніпулятора (електричні серводвигуни, сенсори, контролери тощо). Це може бути здійснено через акумулятори платформи або за допомогою бездротової передачі енергії.
- Передача даних: система зв'язку між маніпулятором і платформою повинна бути безпечною та надійною. Використовуються як дротові (Ethernet, CAN), так і бездротові технології (Wi-Fi, Bluetooth, 5G, LoRa).

## 2.3 Механізми стабілізації маніпулятора

Щоб зберегти точність маніпулятора, навіть коли мобільна платформа рухається:

- Гіроскопи та акселерометри: інтеграція сенсорів для стабілізації платформи та маніпулятора допомагає зменшити вплив рухів платформи на точність маніпуляцій.

- Адаптивне керування: за допомогою зворотного зв'язку, контролери можуть коригувати позиціонування маніпулятора для компенсації рухів платформи.
- Анти-вібраційні системи: у разі використання важких маніпуляторів або при переміщенні по нерівних поверхнях може бути корисним застосування спеціальних систем для поглинання вібрацій, щоб забезпечити стабільність маніпуляцій.

### 3. Алгоритми управління та навігації

Для ефективного виконання завдань у змінних умовах важливо розробити системи, що поєднують управління маніпулятором і мобільною платформою.

#### 3.1 Інтегровані алгоритми управління рухами

Управління маніпулятором і мобільною платформою має бути інтегрованим, щоб забезпечити точні і стабільні рухи. Для цього використовуються такі підходи:

- Динамічне планування траєкторії: алгоритми, які враховують як рух маніпулятора, так і переміщення платформи. Наприклад, в реальному часі траєкторія маніпулятора коригується залежно від зміщення платформи.
- Паралельне управління: одночасне керування як рухами платформи, так і маніпулятора для збереження стабільності при виконанні маніпуляцій.

#### 3.2 Навігація мобільної платформи

Для ефективної роботи в змінних умовах мобільна платформа повинна бути оснащена системами автономної навігації, такими як:

- Лідар (LIDAR), камера або ультразвукові датчики для картографування і планування маршруту.

- Алгоритми обробки зображень для визначення перешкод та адаптації руху платформи в реальному часі.
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): для картографування і одночасної локалізації в незнайомому середовищі.

### 3.3 Сенсорний зворотний зв'язок

Збір та обробка даних з сенсорів, таких як:

- Інclinометри та акселерометри для виявлення нахилів чи рухів платформи.
- Енкодери та датчики сили для зворотного зв'язку від маніпулятора, що дозволяє коригувати рухи в залежності від змін навантаження або точності захоплення об'єктів.

### 3.4 Адаптивні стратегії управління

У змінних умовах мобільна платформа повинна адаптувати свої стратегії до нових обставин:

- Роботизоване навчання (RL): використання методів машинного навчання для адаптації системи до нових ситуацій (наприклад, змінюється тип поверхні або навантаження).
- Прогнозування та компенсація: алгоритми, які використовують дані про рухи маніпулятора та платформи для коригування траєкторій у реальному часі.

## 4. Тестування та оптимізація системи

Інтеграція маніпулятора з мобільною платформою вимагає всебічного тестування на реальних чи симульованих завданнях, зокрема:

- Тестування в різних середовищах: на рівних та нерівних поверхнях, при змінах навантаження та в умовах, де є перешкоди.
- Аналіз надійності: перевірка точності, стабільності і швидкості виконання завдань при переміщенні платформи.
- Оптимізація алгоритмів управління: тестування ефективності алгоритмів керування в реальних умовах, де мобільна платформа може змінювати своє становище або реагувати на динамічні перешкоди.

## Висновок

Інтеграція маніпулятора з мобільною платформою — це складний, але надзвичайно корисний крок для розробки роботизованих систем, здатних працювати в змінних умовах. Цей процес включає розробку механічних рішень, алгоритмів управління, сенсорних систем, що взаємодіють для забезпечення високої точності, маневреності та адаптивності. Успішна інтеграція дозволяє мобільним роботам ефективно виконувати завдання в різноманітних сферах, таких як сільське господарство, будівництво, військові та рятувальні операції.

## РОЗДІЛ 3.

### 2.5 МЕТОДИКА РОЗРОБКИ МАНІПУЛЯТОРА НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Розробка маніпулятора на робототехнічній платформі вимагає системного підходу, що охоплює механічні, електричні та програмні аспекти. Це завдання можна розділити на кілька основних етапів, від концептуального проектування до тестування та оптимізації. Нижче подано детальну методику розробки маніпулятора на робототехнічній платформі.

#### 1. Аналіз вимог та визначення задач

Перш ніж почати розробку, важливо чітко визначити вимоги до маніпулятора і мобільної платформи. Ці вимоги залежатимуть від того, для яких завдань призначена система. [12]

Ключові аспекти:

- Тип завдання: маніпуляція об'єктами (підйом, переміщення, захоплення, маніпуляції), транспортування, робота в небезпечних або важкодоступних місцях.
- Умови роботи: рівні або нерівні поверхні, можливість роботи в змінних умовах (наприклад, сільське господарство, будівництво, логістика).
- Необхідна маневреність: чи буде маніпулятор пересуватися на платформі чи працювати в одному місці.
- Точність та стабільність: вказівки на точність переміщення, швидкість рухів, або необхідність виконання складних маніпуляцій.

#### 2. Концептуальне проектування

Процес розробки починається з створення концептуального дизайну, в якому описуються основні принципи роботи маніпулятора і мобільної платформи. [12]

### 2.1. Вибір типу маніпулятора

Залежно від задач вибирається тип маніпулятора:

- Рука з кількома суглобами (для складних маніпуляцій з великими об'єктами).
- Маніпулятор з фіксованим кінцівкою (для простих задач або швидких операцій).
- Гнучкий або паралельний маніпулятор (для високоточного маніпулювання).

### 2.2. Вибір мобільної платформи

- Колісна платформа: для високої швидкості і маневреності на рівних поверхнях.
- Гусенична платформа: для пересування по нерівних поверхнях або в складних умовах (наприклад, на будівельних майданчиках).
- Мобільна платформа з багатьма рухами: для забезпечення більшої стабільності на складних поверхнях (наприклад, робот-біпед).

### 2.3. Аналіз взаємодії між маніпулятором і платформою

- Розташування маніпулятора: визначення місця, де маніпулятор буде кріпитися на платформі, а також вибір методу кріплення.
- Конструкція з'єднань: вибір типу з'єднання між платформою і маніпулятором, щоб забезпечити стабільність та гнучкість в роботі. [12]

## 3. Механічний дизайн

Після визначення загальної концепції проекту розпочинається детальне проектування механічної конструкції маніпулятора та платформи.

### 3.1. Маніпулятор

- Силова структура: визначення матеріалів для конструкції маніпулятора (наприклад, алюмінієві або карбонові сплави для легкості та міцності).
- Системи приводу: вибір актуаторів (сервоприводи, гідравлічні або пневматичні системи в залежності від типу маніпулятора).
- Кінцівки маніпулятора: розробка спеціалізованих захоплювачів або захоплюючих механізмів для маніпуляцій з об'єктами.

### 3.2. Мобільна платформа

- Рама платформи: проектування основної рами для забезпечення стабільності платформи при переміщенні.
- Колеса або гусенички: вибір типу коліс або гусеничних систем, що дозволяють платформі переміщатися по необхідних поверхнях.
- Підвіска: в разі необхідності, розробка підвісок для покращення прохідності на нерівних поверхнях.

## 4. Вибір приводів та сенсорів

Вибір актуаторів і сенсорів важливий для досягнення необхідної точності, стабільності та ефективності роботи маніпулятора на мобільній платформі.

[12]

### 4.1. Приводи та актуатори

- Сервоприводи: для точного керування рухами маніпулятора.

- Пневматичні або гідравлічні системи: для підвищених вимог до сили маніпуляцій, таких як підйом важких об'єктів.
- Мотор-редуктори: для керування рухом коліс або гусениць мобільної платформи.

#### 4.2. Сенсори

- Енкодери: для точного визначення положення маніпулятора та платформи.
- Інклінометри та акселерометри: для визначення орієнтації платформи та компенсації її нахилу.
- Лідар (LIDAR) або ультразвукові датчики: для навігації мобільної платформи і виявлення перешкод.
- Камери: для візуального спостереження за навколишнім середовищем, виявлення об'єктів і підтримки маніпулятора.

#### 5. Система управління

Розробка програмного забезпечення для керування маніпулятором та мобільною платформою є однією з основних частин проекту.

##### 5.1. Алгоритми керування

- PID-контролери: для управління точністю та стабільністю рухів маніпулятора та платформи.
- Планування траєкторії: алгоритми, які визначають рухи маніпулятора з урахуванням його поточної позиції та позиції об'єкта.
- Інтегроване управління: для одночасного керування маніпулятором та мобільною платформою з урахуванням їх взаємодії (наприклад, коригування рухів маніпулятора при переміщенні платформи).

## 5.2. Програмування навігації мобільної платформи

- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): для автоматичного картографування і навігації на невідомій території.
- Алгоритми уникання перешкод: для автономного переміщення платформи по змінному ландшафту. [12]

## 5.3. Інтерфейс користувача

- Графічний інтерфейс для контролю і моніторингу стану маніпулятора та платформи.
- Мобільний додаток для віддаленого керування.

## 6. Тестування та оптимізація

Тестування — важливий етап для перевірки працездатності розробленої системи.

### 6.1. Фізичне тестування

- Перевірка точності маніпуляцій: тестування маніпулятора на виконання різноманітних задач.
- Стабільність платформи: тестування на різних типах поверхонь для перевірки прохідності мобільної платформи.
- Навігація: тестування мобільної платформи на наявність перешкод, стабільність управління в реальних умовах.

### 6.2. Оптимізація

- Вдосконалення алгоритмів управління для досягнення більшої точності та швидкості.

- Оптимізація енергоспоживання для продовження часу роботи від акумулятора. [12]

## Висновок

Розробка маніпулятора на робототехнічній платформі є складним, багатоступеневим процесом, що вимагає врахування технічних, механічних та програмних аспектів. Успішна інтеграція маніпулятора і мобільної платформи дозволяє створювати роботизовані системи, здатні ефективно працювати в змінних і складних умовах.

## 2.6 СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ НА РОБОТОТЕХНІЧНІЙ ПЛАТФОРМІ

Система управління маніпулятором на робототехнічній платформі є ключовим елементом для забезпечення точності, стабільності та ефективності виконання маніпуляцій в реальних умовах. Така система повинна інтегрувати механізми керування як мобільною платформою, так і маніпулятором, щоб забезпечити їх узгоджену роботу. Ось детальний опис основних компонентів і підходів до розробки системи управління для маніпулятора на робототехнічній платформі.

### 1. Архітектура системи управління

Система управління маніпулятором на робототехнічній платформі зазвичай має розподілену структуру, що включає кілька основних компонентів:

- Мікроконтролер/платформа обробки даних (main controller): Центральний контролер, який обробляє вхідні сигнали від сенсорів і сенсорно-актуаторних пристроїв, а також передає керуючі команди на виконавчі механізми.

- Сервоконтролери: Відповідають за управління приводами маніпулятора та мобільної платформи.
- Сенсори (GPS, інерціальні сенсори, камери, лазерні дальноміри і т.д.): Збирають дані для орієнтації та планування рухів, забезпечуючи зворотний зв'язок.
- Алгоритми керування: Програмне забезпечення, яке дозволяє маніпулювати платформою і маніпулятором, враховуючи фізичні характеристики обох частин системи.

## 2. Основні елементи системи управління

### 2.1. Керування маніпулятором

Маніпулятор може мати кілька суглобів, кожен з яких управляється окремо. Для досягнення необхідної точності та ефективності використовуються такі компоненти:

- Приводи (сервоприводи, гідравлічні або пневматичні актуатори): Для кожного суглоба маніпулятора встановлюються приводи, які дозволяють здійснювати точні рухи.
- Алгоритми керування:
- Кінематичні моделі: Для розрахунку траєкторій кінцівки маніпулятора на основі його положення.
- Динамічні моделі: Враховують інерцію, масу, сили, що діють на маніпулятор, а також вплив рухів платформи.

- **PID-контролери:** Вони використовуються для досягнення точного позиціонування суглобів маніпулятора, коригуючи їх рухи в реальному часі для зменшення помилок.
- **Інверсія кінематики:** Для визначення кутів суглобів, які необхідні для досягнення бажаного положення кінцівки маніпулятора. [13]

## 2.2. Керування мобільною платформою

Мобільна платформа зазвичай включає в себе систему управління для забезпечення її рухливості та стабільності. Зазначимо ключові елементи:

- **Приводи для коліс/гусениць:** Залежно від типу мобільної платформи використовуються електричні або гідравлічні приводи для коліс чи гусениць.
- **Навігаційні сенсори:** Лідари, ультразвукові датчики, камери та інші сенсори для визначення розташування платформи в просторі.
- **Алгоритми руху:**
- **PID-контролери:** Використовуються для стабільного руху платформи за заданою траєкторією.
- **Адаптивні алгоритми:** Використовуються для коригування рухів платформи в залежності від зміни навантаження або зміщення маніпулятора.

## 2.3. Інтеграція рухів маніпулятора і платформи

Оскільки маніпулятор і мобільна платформа мають бути координовані для досягнення точності, необхідно використовувати інтегровану систему управління, яка дозволяє ефективно об'єднувати ці два елементи. Для цього застосовуються такі підходи:

- Адаптивне управління: Система враховує рухи платформи і маніпулятора, коригуючи траєкторії одного компонента в залежності від змін в іншому.
- Зворотний зв'язок: Використання сенсорів, таких як гіроскопи та акселерометри, для моніторингу стану платформи та маніпулятора і коригування їх рухів в реальному часі.
- Системи компенсації: Використання алгоритмів, які дозволяють маніпулятору компенсувати вплив рухів платформи на точність виконуваних операцій.

### 3. Алгоритми управління та планування

#### 3.1. Планування траєкторії

Алгоритм планування траєкторії дозволяє визначити шлях руху маніпулятора і мобільної платформи для виконання завдання. Це може бути виконано за допомогою:

- А або D алгоритмів\*\* для пошуку оптимального маршруту мобільної платформи в середовищі з перешкодами.
- Поліноміальні траєкторії для забезпечення плавності та безперервності руху маніпулятора.

#### 3.2. Інверсна кінематика для маніпулятора

Алгоритми інверсної кінематики використовуються для обчислення кутів суглобів маніпулятора, які необхідно задати для досягнення конкретної позиції кінцівки. Це особливо важливо для маніпуляторів з великим числом суглобів, де важливо отримати точний розрахунок для складних рухів. [13]

#### 3.3. Навігація та уникання перешкод

Для безпечного та ефективного руху платформи в складному середовищі використовуються:

- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): Алгоритм, який дозволяє платформі одночасно створювати карту незнайомого середовища та визначати своє місце в ньому.
- Динамічне уникання перешкод: Реалізація алгоритмів для коригування руху платформи в реальному часі, коли з'являються нові перешкоди. [13]

#### 4. Зворотний зв'язок і сенсори

Система управління маніпулятором повинна отримувати зворотний зв'язок від сенсорів, щоб коригувати рухи маніпулятора і платформи в реальному часі:

- Інерціальні сенсори (акселерометри, гіроскопи): Для визначення орієнтації платформи та маніпулятора.
- Енкодери: Для визначення точного положення суглобів маніпулятора і положення мобільної платформи.
- Оптичні сенсори (камери, LIDAR): Для оцінки перешкод та навігації в середовищі.
- Датчики сили: Для вимірювання сили, яку прикладає маніпулятор, і забезпечення коригування його рухів для точного захоплення об'єктів.

#### 5. Інтерфейс управління

Для користувача, який управляє системою, необхідно розробити інтерфейс для моніторингу і керування маніпулятором і мобільною платформою:

- Графічний інтерфейс: Інтерфейс для нагляду за роботою системи, де можна візуально спостерігати за позицією маніпулятора і платформи.
- Інтерфейс для налаштувань: Для коригування параметрів керування, таких як швидкість руху, траєкторії, параметри захоплення об'єктів.

## 2.7 ТЕСТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ

Після розробки прототипу системи управління необхідно провести тестування в реальних умовах для перевірки точності, стабільності та ефективності роботи:

- Фізичне тестування в середовищі з перешкодами.
- Тестування точності та швидкості маніпуляцій.
- Оцінка надійності системи при тривалих експлуатаціях.

## 2.8 РОЗРОБКА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Актуальність розробки наземної робототехнічної платформи не викликає сумніву. Кількість створених наземних робототехнічних платформ пропорційна кількості збережених життів.

Розробка маніпулятора наземної платформи здійснювалася відповідно до плану проведення наукових досліджень, а саме з 1 вересня 2024 року по 1 грудня 2024 року.

Розробка маніпулятора здійснювалася на основі конструктора Pitsco Tetrix max з дистанційними пристроями керування Radiomaster Boxer.

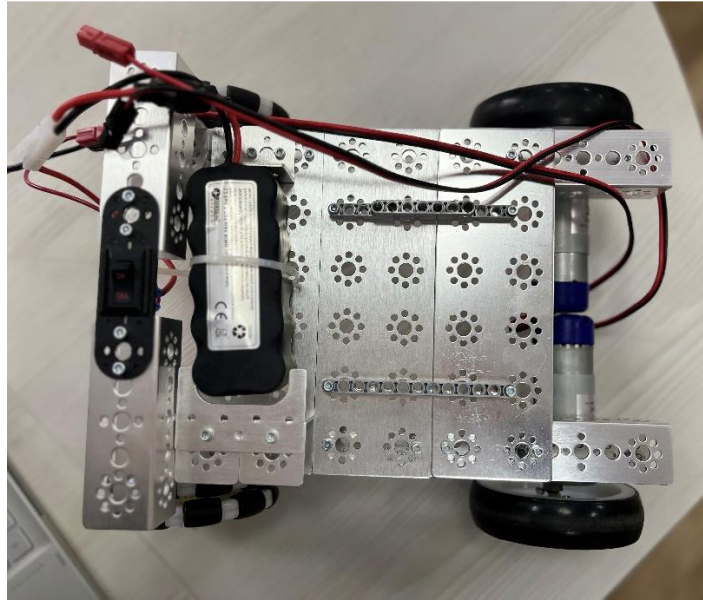


Рис. 1 Зовнішній вигляд наземної робототехнічної платформи для фіксації маніпулятора

Для віддаленого керування використовувався окуляри віртуальної реальності skyzone із вбудованим літій-іонним акумулятором 4S2P.



Рис. 2 [1]

Передача відео здійснювалася за допомогою FPV RUSH fpv flight system.



Рис.3 Передатчик FPV RUSH fpv flight system.

Конструкція обладнана акумуляторною батареєю 12 Volt 3,000 mAh NiMN (charge rate:0,9amp). Силова частина складається з 2 двигунів TorqueNADO 60:1 Ratio Gearbox with Encoder 44260. У якості контролера використано ARDUINO Board Model MEGA 2560 R3.



Рис.4 Контролер ARDUINO Board Model MEGA 2560 R3.[ ]

Для керування двигунами обрано драйвер L298N та електромагнітні реле.

Для створення прототипу маніпулятора використовувалися сервопривід Deluxe Hitec HS-322HD з кронштейнами.



Рис. 5 Сервопривід Deluxe Hitec HS-322HD з кронштейнами

Для зручності монтажу та з'єднання дротів використовувалися клемні колодки з натискним важелем Eпex e.lc.pro.5\_5.



Рис.6 Клемні колодки з натискним важелем Epex e.lc.pro.5\_5

Для аварійної зупинки передбачена кнопка Stop.



Рис. 7 Кнопка Stop

Для паяння електрообладнання платформи використовувалася паяльна станція ВАКУ878L:



Рис. 8 Паяльна станція ВАКУ878L:

Реалізація маніпулятора потребує розробки математичної моделі й використання спеціалізованого програмного забезпечення. Наступний етап дослідження зорієнтований на реалізацію розглянутих рішень.

У якості аналога маніпулятора розглядався маніпулятор на базі 5 серво двигунів.

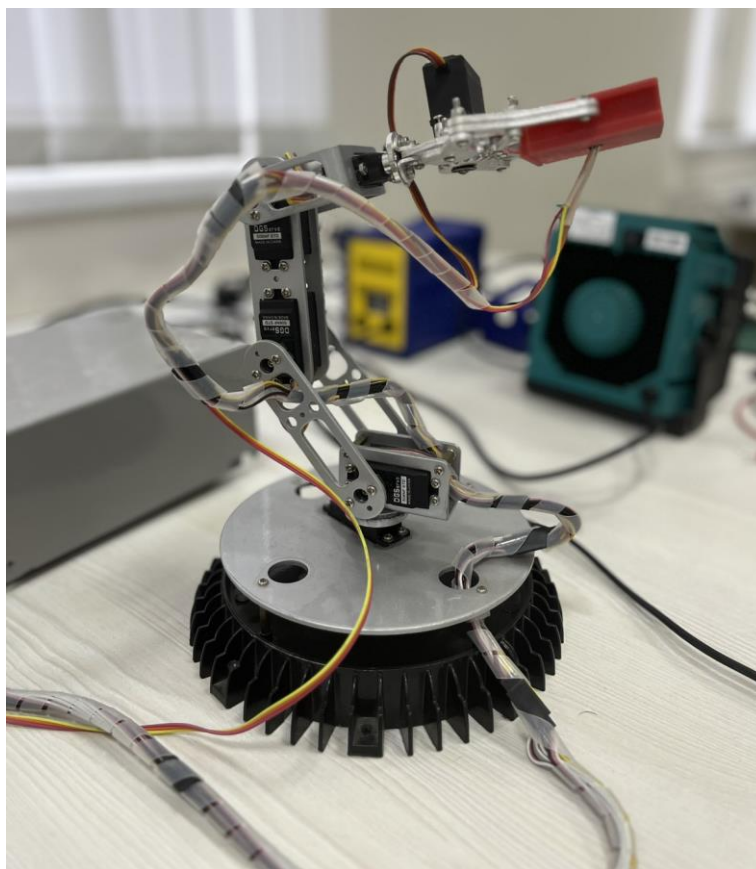


Рис. 9 Маніпулятор на базі 5 серво двигунів

Маніпулятор має зовнішній блок керування оснащений трансформатором, запобіжниками та живиться від напруги 220В змінного струму. Додаткові механізми для серво двигунів :

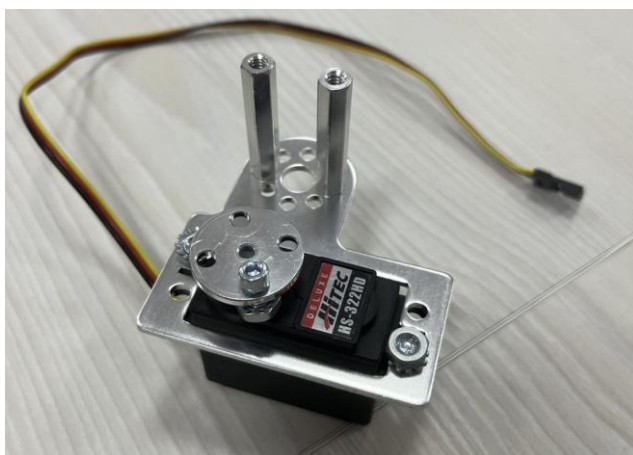


Рис. 10 Сервоприводи

Схема маніпулятора спаювалася за допомогою паяльника.



Рис. 11 Паяльник

За допомогою контролерів arduino здійснюється керування маніпулятором.

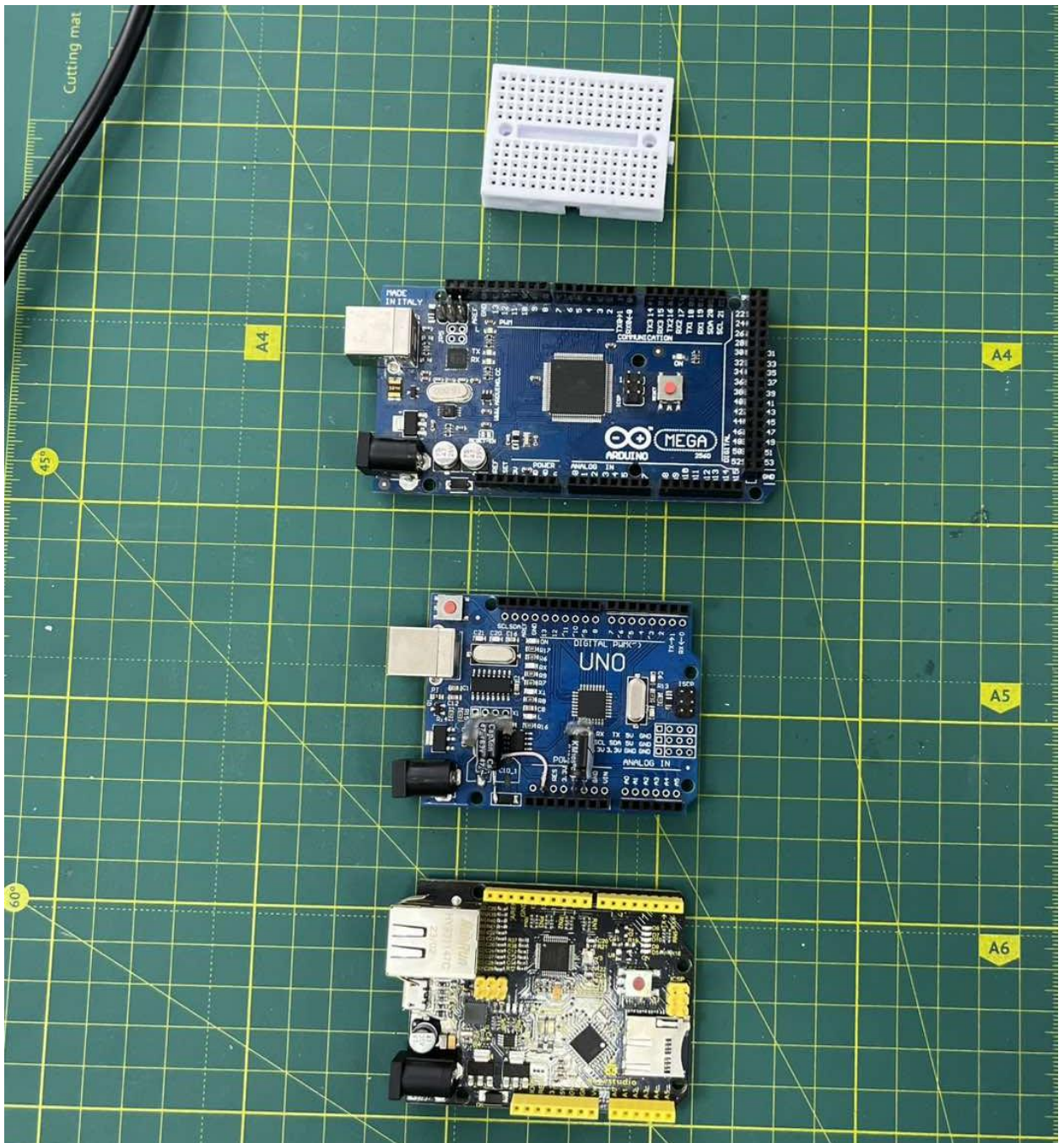


Рис. 12 Контролери

За допомогою паяльної станції здійснювалося створення маніпулятора та платформи.

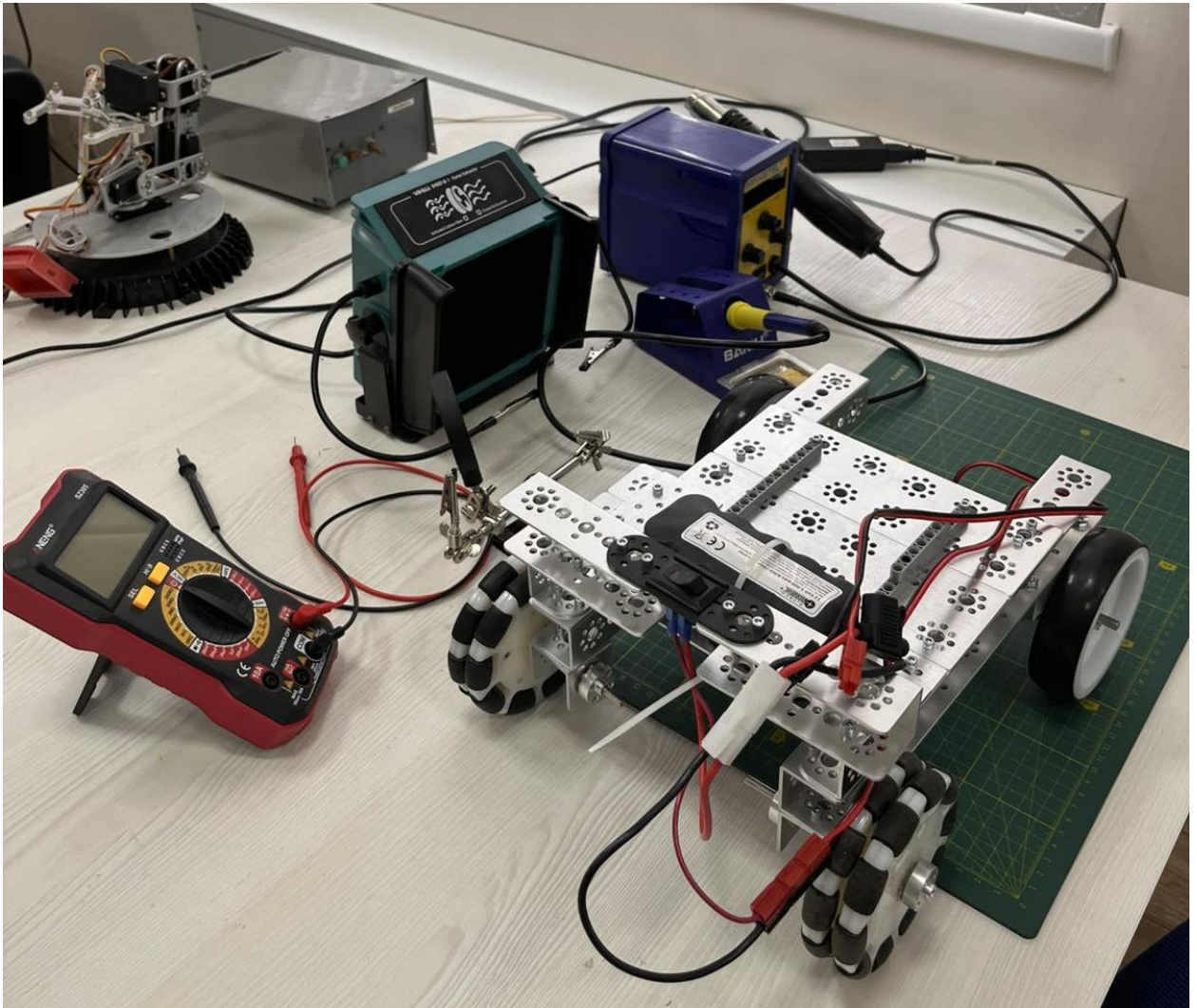


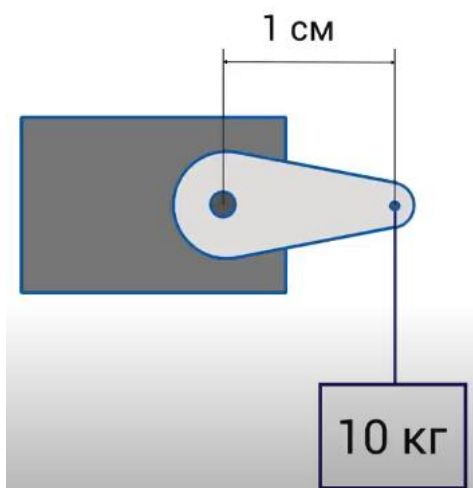
Рис. 13 Розробка платформи для маніпулятора

## 2.9 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ МАНІПУЛЯТОРА

Головна характеристика сервопривода крутний момент, кг/см, тобто вага, яку сервопривод може утримати у стані спокою на плечі 1 см. Із збільшенням плеча вага змінюється пропорційно.

Наприклад, сервопривод має момент:

1. 10 кг, то на плечі 1 см він утримає 10 кг ваги;
2. 5 кг, то на плечі 2 см він утримає 5 кг ваги;
3. 2 кг, то на плечі 5 см він утримає 2 кг ваги.



Це пов'язано з формулою:

$$M = F \times L,$$

де  $M$  — крутний момент,  $F$  — сила (вага),  $L$  — плече.

Якщо  $M$  залишається сталим, то при збільшенні  $L$  (плеча),  $F$  (сила) зменшується пропорційно.

$$F = \frac{M}{L},$$

де:

- $M = 12 \text{ кг} \cdot \text{см}$  — крутний момент,
- $L = 45 \text{ см}$  — довжина плеча,
- $F$  — максимальна сила (вага).

### Практичне завдання 1

Дано сервопривод MG996R (12 кг/см) й плече 45 см.



Знайти  $F$  для статичного стану (без врахування динамічних навантажень)?

Розв'язання:

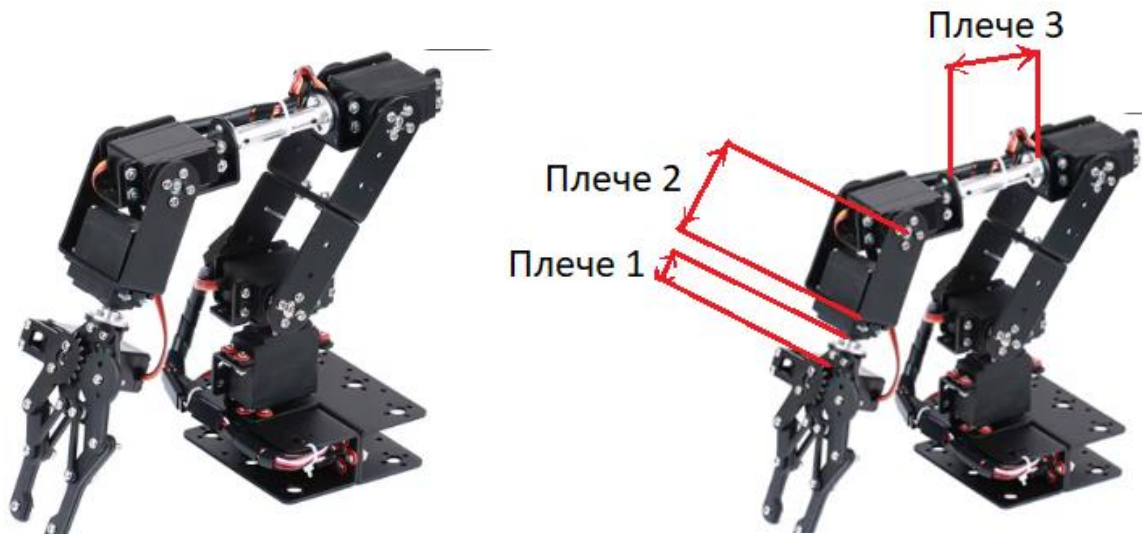
$$F = 12/45 = 0.267 \text{ кг.}$$

Відповідь:  $F$  для статичного стану  $F = 0.267 \text{ кг.}$

### Практичне завдання 2

Дано маніпулятор Robotic Arm Kit 6DOF з трьома сервоприводами MG996R (12 кг/см) й трьома розмірами плеч. Плече 1 10 см, плече 2 15 см, плече 3 40 см.

Знайти максимальну силу для кожного плеча?



Robotic Arm Kit 6DOF [2]

Розв'язання:

Максимальний момент сервоприводів MG996R  $=12 \times 9,81 = 117,72$  Нхсм.

- 1)  $F_1 = 117,72 / 10 = 11,72$  Н
- 2)  $F_2 = 117,72 / 15 = 7,84$  Н
- 3)  $F_3 = 117,72 / 40 = 2,94$  Н

Визначені зусилля можна використати для побудови моделі потужності та енергетичної моделі.

Відповідь:  $F_1 = 11,72$  Н;  $F_2 = 7,84$  Н;  $F_3 = 2,94$  Н. Визначені зусилля можна використати для побудови моделі потужності та енергетичної моделі.

## Реалізація мовою python

Цей код дозволяє вам змоделювати і обчислити сили, моменти та потужність для кожного плеча маніпулятора.

```
import numpy as np

# Дані

max_moment = 117.72 # Максимальний момент в Н·см

lengths = [10, 15, 40] # Довжини плеч в см

omega = 31.42 # Кутова швидкість в рад/с (для 0.2 с на повний оборот)

# Розрахунок сили та потужності для кожного плеча

forces = [max_moment / l for l in lengths] # Сили для кожного плеча

moments = [force * l for force, l in zip(forces, lengths)] # Моменти для кожного плеча

powers = [moment * omega for moment in moments] # Потужність для кожного плеча

# Виведення результатів

for i, (force, moment, power) in enumerate(zip(forces, moments, powers)):

    print(f"Плече {i+1}:")

    print(f" Сила: {force:.2f} Н")
```

```
print(f" Момент: {moment:.2f} Н·см")
```

```
print(f" Потужність: {power:.2f} Вт")
```

```
print("-" * 40)
```

Щоб удосконалити існуюче рішення, потрібно реалізувати систему керування.

Структурна схема системи керування маніпулятором з використанням PID-контролера може виглядати наступним чином:

1. Вхідна інформація: системі подаються дані про поточний кут або положення маніпулятора (здатність отримувати дані з енкодерів або інших датчиків положення).
2. Команда від користувача (бажаний кут): користувач задає бажану позицію або кут для кожного плеча маніпулятора.
3. Помилка (Error): обчислюється як різниця між бажаним положенням та поточним положенням (кутом). Це значення використовуватиметься в якості вхідних даних для PID-контролера.
4. PID-контролер:
  - Пропорційний компонент (P): відповідає за пропорційну реакцію на поточну помилку.
  - Інтегральний компонент (I): відповідає за корекцію помилок, що накопичуються.
  - Диференціальний компонент (D): відповідає за прогнозування майбутньої помилки для коригування швидкого руху.

5. Керуючий сигнал: на основі виходу PID-контролера (який є значенням коригування для сервоприводу), генерується керуючий сигнал, що передається на сервопривід.
6. Сервопривід (MG996R): отримує керуючий сигнал і виконує фізичний рух плеча маніпулятора.
7. Зворотний зв'язок: датчики (наприклад, енкодери) зчитують поточний кут і повертають цю інформацію в систему для коригування помилки в реальному часі.

Структурна схема:



Опис етапів схеми:

1. Користувач задає бажаний кут: користувач може ввести бажану позицію маніпулятора, наприклад, кут для кожного плеча.
2. Обчислення помилки: система обчислює різницю між бажаним кутом і поточним, що є помилкою, яку необхідно усунути.
3. PID-контролер: на основі помилки, попередньої помилки та інтеграції помилки PID-контролер генерує вихідний сигнал для коригування руху.
4. Коригуючий сигнал: генерується керуючий сигнал для сервоприводу, щоб маніпулятор досягнув бажаного положення.
5. Сервопривід: отримує команду від системи та здійснює рух відповідно до обчислених параметрів.
6. Зворотний зв'язок: датчики зчитують нове положення маніпулятора і повертають інформацію в систему для корекції помилки.

Ця структурна схема описує принципову побудову системи автоматичного керування для маніпулятора з використанням PID-контролера.

## 2.10 ВИСНОВОК

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи» було досягнуто наступних результатів:

1. Аналіз існуючих рішень: Проведено детальний огляд сучасних маніпуляторів, що використовуються в наземних робототехнічних платформах. Визначено їхні переваги та недоліки, що дозволило сформулювати вимоги до розроблюваного маніпулятора.
2. Проектування маніпулятора: Розроблено конструкцію маніпулятора з урахуванням вимог до мобільності, вантажопідйомності та точності. Створено 3D-модель, яка відображає всі необхідні компоненти та їх взаємодію.
3. Розрахунок та вибір приводів: Виконано розрахунки для визначення оптимальних параметрів приводів маніпулятора. Обрано відповідні двигуни, які забезпечують необхідну швидкість та точність рухів.
4. Інтеграція з платформою: Розроблено систему управління маніпулятором, яка забезпечує його ефективну роботу в складі наземної робототехнічної платформи. Забезпечено сумісність апаратного та програмного забезпечення.
5. Тестування та оптимізація: Проведено тестування прототипу маніпулятора. Виявлено та усунуто недоліки, що дозволило підвищити надійність та ефективність роботи системи.

Загалом, результати роботи підтверджують доцільність та ефективність розробленого маніпулятора для використання в наземних робототехнічних платформах, що сприяє підвищенню їх функціональних можливостей та розширенню сфер застосування. Розроблений маніпулятор відповідає

сучасним вимогам до робототехнічних систем і має високий потенціал для впровадження в реальних умовах. Запропоновані рішення можуть стати основою для подальшого вдосконалення робототехнічних систем.

## ЛІТЕРАТУРА:

- 1 .Pitsco Tetrax max [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://www.pitsco.com/collections/tetrax-max?srsltid=AfmBOor-jvjQJ\\_euDsN4v3XXcUU1PBpvRaFjoGgyOI43OuUr4FbEoi2i](https://www.pitsco.com/collections/tetrax-max?srsltid=AfmBOor-jvjQJ_euDsN4v3XXcUU1PBpvRaFjoGgyOI43OuUr4FbEoi2i).
- 2 .Radiomaster Boxer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.radiomasterrc.com/products/boxer-radio-controller-m2>.
3. TorqueNADO [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.pitsco.com/products/tetrax-max-torquenado-motor-with-encoder?srsltid=AfmBOoowvLh7ZPmiNcS1mTYpYv26ptyUFQbRDO5ckf4nOJzezJ SdnV-k>.
4. Skyzone Cobra X V4 FPV [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://hobbymania.com.ua/tovar.php?id\\_tovar=5998](https://hobbymania.com.ua/tovar.php?id_tovar=5998). [1]
5. Robotic Arm Kit 6DOF [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://www.aliexpress.com/item/1005006390486842.html?src=google&pdp\\_npi=4%40dis%21UAH%21932.77%21932.77%21%21%21%21%21%40%2112000036996748409%21ppc%21%21%21&src=google&albch=shopping&acnt=494-037-6276&isdl=y&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google\\_7\\_shopping&aff\\_platform=google&aff\\_short\\_key=UneMJZVf&gclsrc=aw.ds&&albagn=888888&&ds\\_e\\_adid=&ds\\_e\\_matchtype=&ds\\_e\\_device=c&ds\\_e\\_network=x&ds\\_e\\_product\\_group\\_id=&ds\\_e\\_product\\_id=ru1005006390486842&ds\\_e\\_product\\_merchant\\_id=107789212&ds\\_e\\_product\\_country=UA&ds\\_e\\_product\\_language=ru&ds\\_e\\_product\\_channel=online&ds\\_e\\_product\\_store\\_id=&ds\\_url\\_v=2&albcpr=19373879459&al](https://www.aliexpress.com/item/1005006390486842.html?src=google&pdp_npi=4%40dis%21UAH%21932.77%21932.77%21%21%21%21%21%40%2112000036996748409%21ppc%21%21%21&src=google&albch=shopping&acnt=494-037-6276&isdl=y&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google_7_shopping&aff_platform=google&aff_short_key=UneMJZVf&gclsrc=aw.ds&&albagn=888888&&ds_e_adid=&ds_e_matchtype=&ds_e_device=c&ds_e_network=x&ds_e_product_group_id=&ds_e_product_id=ru1005006390486842&ds_e_product_merchant_id=107789212&ds_e_product_country=UA&ds_e_product_language=ru&ds_e_product_channel=online&ds_e_product_store_id=&ds_url_v=2&albcpr=19373879459&al) [2]
6. Аналіз сучасного стану розробки маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://eir.nuos.edu.ua/items/20e8f078-3e64-4b3a-85ec-4ec361fdd90a>. [6]

7. Сухопутні маніпулятори на робототехнічній платформі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://worldbank.org.ua/>. [7]
8. Проектування механічної конструкції маніпулятора на робототехнічній платформі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.academia.edu/96271600/Система\\_керування\\_роботом\\_маніпулятором?uc-sb-sw=4535943](https://www.academia.edu/96271600/Система_керування_роботом_маніпулятором?uc-sb-sw=4535943).
9. Аналіз сучасного стану розробки маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/96144/1/Hlukhodid\\_bak\\_rob.pdf;jsessionid=3A358DF395ABA257CE6CE2B998B9001C](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/96144/1/Hlukhodid_bak_rob.pdf;jsessionid=3A358DF395ABA257CE6CE2B998B9001C).
10. Розробка системи управління маніпулятором на робототехнічній платформі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.academia.edu/96271600/Система\\_керування\\_роботом\\_маніпулятором?uc-sb-sw=4535943](https://www.academia.edu/96271600/Система_керування_роботом_маніпулятором?uc-sb-sw=4535943). [10]
11. Аналіз сучасного стану розробки маніпуляторів для наземних робототехнічних платформ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/96144/1/Hlukhodid\\_bak\\_rob.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/96144/1/Hlukhodid_bak_rob.pdf). [11]
12. Методика розробки маніпулятора на робототехнічній платформі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/2da40002-6d3b-4995-9614-b3d37a9ae27c/content>. [12]
13. Система управління маніпулятором на робототехнічній платформі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/29883.pdf>. [13]

14. Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/abadc75f-6b04-4183-b3b1-2806c7a2f572/content>. [14]

15. Створення моделі маніпулятора [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3035/1/Юрченко.pdf>.

# ДОДАТКИ

# **ДОДАТОК А**

Розділ 1 (англійська версія)

## CHAPTER 1. ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT OF MANIPULATORS FOR GROUND ROBOTIC PLATFORMS

Robotics is one of the most dynamically developing branches of science and technology, where manipulators for ground platforms occupy an important place due to their ability to perform various manipulations with objects in different conditions. Modern ground robotic platforms are used in a wide range of applications, such as industry, agricultural engineering, logistics, military and rescue operations, which requires the creation of manipulators capable of performing precise and effective manipulations.

### 1. Current trends in the development of manipulators for ground robots

The current development of manipulators for robotic platforms is focused on several key areas:

- Flexibility and adaptability.

There is a growing need for manipulators that can operate in a variety of environments, including changing environments, confined spaces, and working with different objects. Accordingly, one of the main trends is the creation of flexible manipulators that can adapt to different types of objects and tasks.

- Intelligent control systems

To ensure high accuracy and autonomy of manipulators, artificial intelligence and machine learning algorithms are used. This allows for real-time adaptation of manipulator movements, optimizing trajectories, and making decisions under uncertainty. [9]

- Modularity and integration

Modern manipulators are becoming more modular, which allows them to change their configuration and layout depending on the tasks being performed. This also

makes it possible to integrate manipulators with various robotic platforms to provide maximum functionality. [6]

## 2. Types of manipulators for ground platforms

Different design approaches are observed in the development of manipulators for ground platforms. The most popular types of manipulators are:

- End-effector manipulators (grasping, manipulation): These manipulators are used to perform tasks that require precise gripping and movement of objects.

An analysis of the current state of development of manipulators for ground robotic platforms shows significant progress in areas such as manipulation accuracy, autonomy, mobility, and integration with other technologies. Here are some of the main trends and aspects of the development of this area:

### 1. Improving mobility and maneuverability

Modern ground robotic manipulator platforms are actively integrated with various systems to improve mobility. These can be wheeled, tracked, or even multi-legged structures that allow robots to move over complex or uneven surfaces. For example:

- Robots with tracked or wheeled platforms are able to achieve high stability and can operate in difficult conditions, such as construction sites or post-disaster situations.
- Multi-legged robots (e.g., Boston Dynamics' Spot) allow manipulators to move in hard-to-reach places, which is especially important for rescue operations. [9]

### 2. Modularity and adaptability of manipulators

Modern manipulators for robots are becoming increasingly versatile and adaptable to different tasks. This is achieved through:

- Modular design, which allows changing the limbs of the manipulators depending on the type of task (e.g., for lifting heavy loads or manipulating delicate objects).

- Interface for adaptation to different tools, such as the ability to connect interchangeable heads or grippers for specific tasks, which makes the manipulator versatile. [6]

### 3. High precision and real-time processing

Since many tasks for which manipulators are used require high precision (e.g., in manufacturing or medicine), the need for high-precision control systems is increasing. This includes:

- Sensors and feedback systems for precise localization of the manipulator and the execution of complex operations (e.g. cameras, LiDAR, ultrasonic sensors, infrared sensors).
- Development of artificial intelligence technologies to improve trajectory planning and information processing, allowing manipulators to adapt to changes in the environment in real time. [6]

### 4. Integration with autonomous systems

The latest developments involve the integration of manipulators with autonomous mobile platforms, allowing robots to perform complex tasks without constant human intervention. Such robots are used in various areas:

- Logistics and warehousing, where autonomous robots with manipulators can sort and transport goods.
- Rescue operations in hazardous environments, where autonomous robots can inspect hard-to-reach areas or rescue people without human intervention.
- Inspection and maintenance, where robots are able to perform infrastructure inspections or repairs autonomously. [6]

### 5. Energy Efficiency

Ensuring the energy efficiency of manipulators is an important aspect for extending their service life and reducing costs. includes:

- Improvement of battery technologies, allowing robots to work for a long time without the need for recharging.
- Optimization of power consumption of manipulators and mobile platforms for efficient use of energy during work.

## 6. Applications in various fields

Modern manipulators for ground robotic platforms find applications in many industries:

- Construction: robots for automated construction processes, including assembly of structures or 3D printing on site.
- Agriculture: for harvesting, tillage or monitoring plants.
- Medicine.

Manipulators to assist in surgical operations or rehabilitation.

- Military and rescue operations.

Robots for working in conditions where a person cannot work due to danger or limited access.

## 7. Key challenges and prospects

Despite significant progress, there are several important challenges that need to be addressed:

- Accuracy and adaptability issues in complex and dynamic environments, especially when interacting with humans or working in extreme conditions.
- Integration with existing systems and infrastructure, which requires appropriate standardization and compatibility with other robotic systems.
- Improving human control and interaction with robots, especially in complex situations where high flexibility and rapid adaptation are required. [6]

The development of manipulators for ground robotic platforms is currently experiencing a phase of intense innovation. The application of these technologies is becoming more widespread due to improvements in accuracy, mobility, autonomy and energy efficiency. They significantly increase productivity, safety and capabilities in various fields, although significant challenges remain for their application in more complex and dynamic environments.

## 1.1 BENEFITS OF A ROBOTIC PLATFORM MANIPULATOR IN HUMAN LIFE

A ground-based robotic platform manipulator can be very useful to humans in various fields of activity, as it is capable of performing tasks that can be dangerous, difficult or monotonous for humans. Here are some of the main benefits and applications:

### 1. Automation of heavy and repetitive tasks.

Manipulators can perform tasks that involve lifting, moving or folding objects, which reduces the physical load on the person and increases productivity.

### 2. Maintenance and repair.

They can be used to perform complex manipulations in conditions where human intervention is limited (for example, in hard-to-reach places, on production lines, in construction or even in space missions).

### 3. Increased safety.

Manipulators can perform dangerous tasks, such as working with toxic materials, explosives or in areas of radiation contamination, which reduces risks to human health.

### 4. Search and rescue operations.

They can be used for rescue operations in hard-to-reach or dangerous places where it is difficult or dangerous for a person to work. For example, in the event of earthquakes or industrial accidents.

### 5. Performing precise manipulations.

Manipulators are able to perform precise and complex operations, such as assembling microelectronic components or performing surgical operations, where high precision and control are required.

## 6. Human interfaces.

Manipulators can be equipped with artificial intelligence and sensors to interact with people, assisting in learning processes, medical procedures, and in everyday life, for example, to help the elderly or disabled.

Thanks to such capabilities, manipulators significantly expand human potential in various industries, increasing the efficiency and safety of work processes.

Robotic manipulators used in human life have a wide range of applications in various fields: from industry to medicine, logistics, the agricultural sector and even everyday life. They are classified according to several main characteristics, such as design, type of drives used, control method, and scope of application. Here are the main classifications and types of robotic manipulators:

### 1. By design of the manipulator:

#### a) Hand-like manipulators

These manipulators create a model of a human hand with several joints (limbs), which allows you to perform various manipulations with objects. They consist of:

- Base (for fixing on the platform);
- Shoulder and forearm, which provide movement;
- Limbs (usually with 3-5 joints), which manipulate objects;
- Grips or tools at the end for interacting with objects (fingers, grippers, claws, etc.).

#### b) Flexible (hydraulic or pneumatic) manipulators

These manipulators use liquid or gas to transmit energy and motion, which allows for greater flexibility and power, especially in industrial applications. They can have flexible pipelines and limbs capable of handling heavy loads.

### c) Robots with “parallelogram” kinematics

Such manipulators have a design where two or more connected segments allow for complex manipulation of objects. This provides greater accuracy and stability during operation.

## 2. By type of drive:

### a) Electric manipulators

This is the most common type of manipulator, using electric motors for drives. They are usually characterized by high accuracy, stability in operation and the ability to quickly adapt to different conditions. They are used in industry, medical work, as well as in household appliances.

### b) Hydraulic manipulators

Hydraulics are used to increase the power of the manipulator, which is especially important when working with large loads or under high load conditions. They are used in construction, mining and other heavy industries.

### c) Pneumatic manipulators

These manipulators use compressed air to move or lift loads. They often have simpler mechanisms and low cost, so they can be used in light industrial tasks.

## 3. By control method:

### a) Autonomous manipulators

These manipulators operate without direct human intervention, using artificial intelligence, sensors, cameras and algorithms to perform tasks. Such manipulators can adapt to changes in the environment, which makes them very useful in rescue operations, logistics, inspections and even medical operations.

### b) Remotely controlled manipulators

These manipulators are used when a person can control the operation of the robot from a distance. For example, in high-risk work (chemical, radiation or explosive areas), in medicine or for research in difficult conditions.

#### c) Robots with feedback learning

These manipulators can learn from experience (for example, through machine learning algorithms), which allows them to adapt to new conditions or tasks. They can independently optimize their actions, detect and eliminate errors in the work process.

### 4. By purpose and application:

#### a) Industrial manipulators

This is the most common category, which includes robots for performing automated tasks on production lines:

- Assembly robots (for example, automotive parts);
- Packaging work (packing goods in boxes);
- Welding and painting.

#### b) Medical manipulators

These robots are used in surgery, for microsurgical operations, as well as in rehabilitation. They allow to increase the accuracy of operations and reduce risks for patients. For example, the da Vinci robot for minimally invasive surgical operations.

#### c) Logistics manipulators

Manipulators for automating warehouses, transporting goods in warehouses, in logistics centers and for delivering goods. For example, robotic platforms for moving goods in large warehouses.

#### d) Agricultural manipulators

Manipulators for agricultural work, such as harvesting, soil cultivation, fertilizer spraying, etc. These robots allow to increase the efficiency of agricultural production, reducing the need for heavy physical labor.

e) Rescue and research manipulators

Manipulators used in rescue operations, for example, after natural disasters or in military operations, as well as for research in extreme conditions, such as space or ocean depths. Such manipulators can perform search, disassembly and other specialized tasks.

5. By the number of degrees of freedom (DoF):

a) Manipulators with a limited number of degrees of freedom

These are robots with a limited set of movements that are used for simple tasks where high flexibility is not required, for example, to perform operations of the same type (assembly, sorting).

b) Manipulators with a high number of degrees of freedom

These manipulators can perform complex and precise manipulations that require great flexibility and coordination, for example, in medicine (for performing complex surgical operations) or in the aerospace industry.

## Conclusion

Robotic manipulators, depending on their design, drive, control method and application, expand human capabilities in many areas of activity. They automate difficult, dangerous or precise tasks, reducing physical strain and increasing efficiency and safety of work. The development of technology allows for the creation of increasingly complex, autonomous manipulators that can significantly change various industries: from industry to medicine and rescue operations.

# **ДОДАТОК Б**

Розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи

(стаття)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції  
**«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:  
ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»**  
20 грудня 2024 року



**Полтава 2024**

**УДК 004.89 + 681.51**

Збірник наукових праць за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика», 20 грудня, 2024 р. / Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Редколегія: О.В. Шефер (головний редактор) та ін. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024. – 124 с.

У збірнику представлені результати наукових досліджень та розробок в області сучасних електромеханічних систем та автоматизації, електричних машини і апаратів, моделювання та методів оптимізації, енергозбереження в електромеханічних системах, управління складними технічними системами, проблем аварійності та діагностики в електромеханічних системах та електричних машинах, інформаційно-комунікаційних технологіях та засобах управління. Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

Матеріали відтворено з авторських оригіналів та рекомендовано до друку IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика». Редакція не обов'язково поділяє думку автора і не відповідає за фактичні помилки, яких він припустився.

Відповідальний за випуск - д.т.н., професор О.В. Шефер.

**Редакційна колегія:**

О.В. Шефер – головний редактор, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

Н.В. Єрмілова – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

С.Г. Кислиця – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Б.Р. Боряк – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

© Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

<i>О.І. Євдоченко</i> ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ КОДІВ РІДА – СОЛОМОНА.....	106
<i>Є.М. Заніздра</i> АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА КОРПУСУ.....	107
<i>С.Г. Кислиця, І.О. Вишневський</i> РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ І ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ВЕНТИЛЬНОМУ ІНДУКТОРНИ ДВИГУНІ.....	109
<i>І.О. Єндіаров, Н.В. Єрмілова</i> РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМУНАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ.....	112
<i>С.Г. Кислиця, Р.М. Ковзан</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ БАГАТОМОТОРНОГО ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНОВОГО ШАРОВОГО КОНВЕЄРУ.....	114
<i>О.А. Мешко, Н.В. Єрмілова</i> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕННЯ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	116
<i>В.В. Пушкарь</i> СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ОБМЕЖЕННЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	118
<i>О.М. Федоренко</i> РОЗРОБКА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ.....	119
<i>А.О. Гостянниця, Б.Р. Боряк</i> АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНО-КЕРОВАНОВОГО РАДІО.....	120

УДК 621.9

*О.М. Федоренко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **РОЗРОБКА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ**

Актуальність розробки наземної робототехнічної платформи не викликає сумніву у зв'язку із вторгненням ворога на терени України. Кількість створених наземних робототехнічних платформ пропорційна кількості збережених життів.

Дослідження маніпулятора наземної платформи здійснювалася відповідно до плану проведення наукових досліджень, а саме з 1 вересня 2024 року по 1 грудня 2024 року.

Розробка маніпулятора здійснювалася на основі конструктора Pitsco Tetrimax з дистанційними пристроями керування Radiomaster Boxer. Для віддаленого керування використовувався окуляри віртуальної реальності skyzone із вбудованим літій-іонним акумулятором 4S2P. Передача відео здійснювалася за допомогою FPV RUSH fpv flight system.

Конструкція обладнана акумуляторною батареєю 12 Volt 3,000 mAh NiMN (charge rate:0,9amp). Силова частина складається з 2 двигунів TorqueNADO 60:1

119

Ratio Gearbox with Encoder 44260. У якості контролера використано ARDUINO Board Model MEGA 2560 R3. Для керування двигунами обрано драйвер L298N та електромагнітні реле. Для створення прототипу маніпулятора використовувалися сервопривід Deluxe Hitec HS-322HD з кронштейнами.

Реалізація маніпулятора потребує розробки математичної моделі й використання спеціалізованого програмного забезпечення. Наступний етап дослідження зорієнтований на реалізацію розглянутих рішень.

### **ЛІТЕРАТУРА:**

- 1 .Pitsco Tetrimax [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.pitsco.com/collections/tetrimax?srsltid=AfmBOor-jvjQJ\\_euDsn4v3XXcUU1PBpvRaFjoGgyOI43Ouur4FbEoi2i](https://www.pitsco.com/collections/tetrimax?srsltid=AfmBOor-jvjQJ_euDsn4v3XXcUU1PBpvRaFjoGgyOI43Ouur4FbEoi2i).
- 2 .Radiomaster Boxer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radiomasterrc.com/products/boxer-radio-controller-m2>.
3. TorqueNADO [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pitsco.com/products/tetrimax-torquenado-motor-with-encoder?srsltid=AfmBOoowvLh7ZPmiNcSImTYpYv26ptyUFQbRDO5ckf4nOJzezJSdnV-k>.

## **DEVELOPMENT OF A MANIPULATOR FOR A GROUND ROBOTIC PLATFORM**

*O. Fedorenko, Master's Student*

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

## **ДОДАТОК В**

Презентаційний матеріал

Міністерство освіти та науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

# **РОЗРОБКА МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент 601МЕ групи

Федоренко О.М.

Керівник:

Доцент кафедри автоматики  
електроніки та телекомунікацій

Лактіонов О.І.

Полтава 2024

**Актуальність теми** полягає у зростаючій потребі автоматизації та підвищенні ефективності в різних сферах, таких як промисловість, сільське господарство та військова справа. Використання маніпуляторів дозволяє виконувати складні та небезпечні завдання без участі людини, що підвищує безпеку та продуктивність.

**Мета роботи** є розробка маніпулятора для наземної робототехнічної платформи, здатного виконувати широкий спектр завдань із високою точністю та надійністю в умовах аварійного середовища.

Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні **завдання**:

- Провести аналіз існуючих конструкцій маніпуляторів і визначити основні вимоги до їх функціонування.
- Розробити концептуальну модель маніпулятора з урахуванням специфіки використання на наземній робототехнічній платформі.
- Розробити систему управління маніпулятором для автономного та дистанційного виконання завдань.
- Провести тестування розробленої моделі та оцінити її ефективність у різних умовах експлуатації.

**Предмет дослідження** виступає процес розробки маніпулятора для цієї платформи, що включає його конструктивні особливості, функціональні можливості та інтеграцію з системою управління.

# Маніпулятори на наземній робототехнічній платформі в житті людини

Маніпулятори на наземній робототехнічній платформі використовуються в:

- 1.Промисловості – для автоматизації вантажних операцій, монтажу та зварювання.
- 2.Сільському господарстві – для збору врожаю, сортування та обробки ґрунту.
- 3.Військовій справі – для розмінування, перевезення вантажів та виконання небезпечних завдань.
- 4.Рятувальних операціях – для розбору завалів, доставки медикаментів та допомоги людям.
- 5.Наукових дослідженнях – для роботи в небезпечних або важкодоступних умовах.



# КЛАСИФІКАЦІЯ МАНІПУЛЯТОРІВ

За типом  
конструкції

Рука з  
поворотом

з можливістю  
обертання  
маніпулятора  
для досягнення  
великої зони  
роботи

Роботизовані  
маніпулятори

з високим рівнем  
автоматизації та  
програмування  
для виконання  
складних завдань

За типом  
приводу

гідравлічні

використовуют  
ься для важких  
вантажів  
завдяки  
високій силі

Пневматичні

використовуют  
ься для легких  
операцій з  
високою  
швидкістю

електричні

забезпечують  
точне  
управління та  
ефективні для  
складних  
маніпуляцій

# ОСНОВНІ ВИДИ МАПУЛЯТОРІВ

ПІДЙОМНІ

для підйому та  
переміщення  
важких вантажів

РУЧНІ

для точних операцій  
на малих відстанях.

МОБІЛЬНІ

встановлені на  
роботах для роботи  
в різних умовах та з  
автоматичним  
управлінням.

# Розробка маніпулятора

- Розробка маніпулятора здійснювалася на основі конструктора Pitsco Tetrax max з дистанційними пристроями керування Radiomaster Boxer.
- Для віддаленого керування використовувався окуляри
- віртуальної реальності skuzone із вбудованим
- літій-іонним акумулятором 4S2P.
- Передача відео здійснювалася за допомогою
- FPV RUSH fpv flight system.
- Конструкція обладнана акумуляторною батареєю 12 Volt 3,000 mAh NiMN (charge rate:0,9amp).
- Силова частина складається з 2 двигунів TorqueNADO 60:1 Ratio Gearbox with Encoder 44260.
- У якості контролера використано ARDUINO Board Model MEGA 2560 R3.



- Для керування двигунами обрано драйвер L298N та електромагнітні реле.
- Для створення прототипу маніпулятора використовувалися сервопривід Deluxe Hitec HS-322HD з кронштейнами.



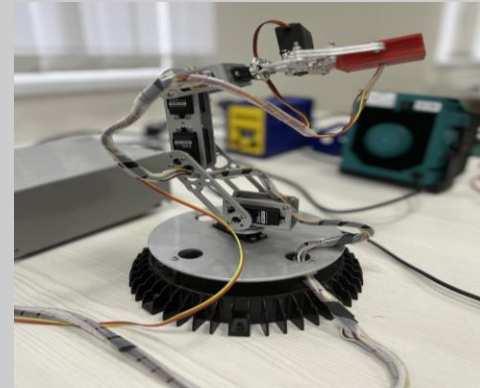
- Для зручності монтажу та з'єднання дротів використовувалися клемні колодки з натискним важелем Enech e.lc.pro.5\_5.
- Для аварійної зупинки передбачена кнопка Stop.



- Для паяння електрообладнання платформи використовувалася паяльна станція ВАКУ878L:



- У якості аналога маніпулятора розглядався маніпулятор на базі 5 серво двигунів.



- Маніпулятор має зовнішній блок керування оснащений трансформатором, запобіжниками та живиться від напруги 220В змінного струму. Додаткові механізми для серво двигунів :



- За допомогою контролерів arduino здійснюється керування маніпулятором.



# Загальні висновки:

У результаті виконання дипломної роботи було досягнуто наступних результатів:

1. Аналіз існуючих рішень: Проведено детальний огляд сучасних маніпуляторів, що використовуються в наземних робототехнічних платформах. Визначено їхні переваги та недоліки, що дозволило сформулювати вимоги до розроблюваного маніпулятора.
2. Проектування маніпулятора: Розроблено конструкцію маніпулятора з урахуванням вимог до мобільності, вантажопідйомності та точності. Створено 3D-модель, яка відображає всі необхідні компоненти та їх взаємодію.
3. Розрахунок та вибір приводів: Виконано розрахунки для визначення оптимальних параметрів приводів маніпулятора. Обрано відповідні двигуни, які забезпечують необхідну швидкість та точність рухів.
4. Інтеграція з платформою: Розроблено систему управління маніпулятором, яка забезпечує його ефективну роботу в складі наземної робототехнічної платформи. Забезпечено сумісність апаратного та програмного забезпечення.
5. Тестування та оптимізація: Проведено тестування прототипу маніпулятора. Виявлено та усунуто недоліки, що дозволило підвищити надійність та ефективність роботи системи.

Загалом, результати роботи підтверджують доцільність та ефективність розробленого маніпулятора для використання в наземних робототехнічних платформах, що сприяє підвищенню їх функціональних можливостей та розширенню сфер застосування.

Дякую за увагу!