

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформаційних систем та технологій

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Інформаційне забезпечення
робототехнічних систем»
спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»
на тему: «Симуляція педипуляторів антропоморфного крокуючого
робота»

Виконав:

студент ІV курсу, групи ІК-91

Полодюк Микита Сергійович _____

Керівник:

Д.т.н., доцент кафедри ІСТ,

Поліщук Михайло Миколайович _____

Рецензент:

Доцент кафедри Інформатики та програмної інженерії

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

канд. техн. наук, доцент,

Ліхоузова Тетяна Анатоліївна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформаційних систем та технологій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Полодюку Микиті Сергійовичу

1. Тема проєкту «Симуляція педіпуляторів антропоморфного крокуючого робота», керівник проєкту Поліщук Михайло Миколайович, д.т.н., доцент кафедри ІСТ, затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. № 2101-с
2. Термін подання студентом проєкту: 12 червня
3. Вихідні дані до проєкту: програмна реалізація обрахунку параметрів педіпулятора антропоморфного крокуючого робота
4. Зміст пояснювальної записки:
 - 1) Аналіз предметної області
 - 2) Ознайомлення з антропоморфним крокуючим роботом
 - 3) Вибір та обґрунтування засобів та середовища розробки
 - 4) Розробка програмного забезпеченняВисновки
Перелік інформаційних джерел
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Алгоритм роботи програми (А3), Алгоритм руху

робота (А3), Алгоритм роботи педіпулятора (А3), Алгоритм перевірки даних (А3).

7. Дата видачі завдання 28 лютого

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Ознайомлення з завданням	26.04.23 – 30.04.23	
2	Аналіз предметної області	01.05.23 – 09.05.23	
3	Планування моделі	10.05.23 – 15.05.23	
4	Розробка програмного забезпечення	16.05.23 – 28.06.23	
5	Оформлення документації	29.05.23 – 05.06.23	
6	Норм. Контроль		
7	Перевірка на співпадіння		
8	Захист		

Студент

Микита ПОЛОДЮК

Керівник

Михайло МИКОЛАЙОВИЧ

АНОТАЦІЯ

Полодюк М.С. Симуляція педіпуляторів антропоморфного крокуючого робота. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2023.

Проект містить 70 с. тексту, 24 рисунків, 9 математичних формул, посилання на 29 літературні джерела та 4 конструкторські документи.

Ключові слова: антропоморфний робот, крокуючий робот, педіпулятор, симуляція, обрахунка параметрів, Python, програмна реалізація.

Об'єктом розробки є програмна реалізація для симуляції педіпулятору антропоморфного крокуючого робота.

Мета розробки – створення програми, яка допоможе розвинути практичні навички у обрахунку параметрів та оптимізації крокуючих роботів

У дипломному проєкті було створено програмну реалізацію, яка призначена для автоматичного обрахунку параметрів антропоморфного крокуючого робота за введеними даними, а також, відображає залежності цих параметрів на графіках. Програмна реалізація представлена у вигляді інтерактивних вікон. Окрім цього, був проведений аналіз предметної області, який включав в себе ознайомлення з видами роботів, в особливості з крокуючими. Також, був проведений порівняльний пошук оптимального набору технологічного стеку для розробки вказаної програмної реалізації.

Під час розробки програмної реалізації були сформовані принципи переміщення крокуючого роботу та блок-схема алгоритму роботи програмної реалізації.

SUMMARY

Polodiuk M.S. Simulation of anthropomorphic walking robot pedipalps. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, 2023.

The project contains 70 p. of text, 24 figures, 9 mathematical formulas, references to 29 literary sources and 4 design documents.

Keywords: anthropomorphic robot, walking robot, pedipalp, simulation, parameter calculation, Python, software implementation.

The object of development is a software implementation for simulating the pedipalp of an anthropomorphic walking robot.

The purpose of the development is to create a program that will help develop practical skills in calculating parameters and optimizing walking robots.

In the thesis project, a software implementation was created that is designed to automatically calculate the parameters of an anthropomorphic walking robot based on the entered data, and also displays the dependencies of these parameters on graphs. The software implementation is presented in the form of interactive windows. In addition, an analysis of the subject area was conducted, which included familiarization with the types of robots, especially walking robots. Also, a comparative search for the optimal set of technological stack for the development of the specified software implementation was carried out.

During the development of the software implementation, the principle of moving a walking robot and a flowchart of the software implementation algorithm were formed.

Номер рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Номер екзем.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3			Знову розроблена			
4						
5	A4	ІК91.320БАК.005 ПЗ	Пояснювальна записка	71		
6	A3	ІК91.320БАК.005 Д1	Алгоритм роботи програми	1		
7	A3	ІК91.320БАК.005 Д2	Алгоритм руху робота	1		
8	A3	ІК91.320БАК.005 Д3	Алгоритм роботи	1		
9			педіпулятора			
10	A3	ІК91.320БАК.005 Д4	Алгоритм перевірки даних	1		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ІК91.32БАК.005 ТП				
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Полодюк М.С.		
Керівн.		Поліщук М.М.		
Затв.				

Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	1
КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІК-91		

Симуляція педіпуляторів антропоморфного крокуючого робота. Відомість проекту		
---	--	--

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Симуляція педіпуляторів
антропоморфного крокуючого робота»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	6
1.1 Визначення терміну «робот»	6
1.2 Види роботів	7
1.2.1 Промислові роботи	9
1.2.2 Медичні роботи	13
1.2.3 Послугові роботи	19
1.2.4 Мобільні роботи	22
1.3 Класифікація роботів за типом переміщення	24
1.3.1 Мобільні	24
1.3.2 Літаючі.....	29
1.3.3 Плаваючі.....	32
1.4 Класифікація крокуючих роботів	34
Висновки до розділу	35
2 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З АНТРОПОМОРФНИМ КРОКУЮЧИМ РОБОТОМ	37
2.1 Загальний опис конструкції антропоморфного крокуючого робота.....	37
2.2 Опис конструкції педипулятора робота	38
2.3 Принцип функціонування педипуляторів робота	40
Висновки до розділу	44
3 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ ТА СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ	46
3.1 Обґрунтування обраної мови програмування.....	46
3.1.1 Обрана бібліотека для створення інтерфейсу	46
3.1.2 Обрана бібліотека для побудови графіків.....	51
3.1.3 Додаткові бібліотеки	58
3.2 Обґрунтування обраного середовища розробки	58
Висновки до розділу	59
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	61
4.1 Створення концепту програми.....	61

					ІК91.320БАК.005 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис		Симуляція педипуляторів антропоморфного крокуючого робота. Пояснювальна записка				
Розробив	Полодюк М.С.	Перевірів	Поліщук М.М.						
Затв.					Т	2	70		
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІК-91				

4.2 Розробка загального вигляду вікон програми	63
4.3 Розробка функціоналу вікон програми	64
4.3.1 Функціонал головного вікна	64
4.3.2 Функціонал вікна з результатами обрахунків	64
4.3.3 Функціонал вікна з графіками залежності	65
Висновки до розділу.....	65
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ВСТУП

У сучасному світі швидкого технологічного розвитку робототехніка відіграє ключову роль у різних сферах, починаючи від промисловості та медицини, і закінчуючи побутовими застосуваннями. Одним з напрямків робототехніки є розробка крокуючих роботів, які спроможні ефективно переміщатися в незвичних умовах, що дозволяє їх використання в умовах погано доступних або небезпечних місць. Антропоморфні крокуючі роботи, які моделюють людські рухи, виявляють особливий інтерес, оскільки їх можна використовувати у багатьох областях, включаючи рятувальні операції, дослідження невідомих територій та навіть допомогу людям з обмеженими можливостями.

Об'єктом дослідження мого дипломного проекту є симуляція педипуляторів антропоморфного крокуючого робота. Враховуючи складність та різноманітність рухів людських ніг, розробка ефективних алгоритмів обрахунку параметрів таких роботів є актуальною задачею. Ця проблема вимагає глибокого розуміння механіки руху та викликів, пов'язаних з принципом роботи педипуляторів крокуючих роботів.

Метою цього дипломного проекту є розробка та реалізація програмної системи, яка забезпечуватиме обрахунок параметрів педипуляторів антропоморфного крокуючого робота. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- вивчення та аналіз наукових досліджень у сфері руху роботів та педипуляторів крокуючих роботів;
- розробка математичних моделей та алгоритмів, які дозволять точно обчислювати рухи антропоморфного крокуючого робота;
- реалізація програмної системи для візуалізації обрахованих результатів;
- проведення експериментів та аналіз отриманих даних з метою оцінки ефективності та точності розробленої системи симуляції.

Практичне значення отриманих результатів полягатиме у створенні інструменту, який дозволить дослідникам, інженерам та розробникам вивчати та вдосконалювати крокуючих роботів, їх рухові характеристики та алгоритми керування. Отримані знання та інструменти зможуть бути використані у подальшій роботі над покращенням робототехнічних систем, забезпечуючи їх більш точну, безпечну та ефективну роботу у різних сферах.

Враховуючи зростаючу потребу в розвитку та застосуванні крокуючих роботів, симуляція педипуляторів антропоморфного крокуючого робота є важливим етапом у дослідженні цієї проблеми. Результати дипломного проекту зроблять вагомий внесок у розуміння механіки руху та допоможуть розвинути практичні навички у керуванні та оптимізації крокуючих роботів.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Визначення терміну «робот»

Робот (від чеськ. *robota*) — це автоматичний або напівавтоматичний пристрій, призначений для виконання різних виробничих та інших операцій, які зазвичай виконувались безпосередньо людиною. Це може бути будь-який машинний або механічний пристрій, який діє самостійно або під контролем певної програми або алгоритму. Але для чіткого розуміння даного терміну бажано визначити його загальноприйнятне тлумачення, що буде мати більш розширені поняття про: форму – фізична або віртуальна; автономність - прийняття рішень та виконання дій або запрограмованість; та інші.

Робот – це "програмований фізичний або віртуальний агент, що працює в автономному або пів автономному режимі, здатний сприймати своє оточення, приймати рішення та виконувати дії з метою досягнення конкретної мети".

Класифікація роботів:

- за призначенням – промислові, медичні, побутові, роботи для забезпечення безпеки, бойові роботи, дослідницькі роботи;
- тип управління - керовані оператором, пів автономні, автономні;
- системи управління - програмні, адаптивні, інтелектуальні;
- ступінь мобільності – стаціонарні, мобільні, змішані;
- за характером виконуваних операцій - технологічні (виробничі) роботи, допоміжні (підйомно-транспортні) роботи, універсальні роботи (УПР) виконують різноманітні технологічні операції;
- форма - механічні апарати, віртуальні агенти, дрони та інші фізичні конфігурації;
- за функціональним призначенням – маніпуляційні, транспортні, інформаційні, комбіновані.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Максимально широке трактування поняття «робот» - «це розумне залізо плюс розумний софт». Сюди входять і банкомати і автомобільні навігатори, і навіть «розумний» годинник та «розумні» камери.

По суті, робот - це кібернетичний пристрій, здатний виконувати за людину певну фізичну або розумову роботу за спеціальною програмою, закладеною в неї, враховуючи зовнішні фактори, та забезпечують безпеку, ефективність та точність робіт. Їх застосування полегшує та покращує багато процесів у різних сферах людського життя.

1.2 Види роботів

Загальноприйнятої класифікації роботів немає. Основні характеристики, за якими можна умовно поділити всі моделі – призначення та зовнішній інтерфейс. В даному розділі розглянемо деякі з найпоширеніших видів роботів, які застосовуються у різних галузях.

За сферою праці та типом роботи що виконується роботами, можна виділити 8 різновидів :

- промислові: роботи призначені для автоматизації різноманітних технологічних операцій з виробництва будь-якої продукції. Застосовуються практично у всіх галузях промисловості (машинобудування, приладобудування, нафтохімічна, металургійна, атомна, автомобільна, авіаційна, космічна та ін.).

- медичні: для проведення хірургічних операцій, приготування лікарських препаратів, догляду за хворими, діагностики захворювань, навчання медичних навичок. Крім того, в медицині застосовуються роботизовані системи у вигляді протезів кінцівок та трансплантатів для заміни внутрішніх органів.

- послугові роботи: включають роботів, які надають різноманітні послуги у сферах, таких як готельний бізнес, ресторани, логістика та інші. Ці роботи можуть виконувати завдання, які раніше були виключно покладені на людей, такі як обслуговування клієнтів, доставка товарів, прибирання тощо.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

Послугові роботи забезпечують ефективність та зручність для бізнесу та клієнтів;

- мобільні роботи: є рухомими та здатними працювати у різних середовищах. Це включає автономних роботів, які можуть пересуватися по землі, повітряю або воді. Мобільні роботи застосовуються у таких галузях, як розвідка, логістика, автономні автомобілі та інші. Вони забезпечують можливість виконання завдань у важкодоступних місцях або в умовах, небезпечних для людини;

- соціальні роботи: призначені для взаємодії з людьми та надання підтримки у соціальних ситуаціях. Вони можуть використовуватися в сфері догляду за літніми людьми, освіти, терапії та інших областях, де необхідна емоційна або практична підтримка. Соціальні роботи можуть мати людиноподібну форму або бути віртуальними агентами;

- сільськогосподарські: призначені для виконання трудомістких та монотонних процесів у сільському господарстві. В даний час ведеться інтенсивна розробка таких роботів;

- транспортні: застосовуються для автоматичного переміщення вантажів, або автономного керування різними транспортними засобами. Самохідні візки, автопілоти тощо;

- побутові: роботи для транспортування предметів та вантажів в автоматичному режимі за заданим маршрутом; робот-домогосподарка (приготування їжі, миття, пилососи тощо); універсальний робот-помічник з дому; «Розумний дім», тобто роботизована система всього життєзабезпечення, «домашні тварини», іграшки, універсальні роботи для спілкування та зняття напруги;

- бойові: для мінімізації безпосередньої участі людини в бойових діях з метою скорочення або виключення людських втрат, а також для роботи в умовах, несумісних з можливостями людини у військових цілях. Багато різновиді в залежності від бойових завдань для військових підрозділів. Безпілотні з дистанційним керуванням літаки, вертольоти, дрони, підводні

апарати та надводні кораблі. Бомбардувальники, розвідники, роботи-мінери, роботи-сапери, роботи-патрульні, роботи для перенесення військової амуніції;

- охоронні: захист довірених територій чи приміщень. Роботи виконують патрулювання периметрів, що охороняються, і у разі фіксації проникнення зловмисників сигналізують про це черговим операторам. Останнім часом виникає тенденція до оснащення робо-охоронців нелетальними видами зброї;

- дослідні: необхідні при проведенні досліджень та збору різноманітних видів інформації про об'єкти, в екстремальних умовах. Висока температура, радіація, розряджене повітря тощо. Вони здатні працювати на землі та під землею, на воді та під водою, у повітрі та космосі.

1.2.1 Промислові роботи

Детальніше розглянемо промислових роботів, як одну з найпоширеніших груп їх використання.

Промисловий робот – це автоматично керований, перепрограмований, багатоцільовий маніпулятор, що програмується по трьох і більше осях. Він може бути зафіксований у заданому місці, або може мати можливість пересування для виконання промислових завдань автоматизації. Промислові роботи використовуються для всіх видів промислових застосувань. Наприклад, дугове зварювання, обробка матеріалів, фарбування та інші завдання.

Як правило промисловий робот включає:

- маніпулятор, включаючи виконавчі механізми;
- контролер, включаючи підвісний пульт навчання та інтерфейс зв'язку (електронне обладнання та програмне забезпечення);
- може мати додаткові інтегровані осі.

Одна з властивостей промислового робота це – перепрограмованість. Тобто властивість замінювати програму, що управляє, за допомогою людини-оператора або автоматично. До перепрограмування відноситься зміна

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

послідовності та (або) значень переміщень за ступенями рухливості та функцій управління за допомогою засобів управління на пульті пристрою управління.

Плюси промислових роботів:

- підвищення ефективності: Використання промислових роботів дозволяє автоматизувати процеси та знизити витрати на робочу силу. Роботи працюють швидше та ефективніше, що дозволяє збільшити виробничу потужність та знизити час виготовлення продукції;

- покращення якості: Промислові роботи демонструють високу точність та стабільність у виконанні завдань. Вони дозволяють уникнути людських помилок, що призводить до покращення якості виготовленої продукції;

- зниження ризику: Використання роботів у небезпечних умовах, наприклад, при роботі зі шкідливими речовинами, високою температурою або радіацією, дозволяє знизити ризик для людей та покращити безпеку праці.

Мінуси промислових роботів:

- високі витрати: Придбання та впровадження промислових роботів можуть бути дорогими. Вони вимагають значних інвестицій у придбання робота, його програмування, навчання персоналу та забезпечення безпеки;

- складність програмування: Програмування промислових роботів вимагає спеціалізованого знання та навичок. Створення ефективних та надійних програм може бути складною задачею;

- обмежена гнучкість: Промислові роботи зазвичай призначені для виконання конкретних завдань у виробничому процесі. Зміна їх функціональності або перенесення на інші завдання може бути складним або неможливим.

Сфери застосування промислових роботів:

- автомобільна промисловість: Роботи використовуються для збирання, зварювання, фарбування та складання автомобілів;

- виробництво електроніки: Роботи використовуються для маніпулювання, тестування та монтажу електронних компонентів;

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

- харчова промисловість: Роботи використовуються для пакування, сортування та обробки продуктів харчування;

- фармацевтична промисловість: Роботи використовуються для дозування ліків, пакування та маркування медичних препаратів.

Приклади промислових роботів:

- Fanuc M-2000iA: Великий маніпуляторний робот, призначений для підйому важких вантажів у виробничих приміщеннях.



Рисунок 1.1 – Маніпуляторний робот «Fanuc M-2000iA» [9]

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

- ABB IRB 4600: Швидкодіючий робот з високою точністю, призначений для роботи у зоні зварювання.

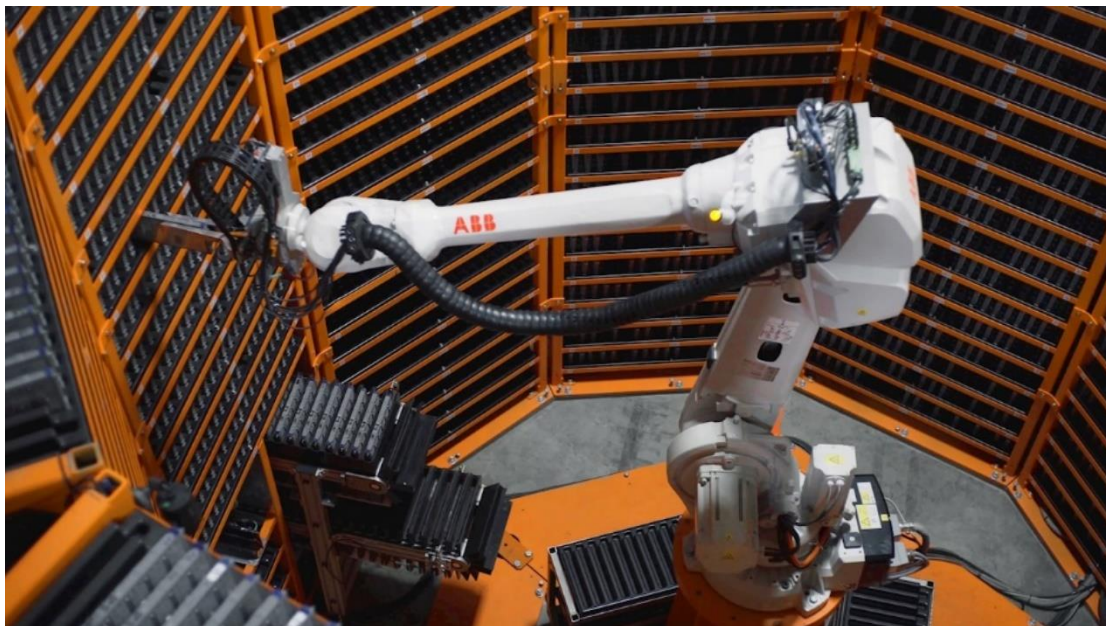


Рисунок 1.2 – «ABB IRB 4600» [10]

- UR5: Колаборативний робот, який може співпрацювати з людьми безпосередньо у виробничих процесах.



Рисунок 1.3 – «UR5» від Universal Robots [11]

1.2.2 Медичні роботи

Іншою сферою застосувань роботів є медицина. Роботи в цій сфері займають важливу нішу допомагаючи у процесах: діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів. Як і інші роботи, вони мають свої певні особливості, переваги та недоліки. Через специфіку застосування, вони можуть мати незвичну форму та частини конструкції.

До їх особливостей можна перелічити наступне:

- мають високу точність та можуть підтримувати стабільний процес під час роботи. Ця особливість є крайнє важливою, при виконанні важливих операцій, що потребують мінімальних похибок;

- мають в своєму оснащенні спеціальні маніпулятори, що дублюють медичні інструменти. Саме завдяки таким маніпуляторам вони і мають змогу виконувати більшість спеціалізованих операцій;

- деякі медичні роботи можуть мати можливість дистанційного керування. Може стати в нагоді, якщо медичні працівники з тих або інших причин не можуть бути присутні біля пацієнтів. Особливо допоможе, якщо пацієнту потрібне термінове втручання, а поряд немає потрібного лікаря;

- вбудовані датчики та зображувальні системи: Багато медичних роботів оснащені датчиками, що дозволяють виявляти різні параметри, такі як тиск, температура, пульс, рухи тощо. Крім того, вони можуть бути оснащені зображувальними системами, такими як рентгенівські апарати або ультразвукові сканери, що допомагають лікарям отримувати детальні зображення та діагностичні дані.

Плюси медичних роботів:

- покращення точності та безпеки: Використання медичних роботів дозволяє знизити ризик людських помилок під час операцій та інших медичних процедур. Вони забезпечують високу точність і стабільність, що сприяє покращенню результатів лікування та безпеці пацієнтів;

- мінімізація інвазійності: Деякі медичні роботи дозволяють здійснювати мінімально інвазійні процедури, що зменшує розмір ран та тривалість одужання пацієнтів. Це може бути особливо корисно при хірургічному втручанні;

- збільшення доступу до медичних послуг: Використання медичних роботів може забезпечити доступ до якісної медичної допомоги в віддалених або важкодоступних місцях. Вони дозволяють лікарям вести консультації або

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

здійснювати операції на відстані, що робить медичну допомогу більш доступною.

Сфери застосування медичних роботів:

- хірургія: використовуються у хірургії для виконання прецизійних операцій, таких як лапароскопічна хірургія, роботизована асистентна хірургія та нейрохірургія;

- реабілітація: в процесі фізіотерапії та реабілітації, надаючи пацієнтам можливість відновити рух та функціональність після травм або хвороб;

- діагностика та зображення: для отримання зображень та діагностичних даних, таких як рентгенівські зображення, ультразвукові сканування та магнітно-резонансна томографія;

- доставка медикаментів та матеріалів: для доставки ліків, матеріалів та інструментів у медичних установах, забезпечуючи швидку та точну доставку.

Приклади медичних роботів:

- da Vinci Surgical System: цей робот використовується у роботизований хірургії, дозволяючи лікарям виконувати операції з високою точністю та мінімальною інвазивністю.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рисунок 1.4 – «da Vinci Surgical System» [12]

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК91.320БАК.005 ПЗ

Арк.

16

- CyberKnife: Це система радіохірургії, яка використовує технологію роботів для точного впливу на пухлини та інші ураження шляхом пучків випромінювання.



Рисунок 1.5 – «CyberKnife» [13]

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК91.320БАК.005 ПЗ

Арк.

17

- ReWalk: Це екзоскелетний робот, який допомагає людям з руховими обмеженнями стояти та ходити.



Рисунок 1.6 – «ReWalk» [14]

- InTouch Health RP-VITA: Цей робот дозволяє лікарям проводити консультації з віддаленими пацієнтами та керувати їхньою діагностикою та лікуванням.

1.2.3 Послугіві роботи

Послугіві роботи є різноманітними технологічними системами, призначеними для надання послуг та підтримки людей у різних сферах життя. Вони забезпечують автоматизацію та ефективність виконання завдань, що раніше вимагали присутності або дії людей. Розглянемо детальніше цей вид робіт.

Особливості послугових робіт:

- автономність: послугіві роботи можуть працювати автономно, без необхідності постійного керування або нагляду з боку людини. Вони оснащені системами штучного інтелекту, датчиками та алгоритмами, що дозволяють їм самостійно функціонувати та приймати рішення;

- взаємодія з людьми: послугіві роботи здатні взаємодіяти з людьми, сприймати голосові команди, розпізнавати обличчя, використовувати природну мову для комунікації. Це дозволяє їм забезпечувати персоналізоване обслуговування та виконувати різноманітні завдання за запитом користувачів;

- гнучкість та адаптивність: Послугіві роботи можуть бути програмовані для виконання різноманітних завдань та функцій в залежності від потреб і вимог конкретної ситуації. Вони можуть змінювати свої параметри та режими роботи для оптимального виконання поставлених завдань;

- фізичні можливості: послугіві роботи можуть мати різні фізичні можливості, включаючи рух, підйом та переміщення предметів, розпізнавання об'єктів та навколишнього середовища. Їхні конструкції можуть бути адаптовані до конкретних потреб та вимог робочого середовища.

Плюси послугових робіт:

- підвищення продуктивності: Використання послугових робіт дозволяє збільшити продуктивність та ефективність виконання завдань, що призводить до зменшення часу та ресурсів, необхідних для їх виконання;

- зниження ризиків та помилок: Послугіві роботи можуть бути більш точними та уважними у виконанні завдань, що зменшує ймовірність помилок,

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

пов'язаних з людським фактором. Це особливо важливо в таких сферах, як медицина, авіація чи виробництво;

- економія ресурсів: використання послугових робіт дозволяє ефективніше використовувати ресурси, такі як енергія, матеріали та час. Вони можуть бути програмовані для оптимального використання ресурсів та зменшення втрат.

Сфери застосування послугових робіт:

- готельний та ресторанний бізнес: Послугіві роботи можуть використовуватись для обслуговування гостей, доставки страв, прибирання кімнат та інших послуг у сфері гостинності;

- логістика та складське господарство: Роботи можуть використовуватись для автоматизації процесів переміщення, сортування та упаковки товарів у логістичних центрах та складах;

- медичний сектор: Послугіві роботи можуть бути використані для доставки медичних засобів, послуги підтримки пацієнтів, телемедицини та інших медичних процедур.

Приклади послугових робіт:

- Реррег: Цей робот розроблений для взаємодії з людьми, надає підтримку в різних сферах, таких як продажі, прийом гостей та консультування.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рисунок 1.7 – «Pepper» [15]

- Savioke Relay: Цей робот використовується для доставки різних предметів у готелях, лікарнях та офісних приміщеннях.



Рисунок 1.8 – «Relay2» [16]

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Aethon TUG: Цей робот призначений для автоматичної доставки ліків та матеріалів у медичних установах.

1.2.4 Мобільні роботи

Мобільні роботи - це автономні роботи, які здатні виконувати різноманітні завдання та переміщатись у фізичному середовищі. Вони оснащені колісними, гусеничними або ногами системами переміщення, що дозволяють їм вільно рухатись в просторі. Розглянемо детальніше цей тип роботів.

Особливості мобільних роботів:

- рухливість: Мобільні роботи мають здатність до переміщення в різних середовищах, включаючи землю, підлоги, ступінчасті поверхи та навіть нерівну місцевість. Вони можуть пристосовуватись до різних умов та об'єктів у своєму оточенні;

- навігація: Мобільні роботи оснащені системами навігації, такими як датчики відстані, глобальні позиціонування (GPS), компаси та карти, що дозволяють їм орієнтуватись у просторі та планувати оптимальний маршрут;

- самостійність: Мобільні роботи здатні працювати автономно, без постійного контролю людини. Вони можуть приймати рішення на основі внутрішнього програмування та сприймати зовнішню інформацію за допомогою датчиків для адаптації до змінних умов;

- об'єктова взаємодія: Мобільні роботи можуть взаємодіяти з об'єктами та оточенням за допомогою механічних пристроїв, рук або інструментів, що дозволяє їм виконувати різноманітні завдання, такі як підйом вантажів, розміщення предметів та виконання операцій.

Плюси мобільних роботів:

- гнучкість та адаптивність: Мобільні роботи можуть бути легко перенесені та використані в різних областях, включаючи виробництво,

логістику, медицину, безпеку та багато інших. Вони можуть адаптуватись до змінних вимог та завдань;

- підвищення продуктивності: Мобільні роботи здатні виконувати рутинні та повторювані завдання швидше та ефективніше, зменшуючи час та зусилля, потрібні для їх виконання. Вони можуть також працювати у некомфортних умовах, де робота людини може бути обмеженою;

- безпека та ризиковість: Мобільні роботи можуть бути використані в небезпечних або важкодоступних середовищах, де робота людини може бути ризикованою. Вони можуть брати на себе роботу з виявлення та усунення небезпеки, виконувати інспекції та роботи в умовах, що потребують спеціальних заходів безпеки.

Сфери застосування мобільних роботів:

- логістика та складське господарство: Мобільні роботи використовуються для переміщення та сортування товарів у логістичних центрах та складах;

- медичний сектор: Мобільні роботи можуть бути використані для доставки медичного обладнання та ліків, транспортування пацієнтів та надання допомоги медичному персоналу;

- виробництво: Мобільні роботи використовуються у виробничих лініях для пересування виробів, збирання компонентів та виконання рутинних операцій;

- безпека та оборона: Мобільні роботи можуть бути використані для нагляду, патрулювання, виявлення вибухонебезпечних матеріалів та виконання інших завдань у сфері безпеки та оборони.

Це лише кілька прикладів сфер застосування мобільних роботів, і їх потенціал продовжує розширюватись з розвитком технологій і автоматизації.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

1.3 Класифікація роботів за типом переміщення

1.3.1 Мобільні

Колісні роботи є типом мобільних роботів, які використовують колеса для переміщення по рівній поверхні. Вони мають спеціальну конструкцію та пристосування, що дозволяють їм ефективно рухатись у різних умовах. Ось деякі ключові аспекти колісних роботів:

- конструкція: колісні роботи складаються з основного корпусу, де знаходяться механізми керування та обробки інформації, а також одного або більше коліс, що забезпечують рух. Колеса можуть бути виконані з різних матеріалів, таких як гума або метал, і можуть мати різну форму та розмір в залежності від призначення робота;

- система переміщення: колісні роботи використовують приводну систему для руху. Це можуть бути електромотори, гідравлічні приводи або інші механізми, які забезпечують рух коліс. Приводні системи можуть бути безпосередньо підключені до коліс або працювати через передаточні механізми для забезпечення більшої сили або керованості;

- система керування: колісні роботи використовують різні системи керування для контролю руху та навігації. Це можуть бути автономні системи з вбудованими сенсорами, такими як камери, лазерні далекомір, гіроскопи та акселерометри, або системи, які керуються здалеку оператором;

- плюси та мінуси: колісні роботи мають кілька переваг, зокрема швидкість руху, високу маневреність та простоту управління на рівних поверхнях. Вони також добре підходять для використання в промисловості, складах, логістиці та інших додаткових сферах. Однак, колісні роботи можуть бути менш ефективними на нерівній або непрохідній поверхні, де гусениці або роботи з ногами мають перевагу;

- приклад: один з прикладів колісних роботів - Mars Rover (Марсохід). Це безпілотний робот, розроблений для дослідження поверхні планети Марс. Він має шість коліс, кожне з яких оснащено приводом для руху по нерівній

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

марсіанській поверхні. Марсохід оснащений вбудованою системою керування, яка дозволяє йому автономно орієнтуватись по марсіанському ландшафту, збирати дані та передавати їх на Землю.

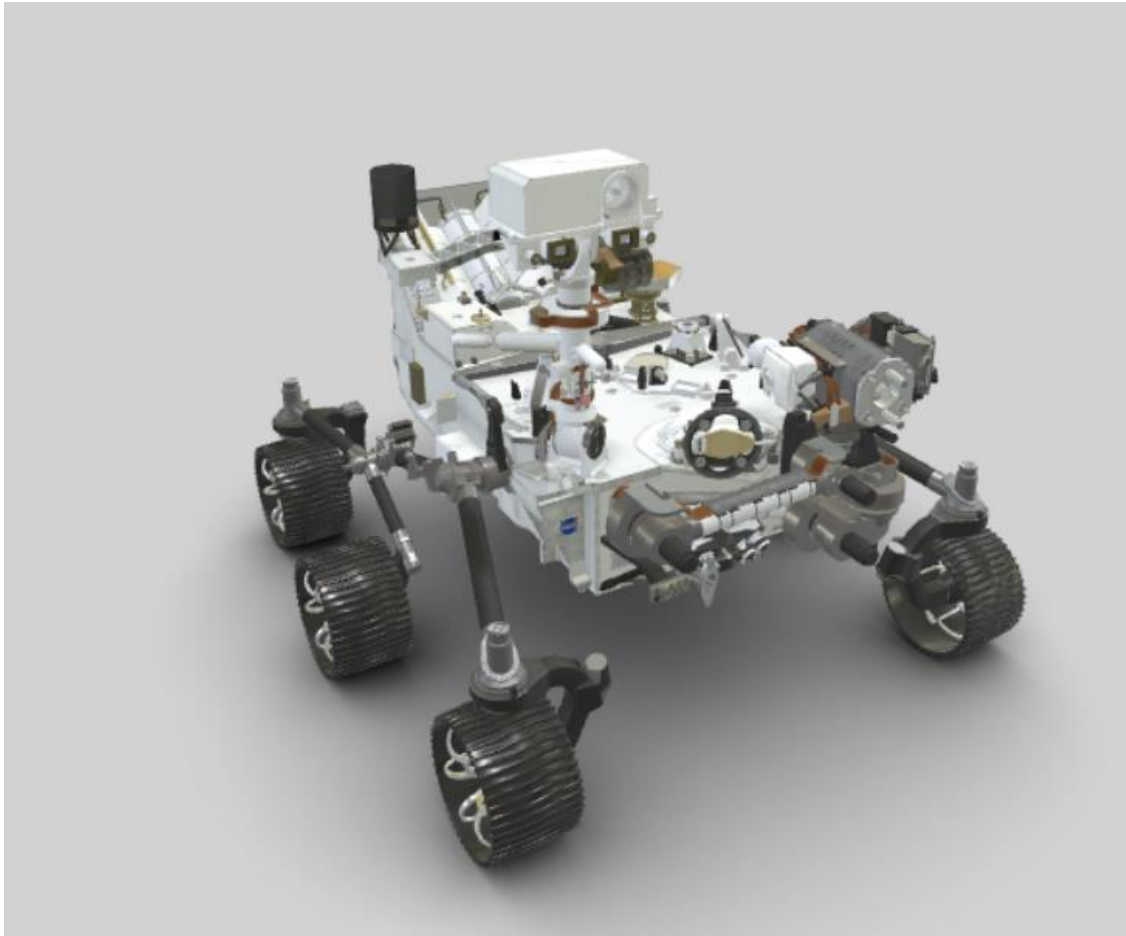


Рисунок 1.9 – «The Mars 2020 Rover, Perseverance» [18]

Колісні роботи мають широкий спектр застосувань, від промислових завдань до досліджень та дослідження космосу. Їх конструкція та системи переміщення дозволяють їм ефективно працювати на різних поверхнях, забезпечуючи швидкість, маневреність та надійність.

Гусеничні роботи є типом мобільних роботів, які використовують гусениці для переміщення. Вони мають спеціальну конструкцію та пристосування, що дозволяють їм працювати на нерівному терені та важкодоступних умовах. Детальніше про гусеничних роботів:

- конструкція: гусеничні роботи складаються з основного корпусу, де розташовані системи керування та електроніка, а також з гусеничною системою. Гусенична система складається з послідовного ряду гусеничних ланок або ременів, які забезпечують рух робота. Гусениці можуть бути виготовлені з гуми, металу або інших матеріалів, які забезпечують хороше зчеплення з підлогою;

- система переміщення: гусеничні роботи використовують спеціальні приводи для руху гусениць. Це можуть бути електричні або гідравлічні механізми, що забезпечують рух гусениць вперед або назад. Кожна гусениця приводиться в рух окремо, що дозволяє роботу рухатись по нерівному та важкодоступному терену з високою стабільністю та контролем;

- система керування: гусеничні роботи мають розумну систему керування, яка дозволяє їм автономно орієнтуватись у просторі та виконувати завдання. Вона може включати датчики, такі як камери, лазерні далекоміри, акселерометри та гіроскопи, для отримання інформації про навколишнє середовище та визначення оптимального шляху руху;

- плюси та мінуси: гусеничні роботи мають декілька переваг. Вони можуть працювати на нерівному терені, включаючи ґрунт, пісок, сніг та інші важкодоступні поверхні. Вони мають високу прохідність та стабільність, що дозволяє їм подолати перешкоди. Однак, гусеничні роботи можуть бути повільнішими у порівнянні з колісними роботами на рівній поверхні, а також вимагати більшої енергії для приводу гусениць;

- приклад: один з найвідоміших прикладів гусеничного робота – Crawler robot. Це маленький робот, який використовує гусениці для руху по різних поверхнях. Crawler Robot оснащений системою керування, яка дозволяє йому маневрувати, оминати перешкоди та виконувати завдання в незручних умовах.

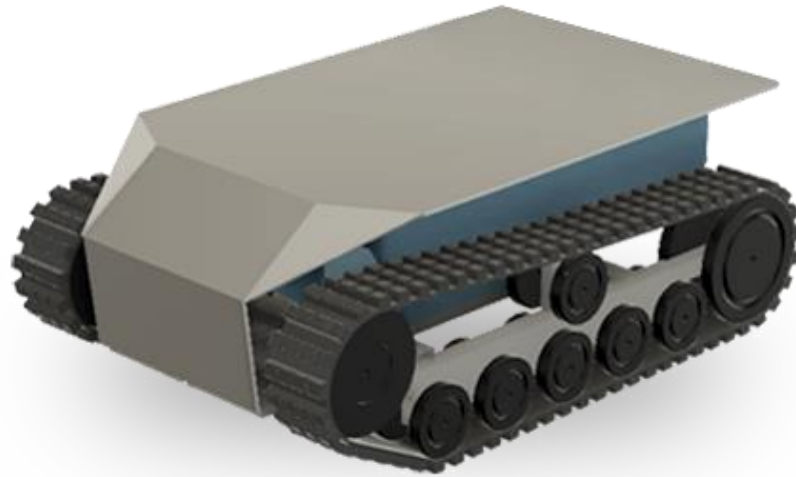


Рисунок 1.10 – «Crawler robot platform» [19]

Гусеничні роботи широко використовуються військовій техніці, робототехніці, дослідженнях підводних та лісових середовищах, а також у важкій промисловості. Їх конструкція дозволяє їм працювати в умовах, які недоступні для інших типів роботів, забезпечуючи стабільність, маневреність та пропускну здатність.

Роботи з ногами, відомі також як крокуючі, є типом мобільних роботів, які використовують ноги для переміщення. Вони моделюють структуру та рухи біологічних істот, таких як люди, тварини чи комахи, що дозволяє їм подолати різноманітний терен та перешкоди. Ось детальніше про роботів з ногами:

- Конструкція: Роботи з ногами мають набір ніжних або жорстких ніг, що кріпляться до основного корпусу робота. Кожна нога складається з кількох сегментів, які можуть бути пружними або механічними. Ці сегменти забезпечують гнучкість та рухомість ніг, дозволяючи роботу виконувати різноманітні рухи, такі як ходьба, біг, стрибки тощо;

- Система переміщення: Роботи з ногами використовують спеціальні приводи та механізми для керування рухами ніг. Це можуть бути електричні або гідравлічні приводи, які використовуються для виконання рухів кожної

ноги окремо. Деякі роботи з ногами також використовують датчики інерції та навігаційні системи для керування балансом та стабільністю під час руху;

- Особливості: Роботи з ногами мають декілька особливостей, які надають їм перевагу у певних ситуаціях. Вони можуть пересуватись по нерівному терену, лазити по сходах, стрибати через перешкоди та рухатись в умовах, які важко доступні для інших типів роботів. Роботи з ногами також можуть мати велику стійкість та точність руху, що робить їх ідеальними для завдань у важкодоступних умовах;

- Приклади: Один з найвідоміших прикладів робота з ногами - Boston Dynamics' Spot. Spot є роботом з чотирма незалежними ногами, який виконує різні рухи, включаючи ходьбу, біг, стрибки та рух по сходах. Він використовується у різних галузях, включаючи дослідження, індустрію та військову сферу.

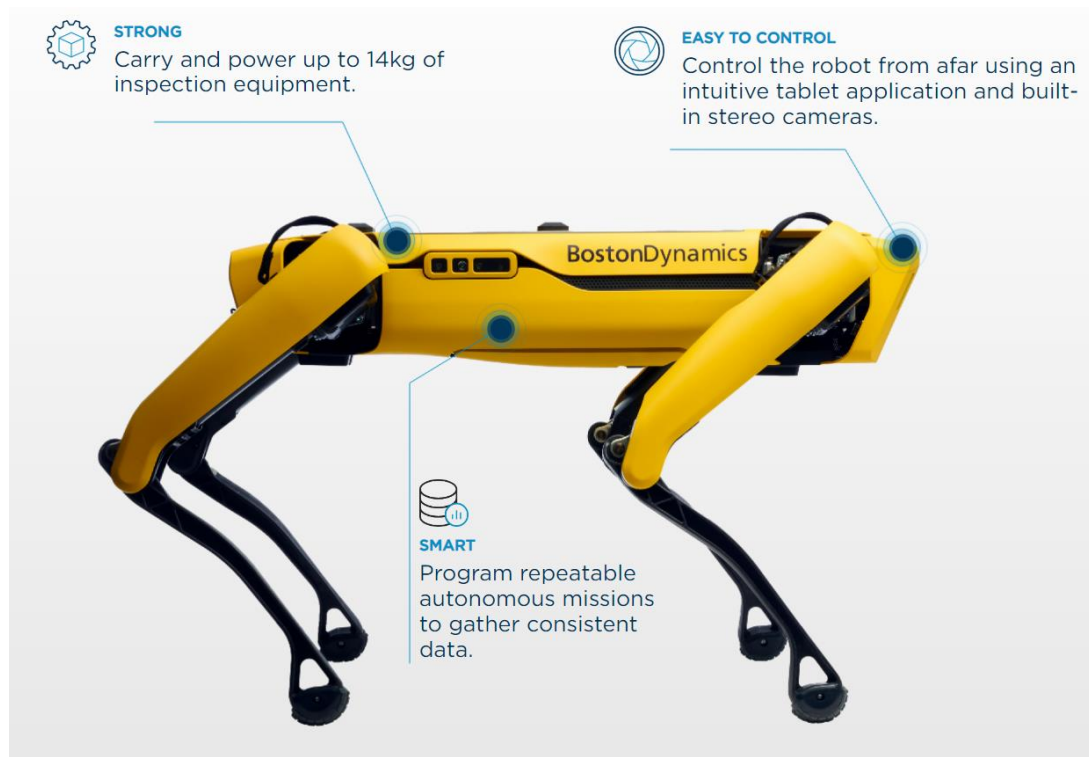


Рисунок 1.11 – «Spot» від компанії Boston Dynamics [20]

Роботи з ногами знаходять широке застосування в різних галузях, включаючи пошук і рятування, дослідження, промислові операції та багато інших. Їхні особливості у рухах та маневреності дозволяють їм працювати в умовах, де інші типи роботів можуть бути неефективними або непридатними.

1.3.2 Літаючі

Літаючі роботи, також відомі як дрони або безпілотні літальні апарати (БПЛА), є типом роботів, які здатні рухатися повітряним простором без прямого участі людини. Вони можуть мати різні типи конструкцій та функціоналу. Детальніше про літаючих роботів:

а) поділ за типом:

1) мультироторні дрони: Це дрони з багатьма роторами, які забезпечують підйом і стабільність у повітрі. Вони можуть мати 4, 6 або більше роторів. Мультироторні дрони є дуже маневреними і здатними зупинятися на місці. Вони широко використовуються для аерофотозйомки, відеозйомки, доставки посилок та іншого;

2) планери: Це роботи, які можуть рухатися повітряним простором, використовуючи підйомну силу без потужних двигунів. Вони мають плоскі крила або інші конструкції, що дозволяють їм плавно рухатися та здійснювати довгі польоти. Планери використовуються для моніторингу навколишнього середовища, дослідження атмосфери, мапування територій тощо;

3) літаючі крилаті апарати (ЛКА): Це роботи, які мають крильця, подібні до крил літака. Вони здатні генерувати підйомну силу завдяки формі та руху крил. ЛКА використовуються для виконання довгих місій, збирання інформації, військового спостереження, моніторингу розташування та ін.

б) Особливості конструкції: Літаючі роботи мають деякі спільні особливості конструкції незалежно від типу:

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

1) корпус або рама: роботи мають корпус або раму, яка вміщує електроніку, сенсори, акумулятори та інші компоненти;

2) пропульсивна система: вони оснащені двигунами, які забезпечують рух і керованість;

3) система керування: літаючі роботи мають вбудовану систему керування, яка дозволяє їм виконувати програмовані маршрути, виконувати автономні маневри та отримувати вхідні дані від датчиків;

4) сенсори: вони можуть мати різноманітні сенсори, такі як GPS, камери, ехолот, лазерні далекомір, гіроскопи та інші, для отримання інформації про навколишнє середовище.

в) приклади:

1) DJI Mavic 3 Pro: це популярний мультироторний дрон, який використовується для аерофотозйомки, відеозйомки та розваг. Він оснащений високоякісною камерою, системою GPS і автопілотом;



Рисунок 1.12 «DJI Mavic 3 Pro» [21]

2) Parrot Disco FPV: це планер, який може здійснювати польоти на великій відстані і тривалість. Він оснащений камерою для відеозйомки та GPS-системою для навігації;



Рисунок 1.13 – «Parrot Disco FPV» [22]

3) RQ-4 Global Hawk: це приклад літаючого крилатого апарата, використовуваного для військового спостереження та розвідки. Він має великий діапазон далекоміру та високу вантажопідйомність;



Рисунок 1.14 – «RQ-4 Global Hawk» [23]

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Літаючі роботи мають широкі сфери застосування, включаючи аерофотозйомку, моніторинг довкілля, дослідження, рятувальні операції, військову діяльність та комерційні послуги. Вони можуть здійснювати маневри в складних умовах та досягати до недоступних місць, що робить їх незамінними інструментами в сучасному світі.

1.3.3 Плаваючі

Плаваючі роботи - це роботи, які здатні рухатися та працювати у водному середовищі. Вони можуть мати різні типи конструкцій та функціоналу, щоб виконувати різноманітні завдання. Ось детальніше про плаваючих роботів:

а) поділ за типом:

1) автономні плаваючі роботи: це роботи, які можуть самостійно переміщатися та виконувати завдання у воді. Вони оснащені електронікою, сенсорами, приводами та іншими компонентами, які дозволяють їм незалежно опрацьовувати інформацію, приймати рішення та виконувати завдання;

2) загороджувальні плаваючі роботи: це роботи, які використовуються для встановлення та підтримки загороджень у воді. Вони можуть бути оснащені приводами, які дозволяють їм переміщувати бар'єри та контролювати доступ до певних областей;

3) плаваючі роботи-дослідники: це роботи, які використовуються для дослідження водних середовищ, включаючи океани, озера та річки. Вони можуть бути обладнані сенсорами для збору даних про водні ресурси, кліматичні умови, водні організми тощо.

б) Особливості конструкції: Плаваючі роботи мають спеціальні конструкції, які дозволяють їм ефективно працювати у воді:

1) плавучість: вони мають спеціальні плавучі елементи або корпус, які забезпечують їх плавучість і стабільність у воді;

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

2) водозахист: конструкція робота має бути відповідно захищеною від води, щоб забезпечити надійну роботу та уникнути пошкоджень.

в) Приклади:

1) Wave Glider: Це автономний плаваючий робот, який використовує хвильову енергію для приводу. Він може здійснювати тривалі дослідження в океані, збирати дані про погоду, океанографію та інші параметри.

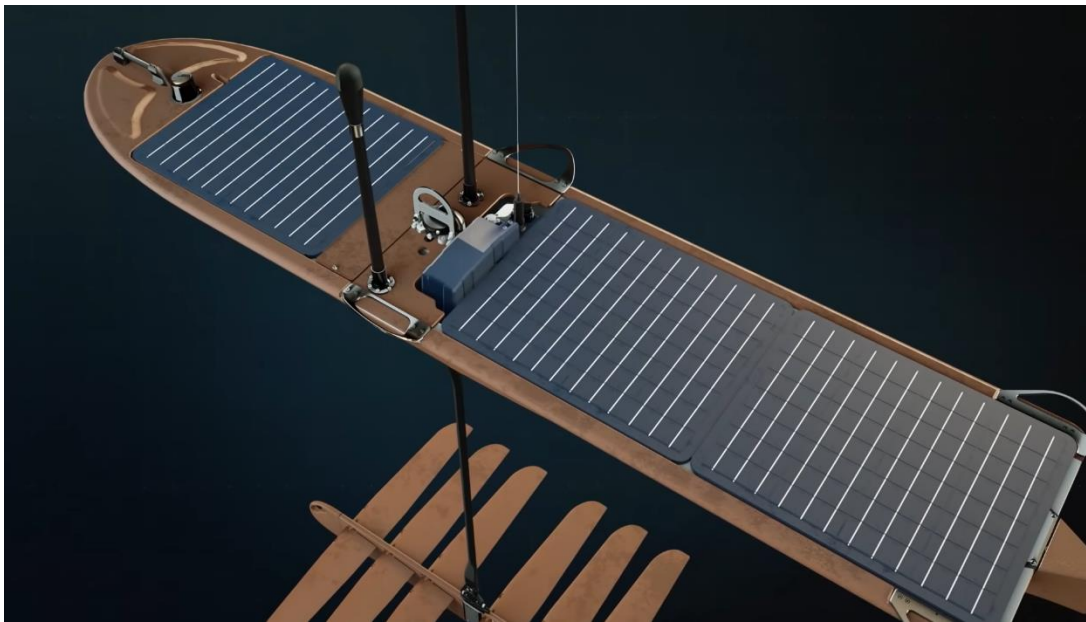


Рисунок 1.15 – «Wave Glider» [24]

1) штучні риби: це роботи, які імітують рухи та поведінку риб у воді. Вони використовуються для досліджень морських середовищ, моніторингу морських тварин та використання у водному туризмі;

2) морські дрони: це плаваючі роботи з високою маневреністю, які використовуються для різноманітних завдань, включаючи моніторинг морського дна, пошук і рятування, вивчення водних ресурсів тощо.

Плаваючі роботи мають велике значення у галузях морської науки, рибальства, морської охорони довкілля, досліджень морських екосистем та інших сферах, де вони можуть здійснювати моніторинг, збір даних та виконувати різноманітні завдання у водних середовищах.

1.4 Класифікація крокуючих роботів

Перед початком розгляду класифікації крокуючих роботів, варто визначити, що їх спосіб переміщення базується на їх кінцівках, що називаються педіпуляторами.

Педіпулятор (від латів. *pes, pedis* - нога) - функціональна підсистема рухової системи рухомого робота, яка відповідає за його переміщення в просторі шляхом відтворення функцій опорно-рухового апарату біологічних об'єктів: людини, тварин, комахи тощо.

Крокуючих роботів (машини) можна класифікувати за ознаками, наведеними нижче.

За можливостями прохідності:

- машини ґрунтової прохідності - такі машини пристосовані до місцевості, що майже не має перешкод, або вони не значні. Підходять до використання, якщо потрібно подолати перешкоди по типу пагорбів, невеликих ям або виступів;

- машини профільної прохідності - ці машини розробляються спеціально під особливі потреби: узгоджують габарити машини з розмірами перешкоди, які потрібно подолати. Вони пристосовані до роботи у складних умовах або нестачі простору. Мають складну будову як самого робота так і його рушіїв.

За режимами руху:

- статично стійкі - це машини, які підтримують стійке положення в кожен момент часу, завдяки тому, що кінцівки (ноги) жорстко зафіксовані для підтримування корпусу в початковому положенні. При цьому, обов'язковою умовою є те, що з поверхньою повинно контактувати не менше трьох ніг;

- динамічно стійкі - основи концепції, відомої під назвою «Точка нульового моменту руху» (ZMP). Zero Point момент (ZMP) є алгоритмом, який намагається регулювати суму всіх сил, які діють робота, нейтралізуючи залишкові моменти, що викликають обертання та падіння робота.

За кількістю педіпуляторів:

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

- машини з невеликим числом ніг - поділяються на (двоногі і триногі) ;
- багатонігі (з чотирма і більше ногами) - використовуються принципово інші підходи до проектування і управління, ніж для двоногих, а також різняться функціональні можливості цих машин.

По конструкції корпусу:

- моноблочні - використовують в більшості машин;
- складові - використовують корпус з декількох твердих тіл, з'єднаних керованими або некерованими зв'язками.

Висновки до розділу

В цьому розділі дипломного проекту було наведено визначення самого терміну «робот», розглянуто види роботів в залежності від їх сфери застосування, а також, класифікація роботів в залежності від їх способу переміщення.

Визначення робота відіграє ключову роль у подальшій роботі, оскільки тема дипломного проекту напряму пов'язана з роботами в цілому і з антропоморфними крокуючими роботами в особливості. Завдяки цьому визначенню, нам буде легше орієнтуватись у розділах 1.2 та 1.3, де відбувається класифікація роботів за їх особливостями.

Огляд видів роботів дозволив побачити наскільки розповсюдженими у нашому світі вони стали. Їх застосування поширилось майже на всі сфери людської діяльності, в яких роботи або допомагають людям з їх обов'язками, або ж є повною їх заміною.

Підрозділ з класифікацією роботів за їх типом переміщення став ще одним кроком на шляху до головної теми цього дипломного проекту. Завдяки цій класифікації можна побачити та порівняти можливі варіанти переміщення роботів. Це надало змогу порівняти педипулятори крокуючих роботів, які вони використовують для здійснення власного руху та апаратні частини інших типів роботів.

Окрім загального опису, що надавався для кожного типу робіт, у розділі також, наведені приклади для кожного з них. З наявними прикладами, як текстовими так і графічними, можна легко спостерігати за відмінностями кожного роботу в залежності від його сфери застосування або типу переміщення.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

2 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З АНТРОПОМОРФНИМ КРОКУЮЧИМ РОБОТОМ

2.1 Загальний опис конструкції антропоморфного крокуючого робота

Пристрій описано на малюнках нижче. На рисунку 2.1 показано загальний вигляд робота в розрізі 1/4, на рисунку 2.2 - 3D-модель ноги робота в розрізі 1/4, на рисунку 2.3 - зігнута нога, на рисунку 2.4 - фаза руху ноги робота, а на рисунку 2.5 - розміри робота.

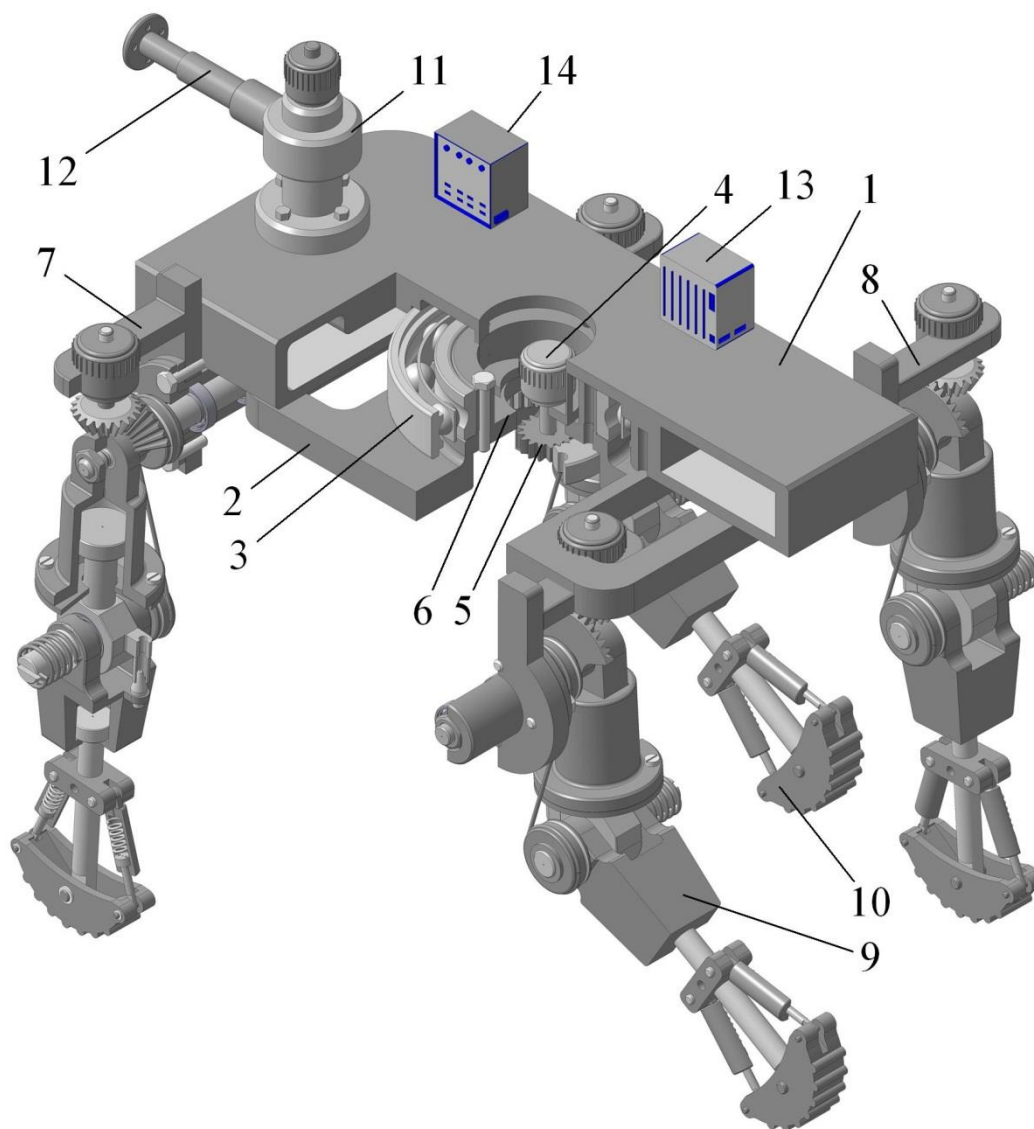


Рисунок 2.1 - Крокуючий робот [25]

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Робот має дві паралельні платформи, верхню 1 (рис. 2.1) і нижню 2, які з'єднані між собою підшипниками кочення 3. На верхній платформі 1 встановлено двигун 4 з шестернею 5 на валу, а на нижній платформі 2 - шестерня з внутрішньою муфтою 6. Коли двигун 4 увімкнений і обертається в зворотному напрямку, одна платформа обертається відносно іншої, тобто робот обертається, змінюючи напрямок руху.

Робот має чотири ноги, дві з яких, 7 і 8, закріплені по діагоналі до верхньої платформи 1, а дві інші, 9 і 10, закріплені до нижньої платформи 2, також по діагоналі. При цьому опори встановлені таким чином, що їх осі обертання знаходяться в одній площині, тобто радіуси опор однакові.

Ноги працюють попарно і по діагоналі, тобто як у коня, що біжить рясю, тобто коли робот стоїть на лівій передній нозі 7 і правій задній нозі 8, ліва задня нога 9 і права задня передня нога 10 згинаються в колінах, щоб рухатися, як показано нижче.

На верхній платформі 1 також передбачені модуль обертання 11 і телескопічна рука 12, які разом утворюють маніпулятор для виконання технічних функцій. Робот включає в себе блок живлення 13 і модуль управління 14.

2.2 Опис конструкції педіпулятора робота

Тепер розглянемо конструкцію ніг робота, зображеного на рисунку 2.2. Всі чотири ноги робота мають однакову будову. Кожна нога складається зі стегна 15 (Рисунок 2.2), гомілки 16 і стопи 17, які кінематично з'єднані між собою. Стегно 15 має циліндр 18, нерухомо з'єднаний з валом 19, встановленим на підшипниках 20 в корпусі 21, а вал 19 має зубчастий сектор 22, нерухомо з'єднаний з циліндром 18 і приводиться в рух за допомогою шестерні 23 і двигуна 24.

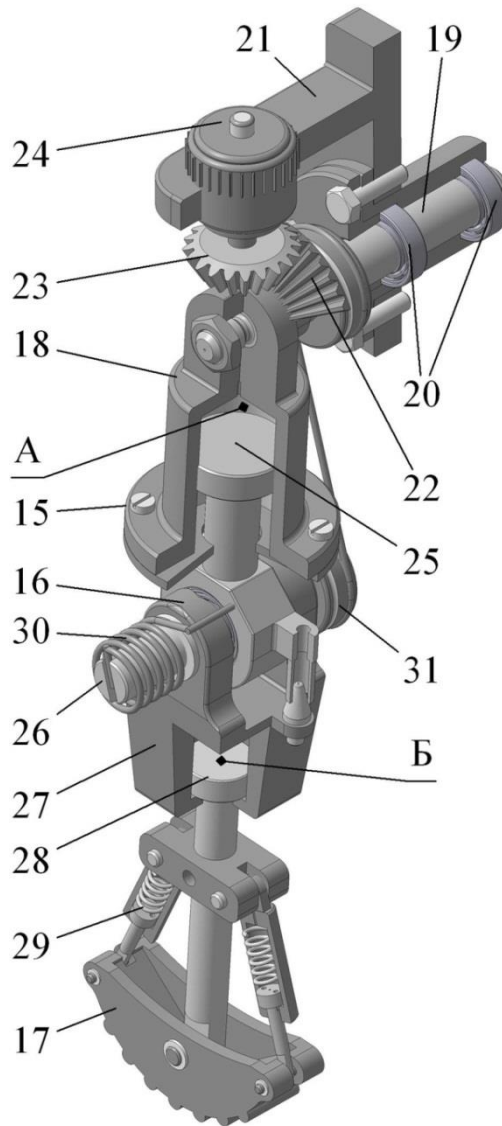


Рисунок 2.2 - Нога робота [25]

Сам циліндр 18 разом з поршнем 25 утворює замкнену порожнину "А", заповнену стисненим повітрям при заданому початковому тиску p_1 . Шток поршня 25 вільно встановлений на валу 26, до якого нерухомо прикріплений циліндр 27 гомілки 16. Цей циліндр 27 разом з поршнем 28 утворює замкнуту порожнину "Б", заповнену стисненим повітрям при заданому початковому тиску p_2 (як і в стегновій кістці 15). Таким чином, дві герметичні порожнини "А" в стегні 15 і порожнина "Б" в гомілці 16 заповнені газом (стисненим повітрям) при заданому початковому тиску p_1 і p_2 , відповідно.

Нога 17, оснащена двома гідравлічними амортизаторами 29, шарнірно з'єднана з поршневим штоком 28 для гасіння ударних навантажень під час ходьби робота.

Також до валу 26 прикріплена торсіонна пружина 30, один кінець якої закріплений на самому валу 26, а інший - на поршковому штоку 25. Вал 26 також оснащений шківом 31, який з'єднаний з шківом 33, встановленим на валу 19, за допомогою тросової передачі 32 (рисунок 2 і 3) наступним чином. Канатна передача 32 згинає вал 16 навколо осі валу 26, коли вал 19 обертається двигуном 24. При цьому спрацьовує одностороння (односторонньої дії) муфта 34, згинається пружина 30 (рисунок 2.3) і замок 35 звільняється від втулки 36. Наявність односторонньої муфти 34 односторонньої дії необхідна тільки для передачі крутного моменту при згинанні гомілки 16, а при реверсуванні приводу і зачепленні фіксатором 35 втулки 36 ця муфта 34 прослизає і не передає крутний момент.

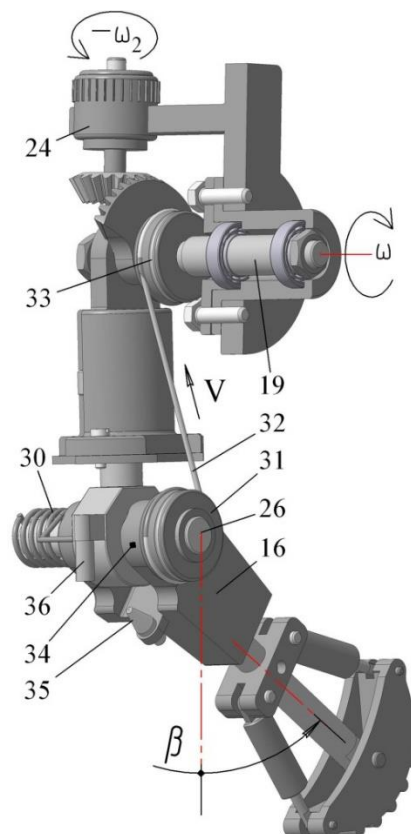


Рисунок 2.3 - Нога робота зігнута (тобто гомілка повернулася на кут β) [25]

2.3 Принцип функціонування педипуляторів робота

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Робот ходить наступним чином (Рисунок 2.4). Ноги рухаються попарно по діагоналі вздовж тіла робота. Для прикладу розглянемо рух лівої ноги. На етапі I (рисунок 2.4), коли запускається двигун 24 (рисунок 2.2), нога повертається через шестерню 23 і зубчастий сегмент 22 на кут α_1 , з кутовою швидкістю $+\omega_1$ відносно точки C_1 , яка лежить вздовж кривої стопи 17. Звичайно, положення точки первинного контакту C_1 змінюється.

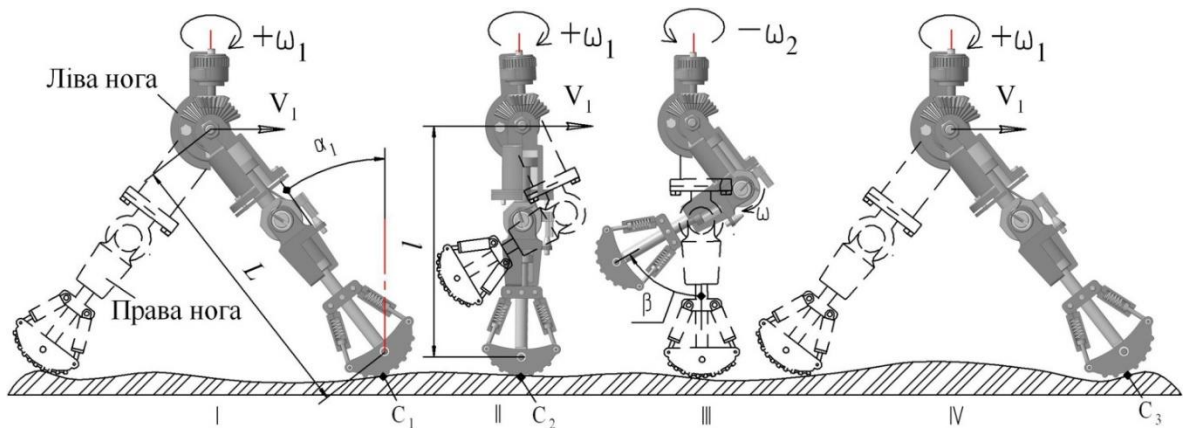


Рисунок 2.4 - Етапи руху ноги робота [25]

Вага платформ 1 і 2 та вага корисного вантажу стискають газ (стиснене повітря) у відповідних порожнинах «А» і «Б», так що робот рухається з лінійною швидкістю V (рисунок 2.2). В результаті руху газових камер 18 і 27 вниз і стиснення повітря довжина ноги зменшується від L до l (рисунок 2.4). Ноги розташовуються відповідно до етапу II.

При подальшому русі на етапі III здійснюється реверс двигуна 24 зі швидкістю $-\omega_2$ і через тросову передачу 32 (рисунок 2.3) і шківів 33 і 31 згинається гомілка ноги на кут β (рисунок 2.4) зі кутовою швидкістю ω . При цьому спрацьовує обгінна муфта 34, яка передає крутний момент тільки при згинанні гомілки а також скручується пружина 30.

При подальшому русі на етапі IV знову включається реверс двигуна 24 зі кутовою швидкістю $+\omega_1$, пружина 30 повертає гомілку у вихідне положення (тобто пряме), а розширення газу (стислого повітря) у порожнинах «А» і «Б»,

відповідно стегна і гомілки, призводить до випрямлення всієї ноги робота і її довжина знову дорівнює початковому значенню L . Далі цикл повторюється.

Стиснення газу в камері (порожнині) "А", "Б" і згинання гомілки під дією тросового передавального пристрою 32 скорочує довжину ноги під час ходьби на $L - l = \delta$, завдяки чому платформа робота рухається по прямій лінії, тобто робот не перекидається. Щоб запобігти провисанню тросової системи передачі 32, міжосьова відстань між роликami 31 і 33 повинна бути постійною, тобто ролик стегна 18 і ролик гомілки 27 повинні мати однаковий рух. Це забезпечується відповідним співвідношенням тисків p_1 і p_2 в даній порожнині балону, тобто для рівності переміщення газових балонів 18 і 27 під дією частини сили ваги $G/2$ (на двох ногах) платформ з різними діаметрами газових камер виконується умова рівності сил, що виходять від стисненого газу: F_1 на стегно і F_2 на гомілку, повинна виконуватися:

$$F_1 = \pi D^2 p_1 / 4 = F_2 = \pi d^2 p_2 / 4 \quad (2.1)$$

або (без обліку сил тертя):

$$D^2 p_1 = d^2 p_2 \quad (2.2)$$

Це означає, що спочатку газ у камери стегна й гомілки накачується (через зворотні клапани) під різним тиском, відповідно $p_1 < p_2$ у разі $D > d$, що й має місце, бо стегно істотно більше за гомілку.

Для інженерного розрахунку газових циліндрів, як стегна, так і гомілки ноги, слід враховувати наступні залежності. В даному випадку в якості пружного елемента використовується повітря, яке знаходиться у герметичній циліндричній камері довжиною L_0 і діаметром D поперечного перетину.

На першій фазі кроку стискається повітря і, таким чином, нагромаджується певний запас потенціальної енергії, а на другій фазі (у нас на етапах III та IV, див . фіг 4) кроку повітря розширюється і віддає набуту

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

енергію, перетворюючи її в кінетичну енергію руху випрямлення ноги. Припускаємо, що процес відбувається при постійній температурі, а тому згідно закону Бойля – Маріотта має місце рівність:

$$p_0 Q_0 = p Q, \quad (2.3)$$

де $p_0 = p_{min}$ – тиск у газовому циліндрі при максимальному його об'ємі

$$Q_0 = \frac{\pi D^2}{4} L_0; \quad (2.4)$$

де L_0 - довжина камери p – тиск у камері при довільному положенні газового циліндра; Q – довільний об'єм газового циліндра:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} (L_0 - x), \quad (2.5)$$

де x – поточне переміщення циліндра відносно поршня. Враховуючи вище наведене рівняння Бойля – Маріотта і введені позначення, одержуємо формулу для знаходження тиску при довільному положенні газового циліндра, як накопичувача енергії:

$$p = p_0 \frac{L_0}{L_0 - x}. \quad (2.6)$$

Якщо мінімальним тиском p_0 і максимальним тиском p_{max} (при $x = x_{max}$) задатися наперед, то з останнього виразу знаходимо необхідну довжину камери:

$$L_0 = \frac{P_{max} x_{max}}{P_{max} - P_0}, \quad (2.7)$$

де x_{\max} – максимальне переміщення. Отже, пружну силу J , яка діє в газовій камері, наприклад, стегна, обчислюємо за формулою:

$$J = \frac{\pi D^2}{4} \left(p_o \frac{L_o}{L_o - x} - p_a \right), \quad (2.8)$$

де p_a – атмосферний тиск при нормальних умовах. Наведені залежності справедливі і для газового циліндра d гомілки ноги крокуючого робота.

Також, ще одним параметром, що буде обраховуватись є величина кроку переміщення S робота. Визначається за формулою:

$$S = 2L \sin(\alpha) \quad (2.9)$$

де S – величина кроку одного переміщення; L – довжина випрямленої ноги; α – кут кроку ніг робота.

Висновки до розділу

В цьому розділі ми ознайомились з поняттям антропоморфного крокуючого робота, його конструкції в цілому, а також, конструкції його окремих частин, а саме: педипуляторів.

Інформація наведена в цьому розділі є невід'ємною частиною дипломного проекту, оскільки саме тут йде опис пристрою, параметри якого обраховує програма, розроблена в рамках цієї роботи. Опис деталей, з яких складається крокуючий робот, дає змогу представити загальний вигляд роботу та його функціональних частин.

Завдяки опису у підрозділі 2.3 можна зрозуміти принцип переміщення крокуючого роботу наведеної конфігурації. В цьому підрозділі детально описані процеси взаємодії деталей педипулятору робота, під час його руху. А

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

на основі наведених в кінці розділу формул відбувається обрахунок параметрів всередині розробленої програми.

В результаті, була розглянута загальна конструкція антропоморфного крокуючого робота, будова та функціонування його педипуляторів. А також, виведенні формули для визначення параметрів робота, як загальних, так і під час його переміщення.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

3 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ ТА СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ

3.1 Обґрунтування обраної мови програмування

Маючи формули з якими треба працювати і уявлення про фінальний вигляд інтерфейсу програми, можна формувати технологічний стек. Загалом, стек не буде великим і буде складатись лише з мови програмування, необхідних бібліотек та середовища розробки. На початку розгляді ймовірних мов програмування, я вирішив залишити мови, з якими є безпосередньо знайомий та які підходять до завдання проєкту, а саме автоматичного обрахунку параметрів та створення діалогових вікон. Тож, відразу залишились 2 можливі мови C++ та Python. Виходячи з власного досвіду та проведеного огляду можливостей цих мов, я зупинився на Python [26]. Мій вибір ґрунтувався на тому, що:

- Python має трохи легший у використанні синтаксис;
- Значно гнучкіший вибір бібліотек, що дозволить з легкістю підібрати потрібну у випадку виникнення проблем під час розробки;
- C++ являється підходящим інструментом для розробки просунутих додатків та вирішення складних задач апаратного виду. Тож, використовувати її для побудови програми з декількома вікнами, математичними обрахунками та невеликою к-тю графіків було б недоречно;
- Також, у мові Python реалізація графічного інтерфейсу або діалогових вікон є значно легшою у порівнянні з C++.

3.1.1 Обрана бібліотека для створення інтерфейсу

Оскільки для створення інтерфейсу потрібно розмішувати поля вводу для користувача і графіки залежностей параметрів - знадобиться відповідна бібліотека.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

а) Tkinter - є простою та потужною бібліотекою для створення GUI-додатків в мові Python. Вона базується на бібліотеці Tk, яка надає набір інструментів для створення різних елементів управління та вікон [27].

1) Переваги:

–простота використання: має простий та зрозумілий синтаксис, що дозволяє швидко розробляти GUI-додатки без труднощів.

–крос-платформенність: працює на різних операційних системах, включаючи Windows, macOS та Linux.

–велика спільнота та документація: має велику спільноту користувачів, що забезпечує доступ до багатої документації, прикладів коду та підтримки. Цей факт значно спрощує вивчення та вирішення проблем під час розробки.

2) Недоліки:

–візуальний дизайн: може бути обмеженим у створенні складних та витончених дизайнів. Він має обмежені можливості для налаштування зовнішнього вигляду елементів управління.

–відсутність актуальних оновлень: не отримує активних оновлень або розширень порівняно з іншими бібліотеками. Це може обмежити доступ до нових функцій або виправлень помилок.

б) Flexx - надає можливості для створення веб-інтерфейсів та додатків. Він використовує технологію створення веб-інтерфейсів на основі клієнтської сторони, де Python-код виконується у веб-браузері. Flexx дозволяє легко розробляти інтерактивні веб-додатки без необхідності вивчати інші мови програмування, такі як JavaScript або HTML/CSS.

1) Переваги:

–широкі можливості: надає розширений набір функцій для створення веб-інтерфейсів, включаючи віджети, графіки, анімацію та інші елементи. За допомогою нього можна створювати інтерактивні

та привабливі додатки, використовуючи гнучкість та багатофункціональність Flexx.

–розширюваність: дозволяє розширювати можливості за допомогою додаткових модулів та інтеграції з іншими інструментами. Можна застосовувати сторонні бібліотеки Python, щоб розширити функціональність веб-додатку та використовувати його з іншими інструментами або сервісами.

2) Недоліки:

–обмежена підтримка браузерів: підтримується обмеженим переліком веб-браузерів, що може впливати на доступність веб-додатку для користувачів. Деякі старі версії браузерів можуть не підтримувати повністю функціональність Flexx.

–вчасна документація: є відносно новою бібліотекою, і деякі аспекти можуть бути недостатньо задокументовані або потребують додаткового дослідження. Це може створити труднощі при виникненні питань щодо його вивчення.

–обмежена спільнота: Flexx має меншу спільноту порівняно з іншими популярними бібліотеками для розробки веб-інтерфейсів. Це може обмежити доступність допомоги та ресурсів для вирішення проблем або отримання підтримки в разі потреби.

в) Kivy - це відкрита та крос-платформена бібліотека Python для швидкої розробки мультимедійних додатків із графічним інтерфейсом користувача (GUI). Kivy дозволяє розробникам створювати крос-платформенні додатки з графічним інтерфейсом. Вона має свій власну мову розмітки – «Kv» для опису інтерфейсу користувача та підтримує розширення Python із широким спектром функціональності.

1) Переваги:

–крос-платформенність: однією з найбільших переваг Kivy є його здатність працювати на різних платформах, включаючи Windows, macOS, Linux, Android та iOS. Це дозволяє розробляти

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

додатки один раз і запускати їх на різних пристроях без необхідності переписування коду.

–мультимедійна підтримка: має вбудовану підтримку для мультимедійних елементів, таких як зображення, відео та звук. Вона надає розробникам зручні інструменти для відтворення, обробки та керування різними мультимедійними елементами у своїх додатках.

–широкий набір елементів інтерфейсу: має багато вбудованих елементів, таких як кнопки, тексти, списки, меню та багато іншого. Це спрощує створювання інтерактивних та привабливих інтерфейсів користувача.

2) Недоліки:

–вивчення кривої навчання: має власну мову розмітки (Kv), яка вимагає додаткового часу та зусиль для вивчення синтаксису та особливостей цієї мови.

–обмеження швидкості: в деяких випадках Kivy може бути менш ефективним у порівнянні з іншими бібліотеками для розробки GUI, особливо при обробці великої кількості даних або складних графічних операцій. Для деяких вимогливих додатків може знадобитися додаткова оптимізація для досягнення бажаної швидкості та продуктивності.

–спільнота та документація: Не дивлячись на постійний приріст спільноти, вона все ще менша порівняно з іншими популярними бібліотеками Python. Це призведе до труднощів у пошуку рішень проблем, що виникли під час використання Kivy.

г) PySide - є повнофункціональною бібліотекою, яка надає інтерфейс Python до Qt Framework - потужної бібліотеки для розробки GUI. Вона дозволяє створювати крос-платформенні додатки з графічним інтерфейсом за допомогою знайомої мови Python.

1) Переваги:

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

– крос-платформенність: підтримує різні операційні системи, включаючи Windows, macOS та Linux. Дозволяє створювати додатки, які працюють на різних платформах без необхідності переписування коду.

– розширені можливості: надає доступ до всіх функцій та можливостей Qt Framework, включаючи розширені елементи управління, графічні ефекти, анімацію, бази даних та багато іншого. За допомогою цих елементів можна створювати багатфункціональні та привабливі GUI-додатки.

– документація та спільнота: має добре документовану інтернет-документацію та активну спільноту розробників, що надає доступ до допомоги, прикладів коду та підтримки.

2) Недоліки:

– відсутність повної підтримки Qt: одним з недоліків PySide є відсутність повної підтримки всіх функцій та можливостей Qt Framework, особливо для новіших версій Qt. Це може обмежити доступність деяких функцій або вимагати використання альтернативних підходів.

– Використання мови C++: PySide використовує мову програмування C++ для взаємодії з Qt Framework. Це означає, що може знадобитися певний рівень знань C++ для розуміння та розширення функціональності.

д) PyGUI - є простим інструментом для створення графічного інтерфейсу користувача (GUI) в мові Python. PyGUI є легкою та простою в використанні бібліотекою для створення простих GUI-додатків. Вона дозволяє розробникам швидко створювати вікна, кнопки, поля введення та інші елементи управління за допомогою простого API.

1) Переваги:

– простота використання: має простий та легкий у використанні синтаксис, що дозволяє швидко розробляти прості

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

GUI-додатки без необхідності вивчення складних фреймворків або великих API.

– крос-платформеність: підтримує крос-платформену розробку на різних операційних системах, таких як Windows, macOS та Linux, без необхідності внесення змін у код.

– невеликі вимоги до ресурсів: використовує мінімальну кількість ресурсів комп'ютера, що робить його відмінним вибором для створення простих додатків, які мають низькі вимоги до продуктивності.

2) Недоліки:

– обмежені можливості: має обмежений функціонал порівняно з більш потужними інструментами для розробки GUI, такими як PyQt або Tkinter. Він може бути непридатним для складних додатків або тих, що вимагають багатофункціонального інтерфейсу.

Після проведення порівняння переваг та недоліків популярних бібліотек для розробки графічних інтерфейсів, отримане представлення конкуруючих варіантів. В результаті, було обрано бібліотеку Tkinter. Хоча перед початком розробки постав вибір безпосередньо між Tkinter та PyGUI, оскільки вони подібні за можливостями. В цілому PyGUI задовольняє потребам завдання проєкту, однак, як зазначено вище PyGUI має не настільки широкий функціонал як Tkinter. Тож, для розробки був обраний останній, щоб у процесі розробки не довелося змінювати бібліотеку.

3.1.2 Обрана бібліотека для побудови графіків

Мова програмування Python відома як універсальна мова, що може застосовуватись у різних напрямках:

- Data Science;
- штучний інтелект та машинне навчання;

- розроблення застосунків;
- розробка веб-додатків.

Відповідно ця мова має великий вибір різноманітних бібліотек та фреймворків, які б задовольняли потреби у цих напрямках. Одним із завдань мого дипломного проєкту є побудова графіків залежностей параметрів робота всередині програми. Тож для його виконання знадобиться відповідна бібліотека. Існує чимало бібліотек з потрібним функціоналом. Наведу перелік чотирьох популярних з них:

а) Matplotlib

1) Переваги:

– простота використання: має простий та зрозумілий синтаксис, що робить його досить легким у використанні. Вона надає широкий набір функцій та методів для створення різноманітних графіків і діаграм.

– гнучкість та налаштування: бібліотека дозволяє повністю налаштувати графіки, включаючи вигляд осей, кольори, типи ліній, шрифти тощо. Це дозволяє створювати високоякісні та індивідуальні графічні представлення даних.

– підтримка різних типів графіків: дозволяє створювати різноманітні типи графіків, включаючи лінійні графіки, стовпчикові графіки, кругові діаграми, гістограми, розсіювальні графіки та інші. Це дає можливість вибирати найбільш підходящий тип графіку для представлення конкретних даних.

– інтеграція з іншими бібліотеками: відмінно поєднується з іншими популярними бібліотеками для аналізу даних в Python, такими як NumPy та Pandas [28]. Це дозволяє легко використовувати їх разом для роботи з великими обсягами даних та швидкого створення графічних представлень.

2) Недоліки:

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

– складність налаштування деяких аспектів: хоча Matplotlib дозволяє налаштувати багато аспектів графіків, налаштування деяких деталей може бути складним та вимагати більше часу та зусиль.

– неінтерактивність: Matplotlib створює статичні графіки, які підходять для створення зображень для збереження або вставлення у документи, але не підтримує безпосередню інтерактивність, яка була б корисною для динамічного аналізу даних.

– відсутність сучасного дизайну за замовчуванням: графіки, створені за допомогою базових налаштувань Matplotlib, можуть виглядати прості та менш сучасні у порівнянні з графіками, створеними з використанням інших бібліотек для візуалізації даних.

– обмежена підтримка тривимірних графіків: хоча Matplotlib має підтримку тривимірних графіків, її можливості в цьому напрямку обмежені порівняно з деякими спеціалізованими бібліотеками для візуалізації тривимірних даних.

б) Seaborn

1) Переваги:

– простота використання: надає високорівневий та простий у використанні API, що дозволяє швидко створювати графіки зі стандартними налаштуваннями. Вона має чистий та зрозумілий синтаксис, який спрощує роботу зі створенням візуалізацій.

– естетичний дизайн: пропонує широкий вибір стилів та палітр кольорів, які допомагають створювати привабливі та професійні графіки. Вона надає більш сучасний та стильний вигляд графікам, що поліпшує їх сприйняття та естетику.

– інтеграція з Pandas: підтримує пряму інтеграцію з бібліотекою Pandas, що дозволяє зручно використовувати функції Seaborn для візуалізації даних, збережених у форматі DataFrame.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

– розширені можливості: Seaborn пропонує багато вбудованих функцій та типів графіків, таких як графіки розподілу, регресії, кореляції, категорій, графіки розсіювання, графіки теплової карти та інші. Вона також має підтримку тривимірних графіків та можливість створення високоякісних статичних та інтерактивних графіків.

2) Недоліки:

– обмежена гнучкість налаштування: у порівнянні з деякими іншими бібліотеками для візуалізації даних, наприклад Matplotlib, Seaborn може бути менш гнучкою у налаштуванні деяких аспектів графіків, таких як розміри осей, масштабування, розташування елементів тощо. Це може обмежувати можливості створення дуже специфічних або нетрадиційних графічних представлень.

– залежність від інших бібліотек: побудована на основі бібліотеки Matplotlib і використовує її функціонал для створення графіків. Це означає, що для повного використання Seaborn потрібно мати розуміння Matplotlib та можливо використовувати його безпосередньо для розширення можливостей Seaborn.

– відсутність деяких спеціалізованих графіків: хоча Seaborn пропонує широкий спектр типів графіків, вона може бути обмеженою у підтримці деяких спеціалізованих графічних варіантів, які доступні в інших бібліотеках.

в) Plotly

1) Переваги:

– інтерактивність: одна з найбільших переваг Plotly - це можливість створення інтерактивних графіків, які дозволяють користувачам взаємодіяти з даними. За допомогою різних інструментів, таких як приближення, панорамування, вибір точок та інші, користувачі можуть взаємодіяти з графіками, досліджувати деталі та отримувати більше інформації.

–візуальна привабливість: надає можливість створювати графіки з високою якістю та естетикою. Вона має багатий вибір стилів та налаштувань, що дозволяють створювати привабливі та професійні графічні візуалізації.

–можливості спільної роботи: дозволяє легко ділитися створеними графіками та візуалізаціями з іншими користувачами. За допомогою хмарних сервісів Plotly можна публікувати та ділитися графіками онлайн, що полегшує спільну роботу та обмін даними.

–підтримка різноманітних типів графіків: підтримує широкий спектр типів графіків, включаючи лінійні графіки, стовпчикові графіки, кругові діаграми, точкові графіки, поверхневі графіки, теплові карти та багато інших. Це дозволяє створювати різноманітні візуалізації, що задовольняють різні потреби.

2) Недоліки:

–вимоги до ресурсів: вимагає певних обчислювальних ресурсів, особливо при роботі з великими наборами даних або складними візуалізаціями. Це може вплинути на продуктивність і швидкість створення графіків, особливо на комп'ютерах з обмеженими ресурсами.

–вивчення кривої навчання: має велику кількість функцій та налаштувань, що може вимагати певного часу для оволодіння ними.

–обмежена підтримка деяких типів графіків: не дивлячись на високу варіативність підтримуваних типів графіків, у Plotly можуть виникнути проблеми з підтримкою нестандартних графічних рішень. Деякі більш складні або нетрадиційні типи графіків можуть бути складнішими для створення в Plotly.

г) Vokeh

1) Переваги:

–інтерактивність: як і Plotly, Vokeh надає потужні засоби для створення візуалізацій, з якими користувачі можуть взаємодіяти.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

Надає все ті ж можливості взаємодії з графіками, такими як: приближення, панорамування, вибір елементів графіку та багато іншого. Це дозволяє користувачам взаємодіяти з даними та отримувати більше контексту та інформації.

– широкий спектр візуалізацій: підтримує різні типи графіків, включаючи лінійні графіки, стовпчикові графіки, кругові діаграми, розподілу графіки, картографічні графіки та багато інших.

– висока якість візуалізацій: надає засоби для налаштування вигляду графіків, включаючи кольори, шрифти, розміри та інші аспекти. Це дозволяє створювати професійні та привабливі візуалізації з високою якістю.

– підтримка веб-застосунків: за допомогою Vokeh можна розробляти веб-застосунки із вбудованими візуалізаціями. Це дозволяє легко інтегрувати візуалізації в існуючі веб-проекти та створювати інтерактивні дашборди для відображення даних.

2) Недоліки:

– вивчення кривої навчання: має певну криву навчання, особливо для користувачів без попереднього досвіду візуалізації даних. Вивчення основних концепцій та синтаксису Vokeh може зайняти певний час.

– обмежена підтримка складних візуалізацій: у порівнянні з деякими іншими бібліотеками, Vokeh погано справляється з побудовою нестандартних графіків.

– залежність від браузера: деякі функціональні можливості Vokeh, зокрема інтерактивність, можуть залежати від підтримки браузером. Це може призводити до непередбачуваної роботи в різних браузерах або на різних платформах.

В результаті наведеного вище порівняння переваг та недоліків різних бібліотек для роботи з графіками, було розглянуто 4 з найпопулярніших з них. Враховуючи потреби завдання проекту, необхідний інструмент з можливістю

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

побудови звичайного лінійного графіку залежності. При цьому можливість підтримки веб-застосунків і інтерактивність не є обов'язковими пунктами. Також, недолік із складністю вивчення не є суттєвим, адже він перекривається досвідом роботи з візуалізацією даних.

В якості застосованої бібліотеки була обрана Matplotlib, оскільки вона чудово підходить для побудови простих графіків, надає широкі можливості налаштування графіків. І навіть є невеликий інструментарій для інтерактивної взаємодії з графіками. На рисунку 3.1 можна побачити вікно для налаштувань відображення графіку в реальному часі. В цьому меню можна налаштувати розміри зони відображення графіку і його позицію розташування.

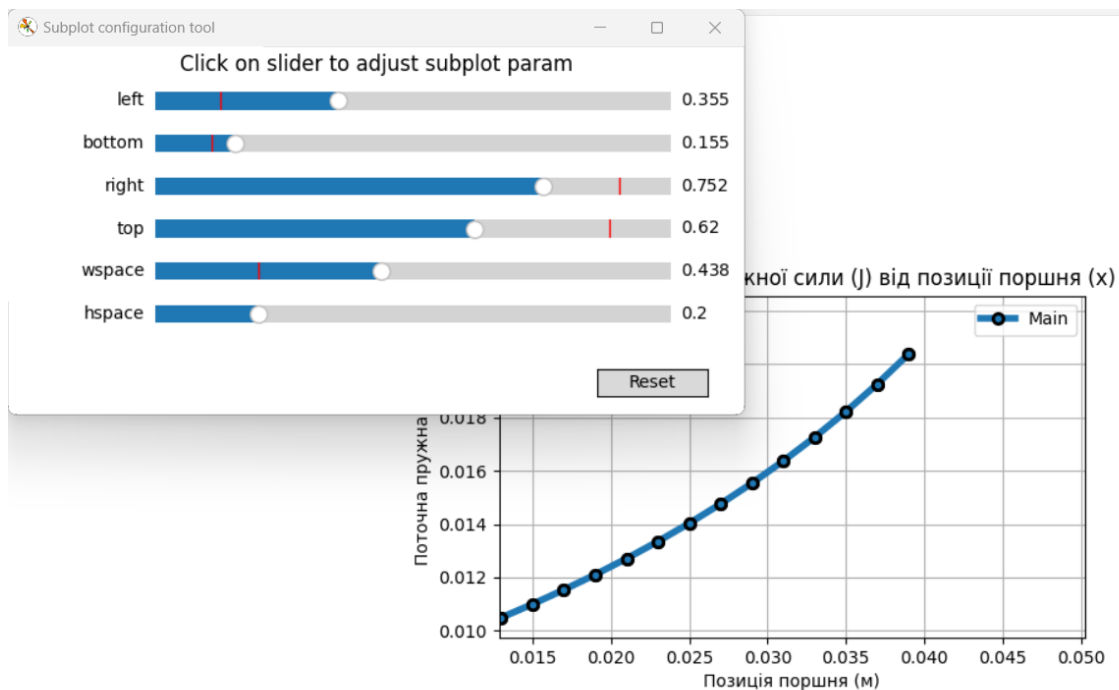


Рисунок 3.1 – Меню налаштування відображення графіку від Matplotlib

Вище описане, меню можна відкрити з допомогою панелі інструментів, зображеної на рисунку 3.2. Окрім нього, в цій панелі є інструменти для переміщення по самому графіку і можливість приближувати обрану ділянку графіку.



Рисунок 3.2 – Панель інструментів для взаємодії з графіками від Matplotlib

3.1.3 Додаткові бібліотеки

Як вже було зазначено у підрозділі 3.1 мова програмування Python має безліч бібліотек, для задоволення майже будь-яких потреб. Окрім інструментів для створення віконного інтерфейсу та зображення графіків, знадобляться ще декілька допоміжних бібліотек. При розробці програми були використанні наступні бібліотеки:

- Pillow (заміна оригінальної PIL – Python Imaging Library) – Першочергово існувала бібліотека PIL, але її перестали оновлювати, ще у далекому 2009 році. Однак, знайшлись розробники, які на її основі створили бібліотеку Pillow, яка є популярною і у наші дні. Представляє собою бібліотеку для взаємодії з зображеннями в мові Python. Завдяки ній можна відкривати, модифікувати та застосовувати фільтри до растрових зображень. В програмній реалізації використана для конвертації зображення в підходящий формат для відображення у вікні програми;

- math – Бібліотека, що містить в собі функціонал для роботи з числами. В ній представлені різні функції, які полегшують: взаємодію з модулями, обрахунки тригонометричних рівнянь, обрахунок логарифмів та іншого.

3.2 Обґрунтування обраного середовища розробки

Для розробки знадобиться і місце створення програмного коду. Середовище розробки повинно мати сумісність з обраною мовою програмування – Python і підтримувати її бібліотеки.

- Thonny – середовище розробки з мінімалістичним інтерфейсом і набором функцій, чудово підходить для новачків. Є мінімальні функції –

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

підсвічування синтаксису, візуалізація помилок, але немає менеджера файлів та відсутній досвід роботи в цьому середовищі;

- PyCharm – популярний серед розробників Python редактор коду. Підтримує як самий Python з його бібліотеками та фреймворками так і інші мови. Має безкоштовну версію Community. Загалом, найкращий варіант за виключенням того, що я не звик до його використання;

- Visual Studio – інтегроване середовище розробки від Microsoft. Підходить до розробки графічних інтерфейсів, застосунків, що взаємодіють з базами даних. Має менеджер файлів. Має безкоштовну версію. Серед мінусів – занадто сильно навантажує систему, ускладнене підключення бібліотек та фреймворків;

- Visual Studio Code – середовище розробки з відкритим вихідним кодом. Має необхідні інструменти для розробки: підсвічення синтаксису, виявлення помилок, менеджер файлів [29]. Підключення мови, необхідного фреймворку або бібліотеки відбувається за декілька кліків. Великою перевагою є те, що більшість часу я використовував саме це середовище.

В кінцевому результаті у якості середовища розробки я обрав Visual Studio Code, оскільки він має необхідні мені інструменти, відсутні помітні мінуси і також, я звичний до роботи з ним.

Висновки до розділу

В цьому розділі описаний процес вибору та обґрунтування обраних інструментів для розробки програмної реалізації. Вибір підходящих інструментів є важливою частиною роботи, оскільки правильно підібраний стек технологій може як полегшити та пришвидшити процес розробки, так і ускладнити та уповільнити. В залежності від потреб завдання та знань і навичок розробника обираються підходяща мова програмування, необхідні бібліотеки та середовище розробки.

Для обґрунтування кожного вибору були наведені роз'яснення на підґрунті чого відбувався вибір, а також, наведенні порівняння для кожного вибору з перевагами та недоліками кожного варіанту.

В результаті цього розділу можна визначити, що мовою програмування була обрана мова Python, з наступними бібліотеками:

- tkinter – для побудови віконного інтерфейсу;
- Matplotlib – для відображення графіків;
- Pillow – для роботи з растровими зображеннями;
- math – для роботи з числами.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Створення концепту програми

Для обрахунку параметрів антропоморфного крокуючого робота, необхідно розробити відповідне програмне забезпечення. Головною метою програмного забезпечення, або ж програми, є взаємодія з користувачем через інтерактивний інтерфейс. Інтерактивний інтерфейс реалізований за допомогою вікон, що містять поля вводу, куди користувач зможе вводити початкові параметри для обрахунків.

Основними діями, що виконує програма є: зчитування вхідних даних користувача, перевірка на коректність введених даних, обробка їх згідно формул, зазначених у розділі 2.3, відображення обрахованих параметрів і відображення графіків співвідношення параметрів робота.

Також, беремо до уваги, що програма, що розроблюється, планується до використання виключно у технічній сфері. Тобто, інтерфейс взаємодії з користувачем має бути одночасно і інтуїтивно зрозумілим, і функціональним. Якщо зобразити загальний алгоритм роботи розробленої програми у вигляді блок-схеми, то вона буде мати вигляд як на рисунках 4.1 та 4.2.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

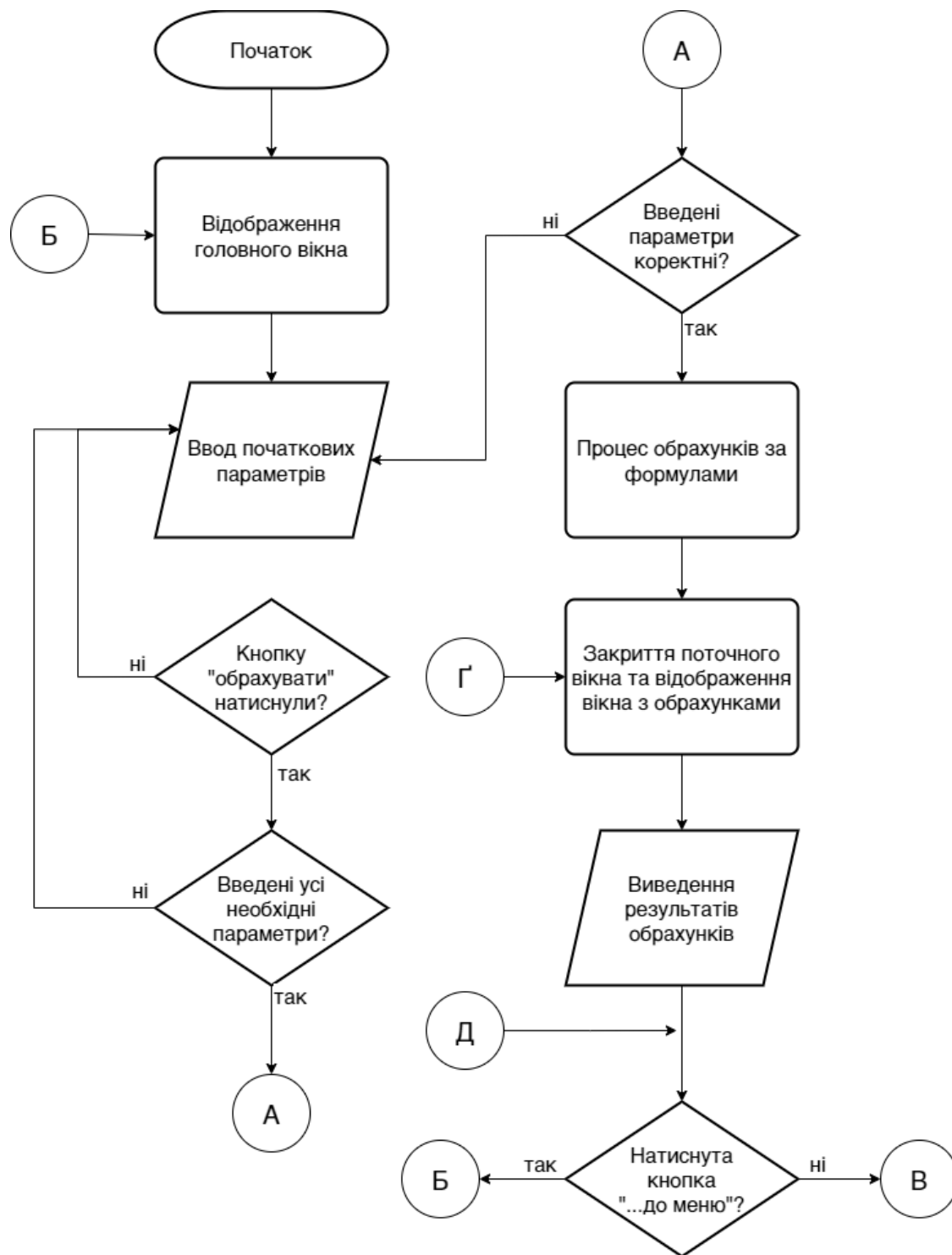


Рисунок 4.1 - Перша частина блок-схеми алгоритму програми

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

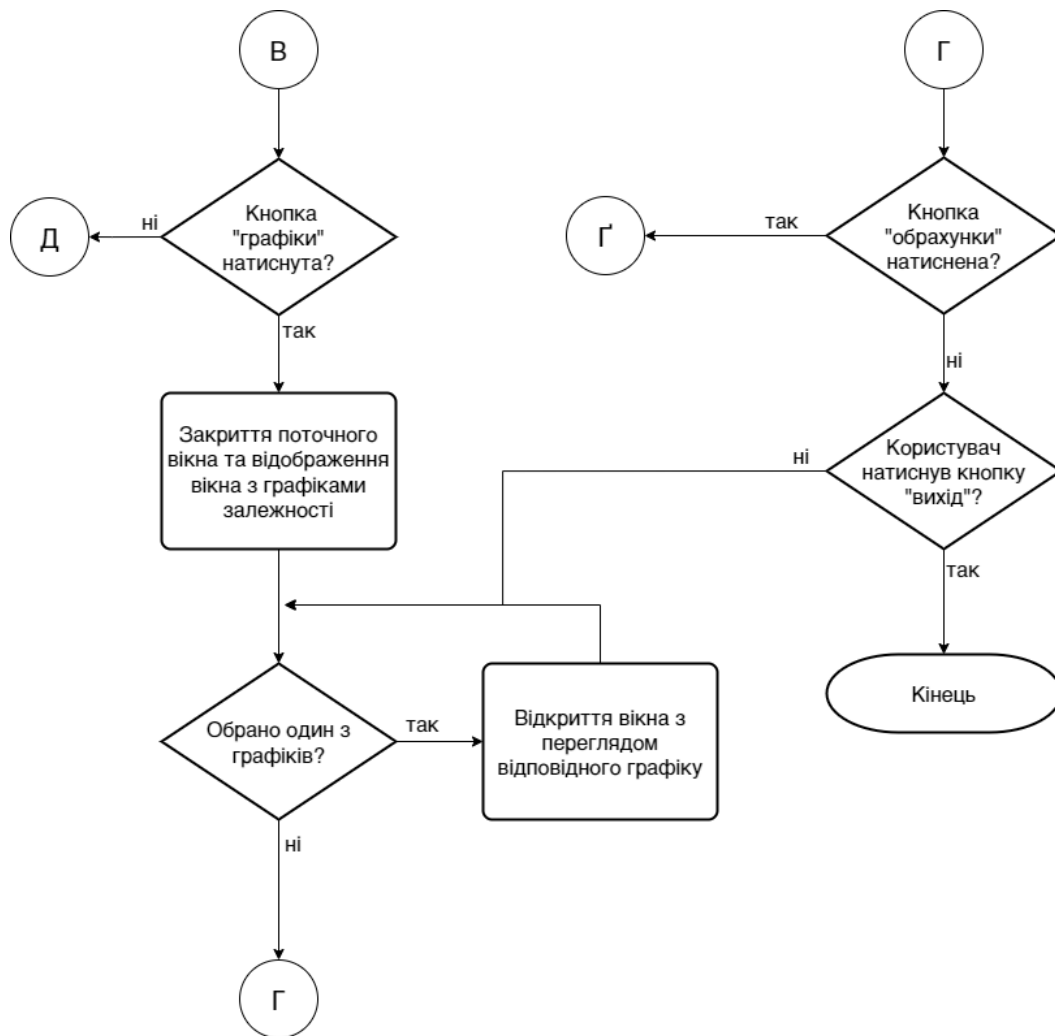


Рисунок 4.2 – Друга частина блок-схеми алгоритму програми

4.2 Розробка загального вигляду вікон програми

Загалом, програма складається з трьох основних вікон для взаємодії з користувачем та п'ятьох окремих вікон для перегляду графіків. Весь процес та відображення були розподілені на декілька вікон, щоб не нагромаджувати інтерфейс одного вікна. Також, це дозволило розділити всю роботу користувача на логічні частини, між якими він може легко і швидко переміщуватись. В той час, як загальні вікна були створені за допомогою бібліотеки Tkinter, огляд графіків відбувається за допомогою бібліотеки matplotlib, яка відповідає за побудову максимально детальних графіків.

Кожне вікно інтерфейсу має власний функціонал, який пов'язаний з іншими вікнами, але не заважає їм. Перше, головне, вікно містить загальний

вигляд антропоморфного роботу, параметри якого обраховуються, і відокремлене поле з текстовою інформацією, включаючи поля вводу.

Друге вікно аналогічно складається з двох частин. Але з відмінностями: у графічній частині відображається вид робота збоку та ззаду із відміченими позначеннями розмірів робота; у текстовій частині відображаються усі можливі параметри робота. До цих параметрів відносяться і значення за замовчуванням (передаточні відношення, довжина ноги випрямленої ноги, діаметри газових циліндрів), і обраховані або введені значення (величина кроку переміщення, довжина ноги при стисненні газу в циліндрах, маса).

Третє вікно представляє собою перелік наявних графіків залежності параметрів, які можна окремо відкрити для перегляду.

4.3 Розробка функціоналу вікон програми

4.3.1 Функціонал головного вікна

Взаємодія з користувачем реалізована за допомогою полів вводу у графічному інтерфейсі. Після заповнення полів вводу користувач має натиснути кнопку «Обрахувати» для початку обрахунків. Натиснення кнопки підтвердження введених параметрів, запускає перевірку введених даних. Конкретно перевіряється чи необхідні параметри введені та чи вони є коректні, тобто в межах допустимих значень. Якщо дані не задовольняють умовам, тоді з'являється повідомлення про помилку і необхідно змінити введені дані. Якщо ж умови дотримані, то поточне вікно закривається і відкривається наступне з відображенням бокового та заднього виду робота і результатами обрахунків.

4.3.2 Функціонал вікна з результатами обрахунків

У цьому вікні користувач може переглянути отримані результати, а також, за допомогою кнопок, перейти або назад до головного вікна, або до вікна зі списком графіків.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

4.3.3 Функціонал вікна з графіками залежності

Представляє собою список із можливих графіків залежності та відповідних їм кнопок. При натисканні кнопки «оглянути» навпроти потрібного графіку відкривається додаткове вікно, що містить сам графік залежності вказаних параметрів. Також, за допомогою двох кнопок, користувач може або перейти до попереднього вікна, або завершити виконання програми.

Висновки до розділу

В цьому розділі наводиться інформація стосовно процесу планування і розробки програмної реалізації алгоритму обрахунку параметрів антропоморфного крокуючого робота. Зазначена в ньому інформація відображає задумку функціонування програми, а також, її реалізований функціонал.

З цього розділу можемо зробити висновок, що програмна реалізація складається з трьох головних інтерактивних вікон та додаткових вікон для перегляду графіків залежності параметрів. Взаємодія з користувачем у програмі відбувається за допомогою спливаючих вікон, полів вводу та кнопок. Кожне головне вікно розділено за логікою роботи програми так, щоб користувачу було інтуїтивно зрозуміло принцип роботи програми.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було проведено аналіз предметної області, пов'язаної з симуляцією педипуляторів антропоморфних крокуючих роботів. У першому розділі було розглянуто визначення терміну "робот" та види роботів. Була проведена класифікація роботів за типом переміщення, що дозволяє систематизувати роботів залежно від їхнього способу руху.

У другому розділі було ознайомлено з антропоморфним крокуючим роботом, його конструкцією та принципом функціонування педипуляторів робота. Цей розділ дозволив отримати уявлення про будову та роботу антропоморфних крокуючих роботів, що є важливим для розуміння принципів їхньої симуляції.

У третьому розділі було обґрунтовано вибір засобів та середовища розробки для створення програмного забезпечення. Було розглянуто обрану мову програмування та обґрунтовано вибір бібліотек та фреймворків. Також було обґрунтовано обране середовище розробки, яке відповідає вимогам проекту.

У четвертому розділі було проведено розробку програмного забезпечення. Був створений концепт програми та розроблений вигляд вікон програми. Також було розроблено функціонал головного вікна, вікна з результатами обрахунків та вікна з графіками залежності.

Загальною метою роботи було створення програмного забезпечення для симуляції педипуляторів антропоморфних крокуючих роботів. Результатом роботи стало розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє моделювати рух та функціонування таких роботів. Це має практичне значення для досліджень та розвитку робототехніки.

Протягом роботи були виявлені певні переваги та недоліки використаних засобів та технологій. Перевагами є доступність бібліотек та фреймворків, які сприяють швидкому розробленню програмного забезпечення. Однак, можуть виникати певні обмеження щодо

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

функціональності чи ефективності використаних засобів. Крім того, використання певних мов програмування та середовищ розробки може вимагати додаткових зусиль для оволодіння необхідними навичками.

Отже, робота з симуляції педіпуляторів антропоморфних крокуючих роботів є актуальною та важливою у галузі робототехніки. Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень та розвитку роботів з педіпуляторами. При правильному виборі засобів та технологій, симуляційне програмне забезпечення може бути потужним інструментом для аналізу та вдосконалення робототехнічних систем.

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Застосування промислових роботів гнучких виробничих систем для автоматизації виробництва в приладобудуванні. 31 с. Електронний ресурс URL:
https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%90%D0%92%D0%9F%20%D0%B2%20%D0%9F%D0%91%20PDF%201/other/tema_8_zastosuvannya_promislovix_robotiv_i_gnuchkix_virobnichix_sistem_dlya_avtomatizaciyi_virobnicztva_v_priladobuduvanni.pdf
2. Блог на тему «Робототехніка. Штучний інтелект». Електронний ресурс URL: <https://chg.dcz.gov.ua/publikaciya/robototehnika-shtuchnyy-intelekt>
3. Стаття на тему «5 основних напрямків розвитку робототехніки» URL: <https://www.imena.ua/blog/5-directions-of-development-of-robotics/>
4. Стаття на тему «Класифікація роботів» URL: <https://studwood.net/570837/informatika/robototehnika>
5. Костилев В.В. Розробка автоматизованої мобільної платформи, ХНУР URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/bcd1ead6-e3c5-4c76-a1bc-5dc2f3e54383/content>
6. Стаття про робота Jueying X20 URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/deep-robotics-releases-jueying-x20-hazard-detection--rescue-robot-dog-solution-301593052.html>
7. Лисенко, С. М. Напрямки досліджень та розвитку комп'ютерної інженерії/Лисенко, С. М. — К. : ХНУ, 2015. — 142 с.
8. Поліщук, М. М. Автоматизований синтез мобільних роботів довільної орієнтації в технологічному просторі : автореф. дис. ... д-ра техніч. наук : 05.02.02 – Машинознавство / Поліщук Михайло Миколайович. — Київ, 2021. — 43 с.
9. Офіційний сайт компанії «Fanuc». Розділ перегляду роботів URL: <https://www.fanuc.eu/ua/uk/%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8/robot-filter->

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

page/%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F-m-2000/m-2000ia-17001

10. Офіційний сайт компанії «ABB» URL:
<https://new.abb.com/news/detail/79200/cstmr-robot-powered-intelligent-selection-for-automotive-batteries-boosts-daily-output-by-300-percent>
11. Офіційний сайт компанії «Universal Robots» URL:
<https://www.universal-robots.com/products/ur5-robot/>
12. Офіційний сайт компанії «Intuitive» URL: <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci/systems>
13. Офіційний сайт компанії «Accuray» URL:
<https://www.accuray.com/cyberknife/>
14. Офіційний сайт компанії «ReWalk» URL: <https://rewalk.com/>
15. Офіційний сайт компанії «Aldebaran» URL:
<https://www.aldebaran.com/en/pepper>
16. Офіційний сайт компанії «Relay Robotics» URL:
<https://www.relayrobotics.com/relay2>
17. Навчальний посібник з дисципліни «Мобільні роботи» для студентів за фахом 131 – Прикладна механіка – спеціалізація – Мехатроніка та промислові роботи / Укладач: Михайлов Є. П. Одеса: ОНПУ. – 239 с.
18. Офіційний сайт компанії «NASA» по дослідженню Марса. Розділ про опис колісного робота «The Mars 2020 rover, Perseverance» URL:
<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/>
19. Сайт компанії «RoboTechVision» URL:
<https://robotechvision.com/crawler/>
20. Офіційний сайт компанії «Boston Dynamics» URL:
<https://www.bostondynamics.com/products/spot>
21. Оголошення продажу на сайті онлайн-магазину «ІТбокс» URL:
<https://www.dji.com/global/mavic-3-pro?site=brandsite&from=homepage>
22. Оголошення продажу на сайті офіційного дилера компанії «DJI» в Україні «DroneStore» URL: <https://dronestore.com.ua/shop/disco-fpv/>

23. Офіційний сайт військових повітряних сил США URL:

<https://www.af.mil/News/Photos/igcategory/Aircraft/?igsearch=Global%20Hawk>

24. Офіційний сайт компанії «Liquid Robotics» URL: <https://www.liquid-robotics.com/wave-glider/how-it-works/>

25. Поліщук, М. М., Ткач М. М. Робототехнічні системи: проектування і моделювання. Київ, 2021. – 112 с.

26. Офіційна документація до мови програмування Python електронний ресурс URL: <https://docs.python.org/3.11/>

27. Документація до бібліотеки Tkinter електронний ресурс URL: <https://docs.python.org/uk/3/library/tkinter.html>

28. Офіційна документація до бібліотеки Matplotlib електронний ресурс URL: <https://matplotlib.org/stable/index.html>

29. Документація до середовища розробки Visual Studio Code електронний ресурс URL: <https://code.visualstudio.com/docs>

					ІК91.320БАК.005 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70