

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень


Мультифізична імітаційна модель робота з маніпулятором
Назва теми

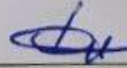
КвРКІІ 19242.19.02.39 ПЗ
Шифр

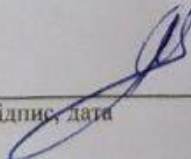
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва


Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-19-2  Б.О. Мартинюк
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  М.В. Федула
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  С.М. Лисенко
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем 

Т.О. Говорущенко
Підпис Ініціали, прізвище

«26» червня 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорущенко

“ 10 ” 01 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Мартинюку Богдану Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Мультифізична імітаційна модель робота з маніпулятором
Керівник проекту (роботи) Федула М.В., ст. викладач.

Ф

Федула М.В.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 1.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Порівняння засоби проектування комп'ютерних мереж та особливості їх функціонування

Аналіз поставленої задачі, вимоги до функціоналу системи. Вибір апаратного

забезпечення та його аргументація

Реалізація комп'ютерної мережі для гуртожитку у симуляторі


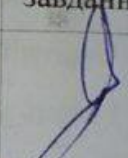


5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Модель робота

Підсистема руки робота

Підсистема колеса робота

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагиат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 р.

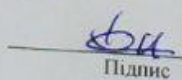
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	20.02.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.03.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	10.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – аналіз поставленої задачі, вимоги до функціоналу системи. Вибір апаратного забезпечення та його аргументація	20.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – реалізація комп'ютерної мережі для гуртожитку у симуляторі	30.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.06.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис


Підпис

Б.О.Мартинюк
Ініціали, прізвище

М.В.Федула
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Мультифізична імітаційна модель робота».

Автор роботи: Мартинюк Богдан Олександрович.

Керівник роботи: Федула Микола Васильович.

Пояснювальна записка: 62 с., 57 рис., 3 дод., 46 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.


Мультифізична імітаційна модель робота з маніпулятором

Метою роботи є створення власної імітаційної моделі робота .

У рамках даної роботи було описано основні переваги і недоліки середовища MATLAB/Simulink та основні відомі методи і засоби мультифізичного моделювання роботів.

Загальною метою роботи було створення імітаційної моделі робота з маніпулятором, яка описує характеристики програмного забезпечення та електричних і механічних елементів робота у програмному середовищі Simulink.



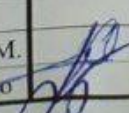
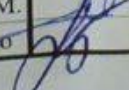
Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

СКРОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	4
ВСТУП.....	5
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	6
1.1 Огляд системи математичного моделювання MATLAB/Simulink	6
1.2 Переваги системи MATLAB/Simulink	7
1.3 Методи мультифізичного програмування роботів в MATLAB/Simulink	8
1.4 Методи мультифізичного моделювання роботів	11
1.5 Висновки	14
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ	16
2.1 Огляд та розбір моделі.....	16
2.2 World Frame	19
2.3 Mechanism Configuration.....	20
2.4 Solver Configuration	21
2.5 Planar Joint	22
2.6 Chassis.....	24
2.7 Rigid Transform	25
2.8 Physical Modeling Connection Port block for subsystems.....	26
2.9 Cylindrical Solid	28
2.10 Revolute Joint.....	29
2.11 Reference Frame	30
2.12 Моделювання руки робота в MATLAB/Simulink	31
2.13 Моделювання коліс в MATLAB/Simulink	35
2.14 Огляд найбільш загальноновживаних блоків.....	36
2.15 Фізика в MATLAB/Simulink	52
2.16 Висновки	53

КвРКІП. 190362.19.03.09 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	Мультифізична імітаційна модель робота Пояснювальна записка
Виконав		Мартинюк Б.О.			
Перевір.		Федула М.В.			
Н.контр.		Лисенко С.М.		26.06	
Затвер.		Говорушенко			
					Літера Аркуш Аркушів
					3 62
					ХНУ, КІ-19-1

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ РОБОТА В MATLAB/SIMULINK	54
3.1 Тестування моделі	54
3.2 Огляд використаних блоків.....	55
3.3 Графіки залежності	57
3.4 Висновки	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	68
Додаток А.....	74
Копія креслення «Модель робота»	74
Додаток Б	75
Копія креслення «Підсистема руки робота»	75
Додаток В	76
Копія креслення «Підсистема колеса робота»	76

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД - база даних

ОС - операційна система

ПЗ - програмне забезпечення

РАП – роботизована автоматизація процесів

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Сучасний розвиток робототехніки сприяє покращенню життєвого рівню суспільства. Робототехніка включає в себе такі етапи як проектування роботів, розробка механічних та електронних компонентів, програмування вбудованих систем, створення датчиків, розробка алгоритмів керування, розвиток інтерфейсів взаємодії з користувачами, тестування та впровадження роботів в різних сферах застосування. Вона застосовується у промисловості для автоматизації виробничих процесів, у медицині для виконання операцій, діагностики та реабілітації, у сфері обслуговування для створення роботів-помічників, у сільському господарстві для автоматизації сільськогосподарських робіт, у науці та дослідженнях для виконання складних завдань, у космічній промисловості для роботів-астронавтів та багатьох інших галузях. Розвиток робототехніки відбувається швидкими темпами. Технології стають більш доступними, компактними та потужними. Роботи отримують нові можливості завдяки використанню штучного інтелекту, машинного навчання та розпізнавання образів. Потрібно зауважити, що все більше підприємств автоматизується зменшуючи кількість людської роботи та її вплив на виготовлення кінцевого продукту. Гнучкі виробничі комплекси, сформовані на підприємствах, за допомогою промислових роботів дозволяють виконувати тяжку та рутинну роботу, а також покращувати життєвий цикл виробництва. Тому на нових сучасних виробництвах працює лише декілька десятків робітників, які забезпечують догляд, обслуговування та контроль виробничих систем, в той час коли основні операції з виготовлення першокласної продукції забезпечуються роботами. В даний час відбувається активний розвиток робототехніки в різноманітних сферах щоб зменшити вплив людського фактору і збільшити якість та продуктивність підприємства. Загалом, робототехніка є важливим напрямом технологічного розвитку, що впливає на наш спосіб життя, виробництва та взаємодії з технологіями.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд системи математичного моделювання MATLAB/Simulink

MATLAB/Simulink - це потужна система математичного моделювання та чисельного аналізу, яка поєднує в собі Матлаб та Simulink. MATLAB використовується для чисельних обчислень, статистичного аналізу даних, візуалізації та програмування, а Simulink - для моделювання та симуляції динамічних систем.

Основні компоненти системи MATLAB/Simulink:

1. MATLAB: Це мова програмування та середовище розробки, яке надає потужні функції для обробки числових даних, математичних обчислень, векторного та матричного розрахунку, статистичного аналізу, графіків та візуалізації.

2. Simulink: Це графічне середовище для моделювання та симуляції динамічних систем за допомогою блок-схеми. Він дозволяє створювати моделі систем з використанням блоків, що представляють різні фізичні компоненти, такі як диференціальні рівняння, фільтри, регулятори, сенсори та актуатори.

3. Simulink Library: Simulink поставляється з багатьма вбудованими бібліотеками, які містять готові блоки та моделі для широкого спектра доменів, включаючи механіку, електрику, контроль та багато іншого. Це дозволяє швидко створювати складні моделі систем без необхідності писати код з нуля.

4. Simulink Coder: Це додатковий інструмент, який дозволяє генерувати код з моделей Simulink для вбудованої реалізації на різних платформах та мікроконтролерах.

5. Simulink Real-Time: Це модуль, який дозволяє взаємодіяти з реальним обладнанням та виконувати симуляцію в реальному часі.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1.2 Переваги системи MATLAB/Simulink

Система MATLAB/Simulink має безліч переваг, які зробили її популярною серед інженерів, науковців та дослідників. Найважливіші переваги системи MATLAB/Simulink:

1. Інтегроване середовище: MATLAB/Simulink пропонує повне інтегроване середовище для моделювання, аналізу та візуалізації даних. За допомогою одного інструменту можна виконувати чисельні обчислення, статистичний аналіз, оптимізацію, симуляцію динамічних систем, розробку алгоритмів та багато іншого.

2. Гнучкість та розширюваність: MATLAB/Simulink дозволяє користувачам використовувати власні функції, скрипти та модулі, що дозволяє розширити функціональність системи та пристосувати її до конкретних потреб. Також існує велика кількість додаткових пакетів та інструментів, що розширюють можливості MATLAB/Simulink.

3. Широкий набір функцій: MATLAB має потужний набір математичних, статистичних та чисельних функцій, які спрощують обробку та аналіз даних. Simulink, у свою чергу, має багато вбудованих бібліотек з готовими блоками для моделювання різних систем, що робить його дуже зручним для розробки складних моделей.

4. Велика спільнота користувачів: MATLAB/Simulink має активну спільноту користувачів, що сприяє обміну знаннями, досвідом та рішеннями. Існує велика кількість документації, форумів, блогів та інших ресурсів, що допомагають вирішувати проблеми та вчитися новому.

5. Швидкість та ефективність: MATLAB/Simulink є оптимізованими для виконання чисельних обчислень та обробки даних. Вони використовують оптимізовані алгоритми та вбудовану підтримку багатопоточності, що дозволяє прискорити обчислення та розрахунки.

6. Використання в промисловості: MATLAB/Simulink широко використовується в промисловості для розробки, валідації та тестування різних систем, включаючи автомобільну промисловість, електроніку, енергетику та багато

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

інших. Він є стандартом у багатьох галузях і використовується великими компаніями та організаціями.

Ці переваги роблять систему MATLAB/Simulink потужним інструментом для моделювання, аналізу та вирішення різноманітних задач у наукових, технічних та промислових галузях.

1.3 Методи мультифізичного програмування роботів в MATLAB/Simulink

В MATLAB/Simulink існує кілька методів та підходів для мультифізичного моделювання роботів:

- моделювання механічних систем. Simulink має вбудовану підтримку моделювання механічних систем, таких як рух робота, кінематика та динаміка. За допомогою блоків, що представляють фізичні компоненти, такі як тіла, силові елементи та зв'язки, можна створювати моделі руху робота та аналізувати його поведінку. Основні кроки для моделювання механічної системи в Simulink:

1. Створення моделі - починаємо зі створення нового модельного файлу в Simulink. Це можна зробити, натиснувши "File" -> "New" -> "Model" у головному меню.

2. Додавання блоків - використовуємо палітру блоків Simulink для додавання необхідних блоків до моделі. Для моделювання механічної системи можуть знадобитися блоки, які представляють тіла, силові елементи (наприклад, пружини, демпфери), зв'язки (наприклад, довільні зв'язки або кінематичні зв'язки) та датчики.

3. Підключення блоків - проведемо з'єднання між блоками, щоб відобразити взаємодію між компонентами системи. Наприклад, підключити вихідний сигнал одного блоку до вхідного сигналу іншого блоку, щоб передати силу або рух.

4. Налаштування параметрів - кожен блок має свої параметри, які визначають його поведінку. Налаштувати параметри блоків можна відповідно до потреб вибраної моделі. Наприклад, для блоку пружини можна встановити його жорсткість або для блоку тіла - масу та початкові умови.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

5. Симуляція - після побудови моделі виконується симуляція, щоб перевірити поведінку системи. Для цього використовуються різні методи симуляції, такі як часова діаграма, щоб спостерігати рух та взаємодію компонентів системи.

6. Аналіз результатів - після завершення симуляції необхідно проаналізувати отримані результати. Для того щоб отримати висновки про поведінку системи та її характеристики потрібно використовувати графіки, засоби аналізу та обробки даних.

- моделювання електричних систем. MATLAB/Simulink надає можливості для моделювання електричних систем, таких як електричні схеми, електронні компоненти та керування. За допомогою блоків, що представляють резистори, конденсатори, індуктивності та джерела напруги/струму, можна моделювати електричні характеристики роботів та аналізувати їх роботу. Основний принцип полягає у побудові моделі системи, яка відображає її електричні характеристики та поведінку. Основні кроки для моделювання електричних систем в MATLAB/Simulink:

1. Створення моделі, розпочинається зі створення нового модельного файлу в Simulink. Це можна зробити, натиснувши "File" -> "New" -> "Model" у головному меню.

2. Додавання блоків. Для додавання необхідних блоків до моделі використовують палітру блоків Simulink. Для моделювання електричних систем можуть знадобитися блоки, які представляють резистори, конденсатори, індуктивності, джерела напруги/струму, перемикачі та інші електронні компоненти.

3. Підключення блоків проводиться за рахунок з'єднання між блоками, щоб відображати взаємодію між електричними компонентами системи. Наприклад, підключивши вихідний сигнал одного блоку до вхідного сигналу іншого блоку, можна передати сигнал або струм.

4. Налаштування параметрів. Кожен блок має свої параметри, які визначають його поведінку, які можна налаштувати відповідно до потреб вашої моделі. Наприклад, для блоку резистора можна встановити його опір або для блоку джерела струму - його значення струму.

					КвРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

5. Симуляція. Після побудови моделі необхідно виконати симуляцію, щоб перевірити поведінку системи. Використовуючи різні методи симуляції, такі як часова діаграма, можна спостерігати зміну напруги, струму та інших електричних характеристик.

6. Аналіз результатів. Після завершення симуляції необхідно проаналізувати отримані результати. Використовуючи графіки, засоби аналізу та обробки даних в MATLAB, можна отримати висновки про поведінку електричної системи та її характеристики.

Завдяки вище наведеним крокам користувач може змоделювати свою електричну систему в MATLAB/Simulink. Варто зазначити, що Simulink має широкі можливості та багато вбудованих бібліотек з електричними компонентами, що допомагають в створенні складних електричних моделей.

- моделювання керування. MATLAB/Simulink надає інструменти для моделювання алгоритмів керування роботами. За допомогою блоків, що представляють контролери, регулятори та сенсори, можна створювати моделі керування роботами та визначати їх поведінку.

- моделювання симуляцій фізичних процесів. MATLAB/Simulink дозволяє моделювати фізичні процеси, які впливають на робота. Це можуть бути такі процеси, як термодинаміка, гідродинаміка або оптика. За допомогою відповідних математичних моделей та фізичних законів, можна створювати моделі цих процесів та аналізувати їх вплив на робота.

- моделювання зв'язаних систем: MATLAB/Simulink дозволяє моделювати взаємодію роботів з іншими системами. Наприклад, можна моделювати взаємодію робота з середовищем, з яким він взаємодіє, або моделювати взаємодію між різними роботами у групі.

Ці методи та підходи дозволяють створювати комплексні мультифізичні моделі роботів в MATLAB/Simulink і аналізувати їх поведінку та характеристики.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

1.4 Методи мультифізичного моделювання роботів

MATLAB/Simulink надає різні методи для мультифізичного моделювання роботів, що дозволяють враховувати взаємодію різних фізичних дисциплін. Ось деякі, які можна використовувати:

- SimMechanics (раніше відомий як SimMechanics): є пакетом для моделювання та симуляції механічних систем в середовищі MATLAB/Simulink. Він надає інструменти для моделювання руху, кінематики та динаміки механічних систем, включаючи роботів. Основні функціональні можливості SimMechanics включають:

1. Моделювання кінематики. SimMechanics дозволяє визначати структуру механічної системи, включаючи зв'язки, тіла та їхні взаємодії, що дозволяє створювати складні кінематичні ланцюги, такі як механізми з рухомими зчепленнями, шарнірними з'єднаннями та іншими компонентами.

2. Моделювання динаміки. SimMechanics дозволяє враховувати фізичні властивості тіл в системі, такі як маса, інерція та сили, що діють на них. Можна встановлювати параметри тіл, включаючи масу, моменти інерції та розташування центру мас, а також задавати зовнішні сили, такі як гравітацію або прикладені сили.

3. Аналіз руху та динаміки. SimMechanics надає інструменти для аналізу руху та динаміки системи, за допомогою якої можна відслідковувати траєкторії руху, обчислювати швидкості, прискорення та сили, що діють на компоненти системи. Також можна виконувати аналіз статичного та динамічного збалансування системи.

4. Інтеграція з іншими інструментами MATLAB/Simulink. SimMechanics може бути інтегрований з іншими пакетами MATLAB/Simulink, такими як Simulink, для створення комплексних моделей робототехнічних систем. Для повноцінного моделювання й аналізу роботів можна поєднувати моделі механічних систем з електричними.

- SimElectronics (раніше відомий як SimPowerSystems) є пакетом для моделювання та симуляції електричних систем в середовищі MATLAB/Simulink. Він надає інструменти для моделювання електричних схем, електричних пристроїв,

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

електричних мереж, а також керування електричними системами, включаючи роботів з електричними актуаторами. Основні функціональні можливості SimElectronics включають:

1. Моделювання електричних схем: SimElectronics дозволяє створювати електричні схеми за допомогою блоків, що представляють різні електричні компоненти, такі як джерела живлення, опори, конденсатори, індуктивності, трансформатори та інші. Після підключення цих компонентів можна встановлювати їх параметри та визначати зв'язки між ними.

2. Моделювання електричних пристроїв: SimElectronics надає блоки для моделювання різних типів електричних пристроїв, таких як генератори, електродвигуни, перетворювачі потужності та інші. Враховуючи електричні параметри та характеристики пристроїв, можна моделювати їх поведінку.

3. Моделювання електричних мереж. SimElectronics дозволяє моделювати розподільні електричні мережі, включаючи з'єднання між електричними компонентами та системами. Після встановлення параметрів мережі можна враховувати втрати енергії, аналізувати стабільність та електричні характеристики мережі.

4. Моделювання керування електричними системами. SimElectronics дозволяє моделювати та симулювати керування електричними системами, включаючи роботів з електричними актуаторами, для встановлення керуючих алгоритмів, програмування логіки керування, використання сенсорів для зчитування даних та виконання різноманітних операцій, пов'язаних з керуванням електричними системами.

- SimElectronics дозволяє розширити можливості моделювання MATLAB/Simulink на електричну дисципліну і використовувати його для моделювання та симуляції електричних систем, що є важливим аспектом розвитку робототехніки.

- SimScapе (раніше відомий як SimPowerSystems): є пакетом для моделювання та симуляції фізичних систем в середовищі MATLAB/Simulink. Він надає засоби для інтеграції різних фізичних дисциплін, таких як механіка, електротехніка, термодинаміка та гідродинаміка, для моделювання складних

					КвРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

мультифізичних систем, включаючи роботів. Основні функціональні можливості SimScare включають:

1. Моделювання механічних систем. SimScare дозволяє створювати моделі механічних систем, включаючи тіла, зчеплення, сили та моменти, після чого встановлювати фізичні властивості тіл, такі як маса, момент інерції та геометричні параметри, та визначати взаємодію між тілами.

2. Моделювання електричних систем. SimScare дозволяє моделювати електричні системи, включаючи електричні схеми, електричні пристрої та електричні мережі, для встановлення параметрів компонентів, такі як опори, конденсатори, джерела живлення, та моделювання їх взаємодію в електричних схемах.

3. Моделювання термодинамічних систем. SimScare дозволяє моделювати термодинамічні системи, включаючи теплові пристрої, теплові мережі та теплові процеси, встановлюючи термодинамічні параметри, такі як теплові потоки, температури та теплові резистори, та моделювати теплову взаємодію між компонентами системи.

4. Моделювання гідродинамічних систем. SimScare дозволяє моделювати гідродинамічні системи, включаючи рух рідини та газу, гідродинамічні пристрої та гідродинамічні мережі, що дає можливість встановлювати параметри, такі як тиск, швидкість та об'ємна витрата, та моделювати гідродинамічну взаємодію між компонентами системи.

- SimScare дозволяє поєднувати різні фізичні дисципліни в одній моделі, що дозволяє більш реалістично моделювати та симулювати поведінку роботів та інших складних фізичних систем.

- Robotics System Toolbox: є набором інструментів для моделювання, симуляції та аналізу робототехнічних систем в середовищі MATLAB/Simulink. Він надає потужні функціональні можливості для розробки та впровадження роботів, включаючи моделювання кінематики, динаміки, керування та взаємодії роботів з оточенням. Основні можливості Robotics System Toolbox включають:

1. Кінематика роботів. Кінематичне моделювання роботів дає можливість моделювати їх структуру та обчислювати їх характеристики, такі як позиція,

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		13

орієнтація та переміщення. Також можна виконувати обертання, трансформації та інші операції над кінематичними ланцюгами.

2. Динаміка роботів. Дає можливість моделювати динамічну поведінку роботів, включаючи обчислення сил і моментів, що діють на рухливі частини робота. Також можна враховувати маси, інерції та фізичні властивості компонентів робота для реалістичного моделювання.

3. Керування роботів. Дає можливість розробляти та виконувати керуючі алгоритми для роботів, включаючи PID-регулятори, траєкторні планувальники та інші алгоритми керування. Встановивши цілі руху, можна визначати обмеження інтерфейсу користувача та виконувати симуляції керування роботами.

4. Взаємодія роботів з оточенням. Надає можливість моделювати взаємодію роботів з оточенням, включаючи симуляцію сенсорів, таких як візуальні та силові сенсори, та обробку даних, отриманих з цих сенсорів. Також можна моделювати взаємодію зі сценою, об'єктами та іншими роботами.

- Robotics System Toolbox допомагає розширити можливості MATLAB/Simulink на робототехніку, дозволяючи розробляти та аналізувати робототехнічні системи на високому рівні. Він є потужним інструментом для вивчення робототехніки, розробки алгоритмів керування та тестування робототехнічних додатків.

1.5 Висновки

Хоча MATLAB/Simulink має багато переваг і широко використовується для моделювання та симуляції різних систем, включаючи робототехніку, він також має деякі недоліки, зокрема:

1. Вартість: MATLAB/Simulink є комерційним продуктом і вимагає платну ліцензію. Це може бути фінансово недосяжним для окремих користувачів або невеликих компаній.

2. Великі вимоги до апаратного забезпечення: MATLAB/Simulink вимагає потужного обчислювального обладнання, особливо для великих і складних

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

моделей. Це може створювати обмеження для користувачів з обмеженими ресурсами.

3. Великий обсяг пам'яті: Використання MATLAB/Simulink для моделювання складних систем може вимагати значної кількості оперативної пам'яті. Для великих проектів це може бути проблемою, особливо на обмежених платформах.

4. Відсутність вбудованих бібліотек: Іноді відсутність вбудованих бібліотек або моделей для певних доменів може бути недоліком. Користувачам може доводитися створювати власні моделі або імпортувати сторонні бібліотеки.

5. Плоский інтерфейс: Інтерфейс MATLAB/Simulink може бути відчутим плоским і менш інтуїтивно зрозумілим порівняно з іншими інструментами моделювання та симуляції. Деяким користувачам може знадобитися час для оволодіння інтерфейсом та освоєння всіх функціональних можливостей.

6. Обмежена підтримка деяких мов програмування: MATLAB/Simulink має підтримку кількох мов програмування, але вона обмежена порівняно з іншими платформами. Це може бути не вигідним для користувачів, які більш впевнені в інших мовах програмування.

Не зважаючи на ці недоліки, MATLAB/Simulink залишається потужним інструментом для моделювання та симуляції різних систем і широко використовується в академічних, наукових та промислових сферах.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ РОБОТА В MATLAB/Simulink

2.1 Огляд та розбір моделі

Додаток для розробки 3D моделей роботів MATLAB. Модель робота в MATLAB/Simulink показана на рисунку 2.1.

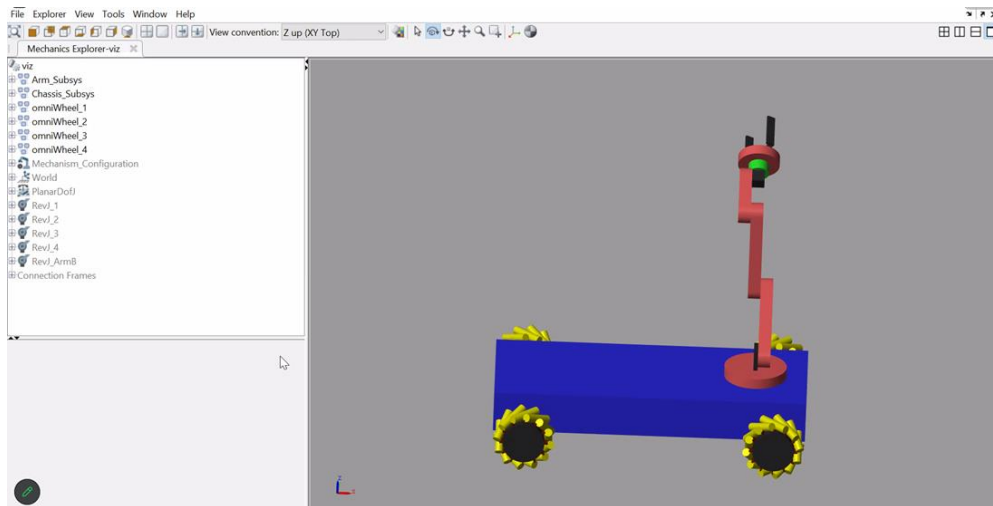


Рисунок 2.1 – Модель робота в MATLAB/Simulink

Обрані параметри робота зображені на рисунку 2.2.

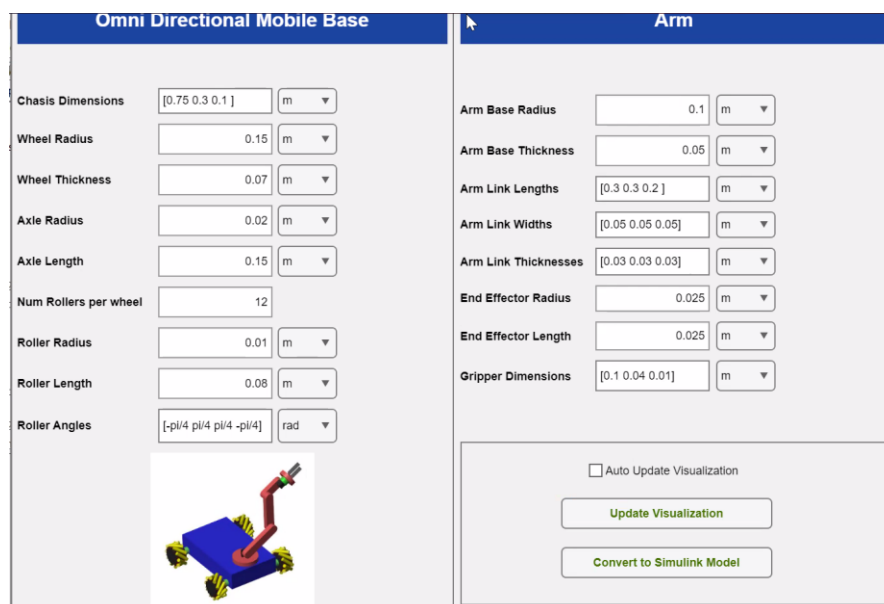


Рисунок 2.2 – Параметри спроектованого робота

3D модель робота з обраними параметрами показана на рисунку 2.3.

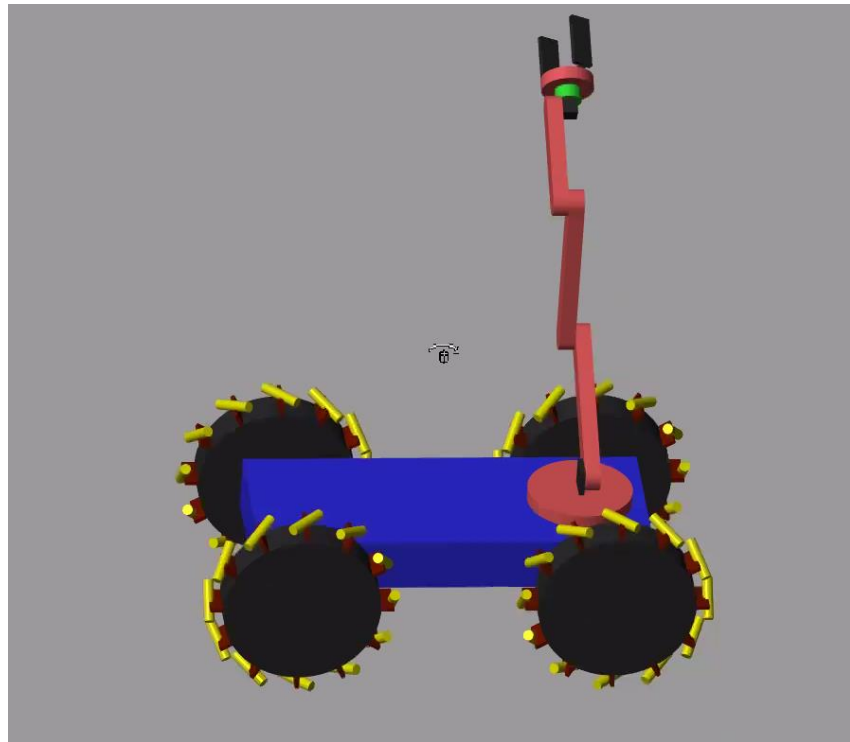


Рисунок 2.3 – Модель спроектованого робота

Вмикаємо симуляцію в реальному часі, яка зображена на рисунку 2.4.

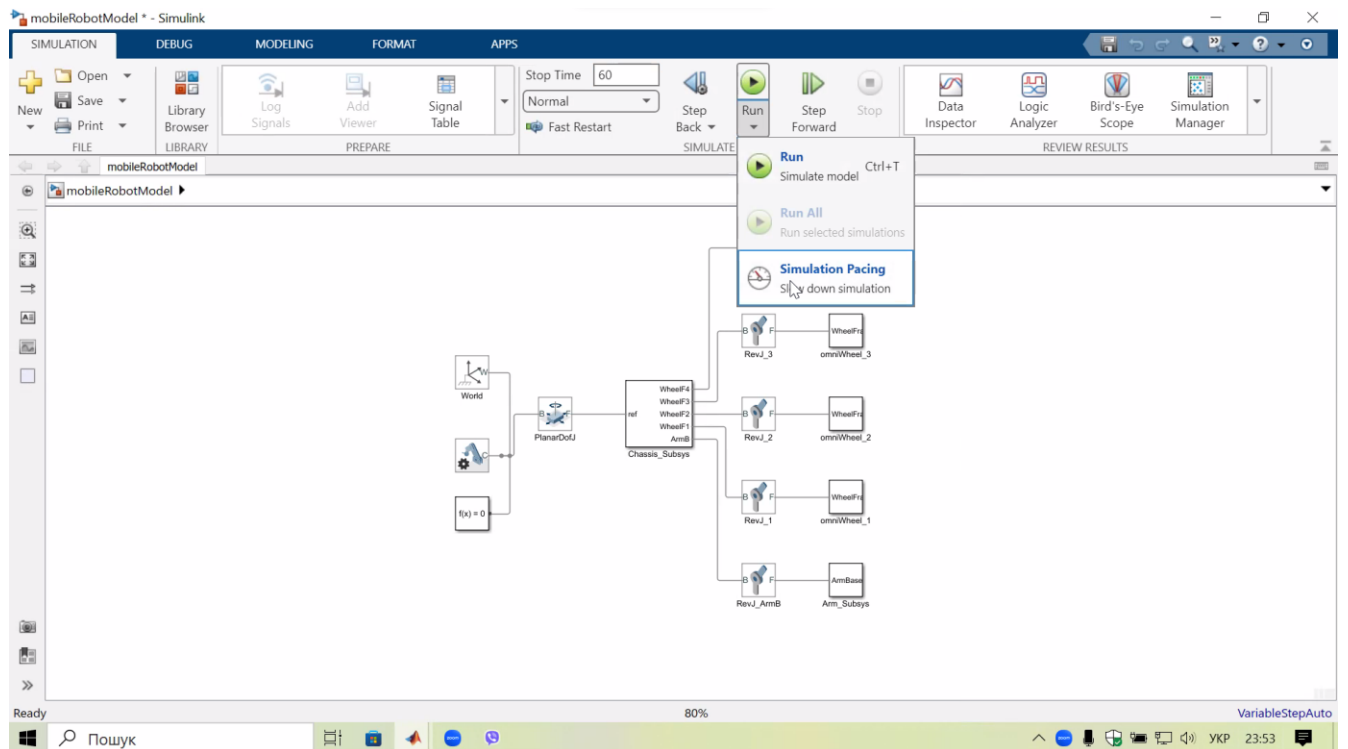


Рисунок 2.4 – Налаштування симуляції в реальному часі

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

Це концепція "світового фрейму" для визначення глобальної системи координат, що використовується як початкова точка відліку для моделювання та симуляції різних фізичних систем, зокрема роботів (рисунок 2.5).

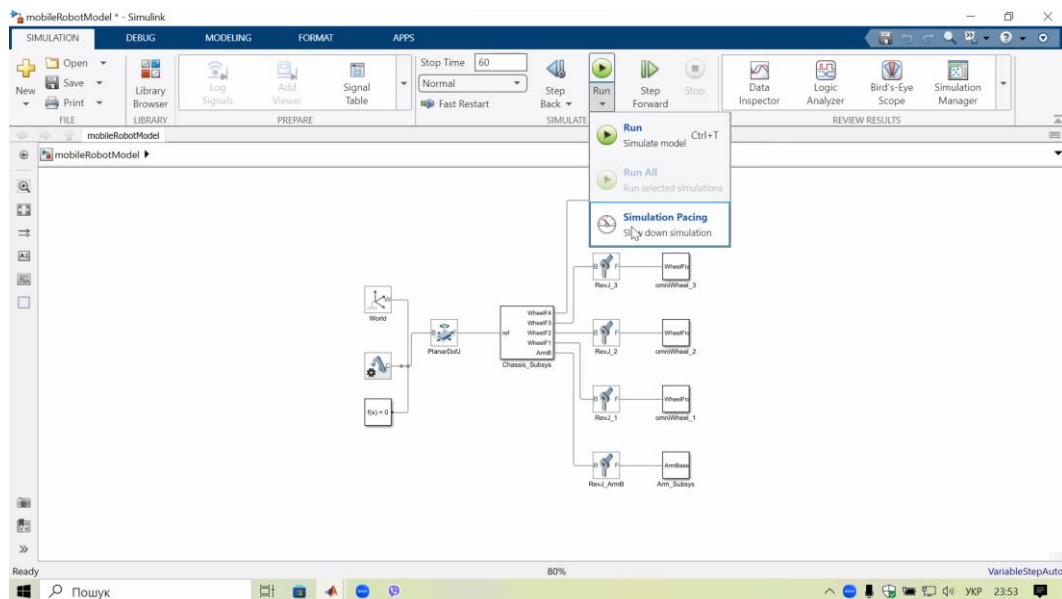


Рисунок 2.5 – Модель Simulink

Світовий фрейм в MATLAB/Simulink може бути створений за допомогою блоку "World Coordinate System" (Світова система координат) (рисунок 2.6). Цей блок встановлює глобальну систему координат у заданому положенні та орієнтації для встановлення світового фрейму, як початкового референсного фрейму для розробленої моделі.

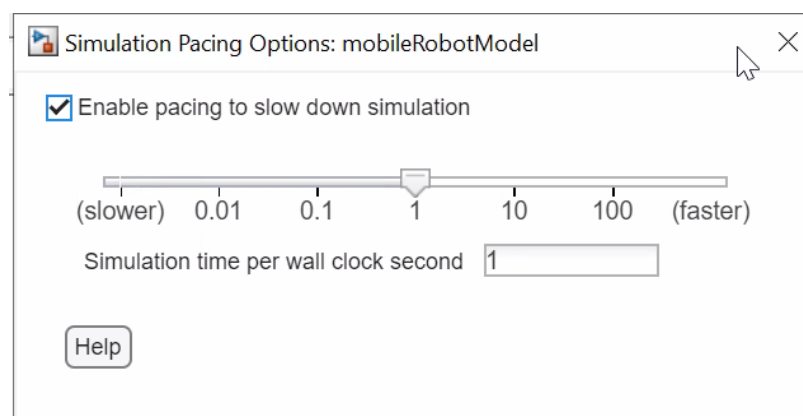


Рисунок 2.6 – Налаштування масштабу часу

2.2 World Frame

Після створення світового фрейму можна використовувати його як основу для розміщення та орієнтації об'єктів або роботів у вашій моделі. Він надає зручний спосіб відслідковувати та керувати положенням об'єктів у глобальній системі координат. Огляд блоку World Frame показано на рисунку 2.7.

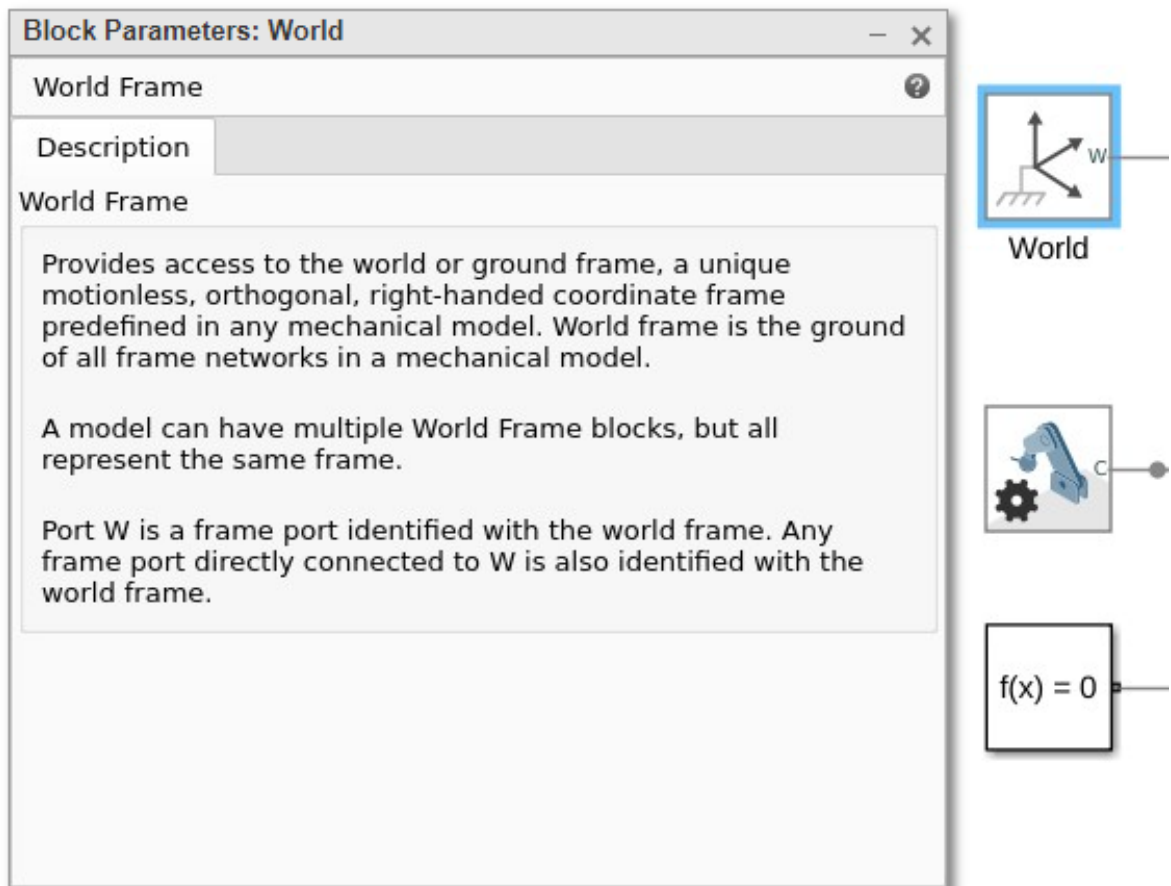


Рисунок 2.7 – Огляд блоку World Frame

Використання світового фрейму дозволяє моделювати та симулювати рух об'єктів або роботів у відповідності з глобальними координатами, що спрощує розробку та аналіз систем, які взаємодіють зі світом навколо них.

2.3 Mechanism Configuration

Для налаштування механізму в MATLAB/Simulink можна використовувати інструментарій SimMechanics, який надає засоби для моделювання механічних систем. Огляд блоку Mechanism Configuration показано на рисунку 2.8.

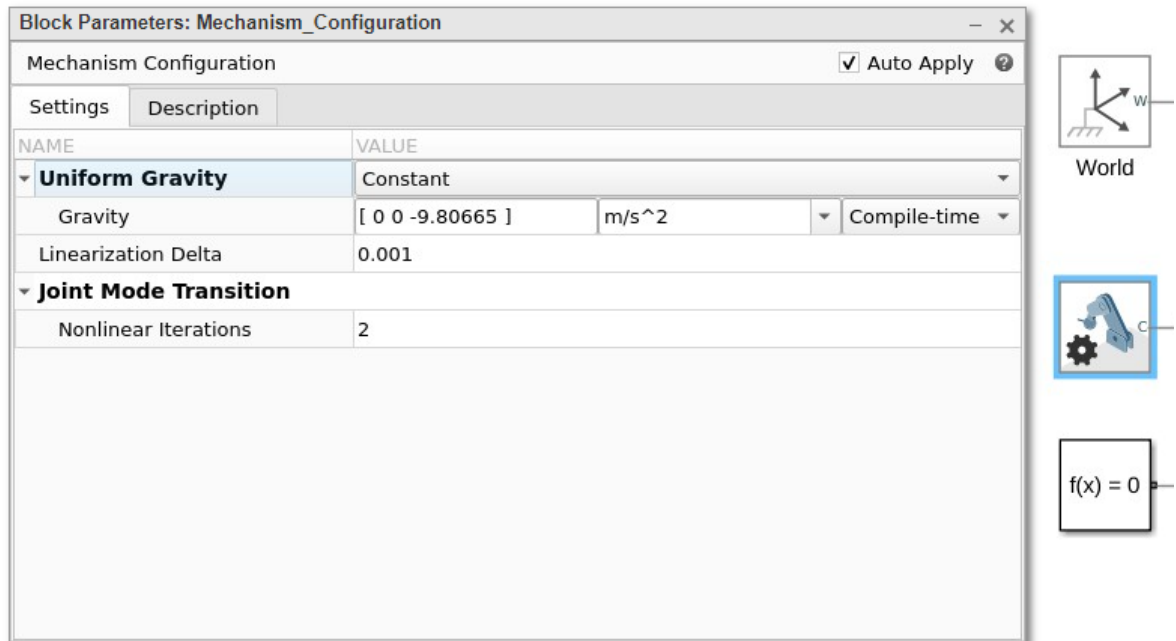


Рисунок 2.8 – Огляд блоку Mechanism Configuration

Основні кроки, які можна виконати для налаштування механізму в MATLAB/Simulink:

1. Створення моделі, здійснюється за допомогою відкриття нового файлу MATLAB/Simulink. Ця модель буде основною робочою областю для налаштування механізму.

2. Додавання компонентів. Використовуючи бібліотеку SimMechanics можна вибрати її компоненти або створити власні за допомогою різних блоків та елементів.

3. Визначення геометрії. Відповідні блоки та параметри для встановлення геометрії механізму дозволяють визначати геометричні параметри, такі як розмір, положення і форма.

4. Встановлення кінематичних зв'язків. Використовуючи блоки та конструкції SimMechanics для налаштування руху та взаємодії компонентів механізму можна визначити їх кінематичні зв'язки.

5. Встановлення фізичних властивостей. Задавши фізичні властивості компонентів, такі як маса, інерція, матеріали та інші параметри, можна використати відповідні блоки та властивості SimMechanics для налаштування фізичних характеристик механізму.

Після налаштування конфігурації механізму можна використовувати SimMechanics для аналізу кінематики, динаміки та взаємодії компонентів механізму, а також для симуляції руху механізму у MATLAB/Simulink.

2.4 Solver Configuration

Конфігурація солвера (розв'язувача) в MATLAB/Simulink відноситься до налаштування параметрів, які впливають на чисельний алгоритм, використовуваний для розв'язання диференціальних рівнянь та симуляції систем.

У MATLAB/Simulink є різні розв'язувачі, які можна використовувати для розв'язання диференціальних рівнянь у симуляційних моделях. Конфігурація солвера дозволяє вам вибрати і налаштувати розв'язувач відповідно до ваших потреб.

Для налаштування солвера в MATLAB/Simulink, потрібно виконати наступні кроки:

1. Відкрити модель в MATLAB/Simulink, для якої потрібно налаштувати солвер.

2. Вибрати блок солвера. Додати блок "Solver Configuration" (конфігурація солвера) до моделі. Цей блок дозволяє вибрати і налаштувати солвер.

3. Налаштувати параметри солвера. Для цього необхідно відкрити параметри солвера, які включають крок інтегрування, метод розв'язування, точність і інші параметри. Дані параметри солвера можна встановити відповідно до потреб і типу системи, що моделюється.

4. Запустити симуляцію. Запуск симуляції дає можливість перевірити, як солвер працює з обраними параметрами та проаналізувати результати симуляції та внести корективи до налаштувань солвера, якщо потрібно.

Огляд блоку Solver Configuration показано на рисунку 2.9.

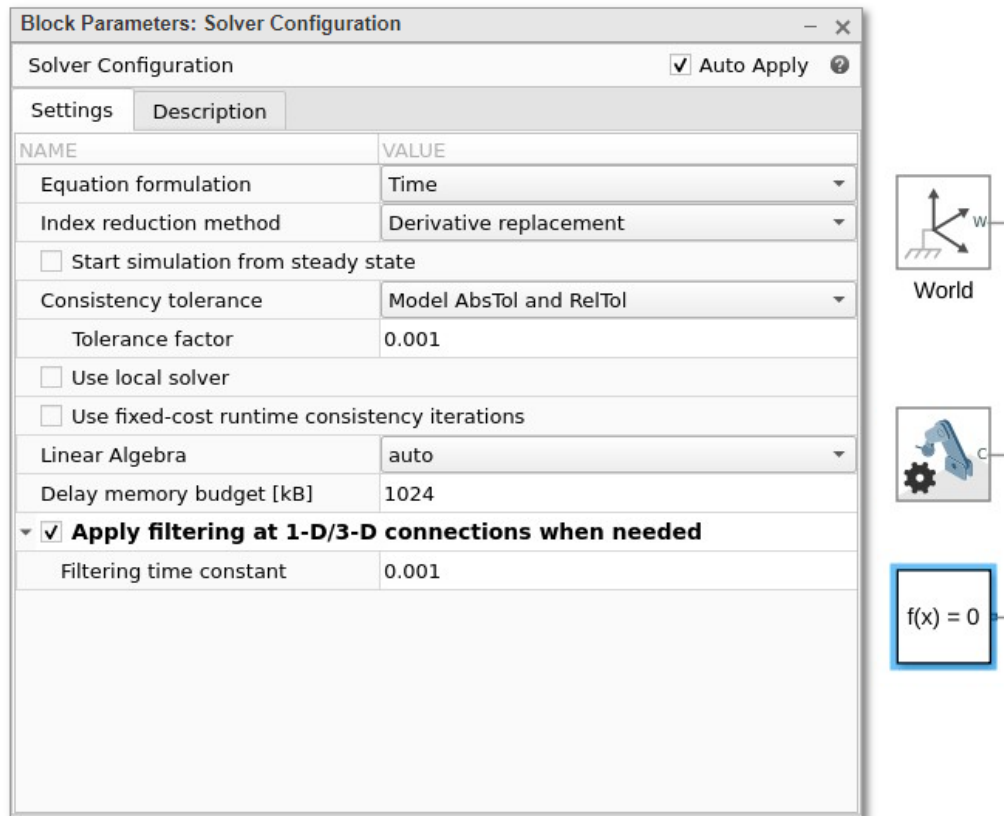


Рисунок 2.9 – Огляд блоку Solver Configuration

З належною конфігурацією солвера в MATLAB/Simulink, можна забезпечити правильну та ефективну симуляцію вашої моделі, залежно від потреб та характеристик системи.

2.5 Planar Joint

В MATLAB/Simulink, блок "Planar Joint" (плоский зчеплення) є одним з елементів, який використовується для моделювання зчеплення між двома об'єктами або тілами в плоскій (двовимірній) просторовій конфігурації. Цей блок дозволяє задати кінематичні обмеження між об'єктами у плоскому просторі, такі як

обмеження руху вздовж двох осей та обмеження обертання. Огляд блоку Planar Joint показано на рисунку 2.10.

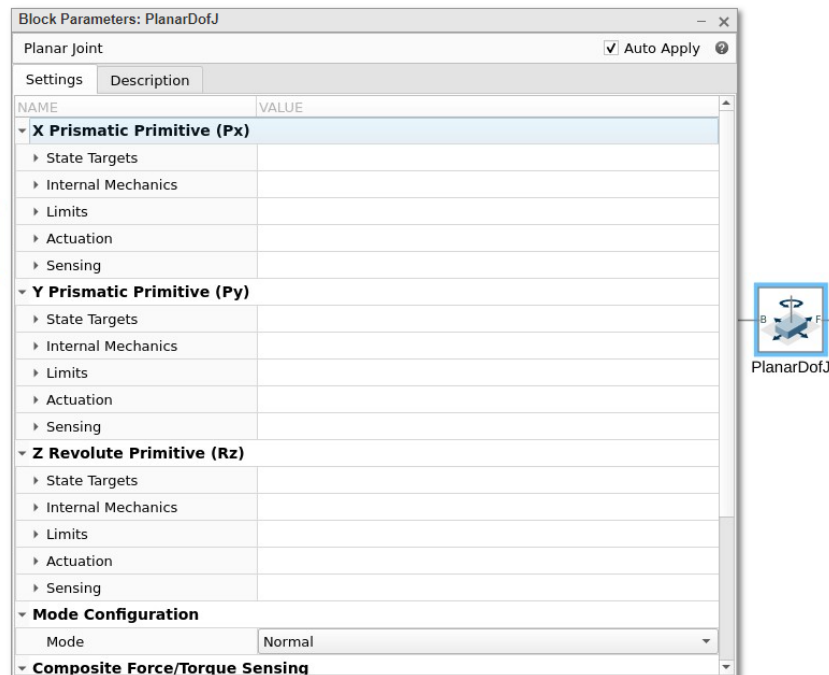


Рисунок 2.10 – Огляд блоку Planar Joint

Основні параметри блоку "Planar Joint" включають:

1. Координати зчеплення. Вказавши координати центру зчеплення, можна встановити його положення.
2. Обмеження руху. Встановивши відповідні обмежувальні значення для переміщення можна обмежити рух зчеплення вздовж осей X і Y.
3. Обмеження обертання. Встановивши відповідні обмежувальні значення для кутового зміщення можна обмежити обертання зчеплення навколо осі Z.

При налаштуванні блоку "Planar Joint" можна створити зчеплення між двома об'єктами, обмежуючи їхній рух у плоскому просторі. Це особливо корисно при моделюванні роботів або механізмів, які працюють у плоскій конфігурації.

Блок "Planar Joint" дозволяє легко моделювати та аналізувати рух та взаємодію об'єктів у плоскому просторі, спрощуючи процес розробки та симуляції механічних систем.

2.6 Chassis

В MATLAB/Simulink, "chassis" (шасі) - це компонент, що використовується для моделювання основи або платформи транспортного засобу, такого як автомобіль, робот або інше механічне пристрій. Шасі представляє собою основну структуру, на якій розташовуються інші компоненти, такі як колеса, системи керування, двигуни тощо. Огляд блоку Chassis показано на рисунку 2.11.

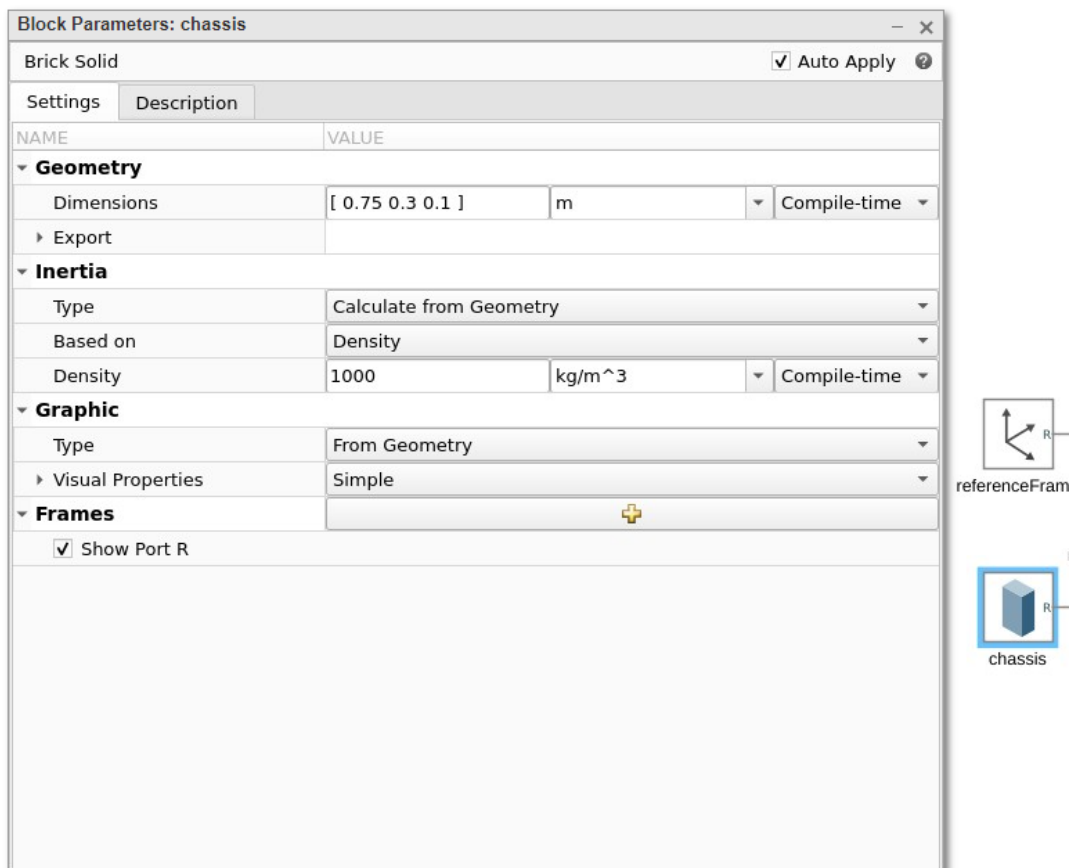


Рисунок 2.11 – Огляд блоку Chassis

Шасі може бути моделюване за допомогою різних підходів у MATLAB/Simulink, залежно від конкретних потреб моделювання. Основні елементи, які можуть бути включені в модель шасі, включають:

1. Геометрія: Визначення геометрії шасі, такі як розміри та форма. Це може включати задання довжини, ширини, висоти та інших геометричних параметрів, що відповідають реальному шасі.

2. Маса та центр мас: Встановлення маси шасі та його центру мас. Це дозволяє враховувати фізичні властивості шасі, які впливають на його рух та стійкість.

3. Кінематика: Встановлення кінематичних обмежень шасі, які визначають його рух та можливість поворотів.

Це може включати обмеження руху по різних осях, обмеження обертання та інші обмеження, що відповідають реальному шасі.

4. Системи керування: Включення систем керування, які моделюють реакцію шасі на вхідні команди або сигнали. Це може включати системи керування рухом, стабілізації, регулювання швидкості тощо.

Моделювання шасі у MATLAB/Simulink дозволяє аналізувати рух, стійкість та взаємодію шасі з іншими компонентами системи.

2.7 Rigid Transform

Блок "Rigid Transform" дає можливість виконувати різні перетворення координат, такі як зміщення, обертання та масштабування, між різними відліковими системами координат. Це особливо корисно, коли потрібно змінювати положення та орієнтацію об'єктів у моделі відносно різних відлікових систем координат, наприклад, відлікової системи координат об'єкта та світової системи координат. Огляд блоку Rigid Transform показано на рисунку 2.12.

Основні параметри блоку "Rigid Transform" включають:

1. Позиція. Необхідно вказати вектор позиції, який визначає зміщення об'єкту відносно початкової точки відлікової системи координат.

2. Орієнтація. Необхідно вказати кватерніон або матрицю повороту, що визначає орієнтацію об'єкту у просторі.

3. Масштаб. Необхідно встановити масштабний фактор, який змінює розміри об'єкту.

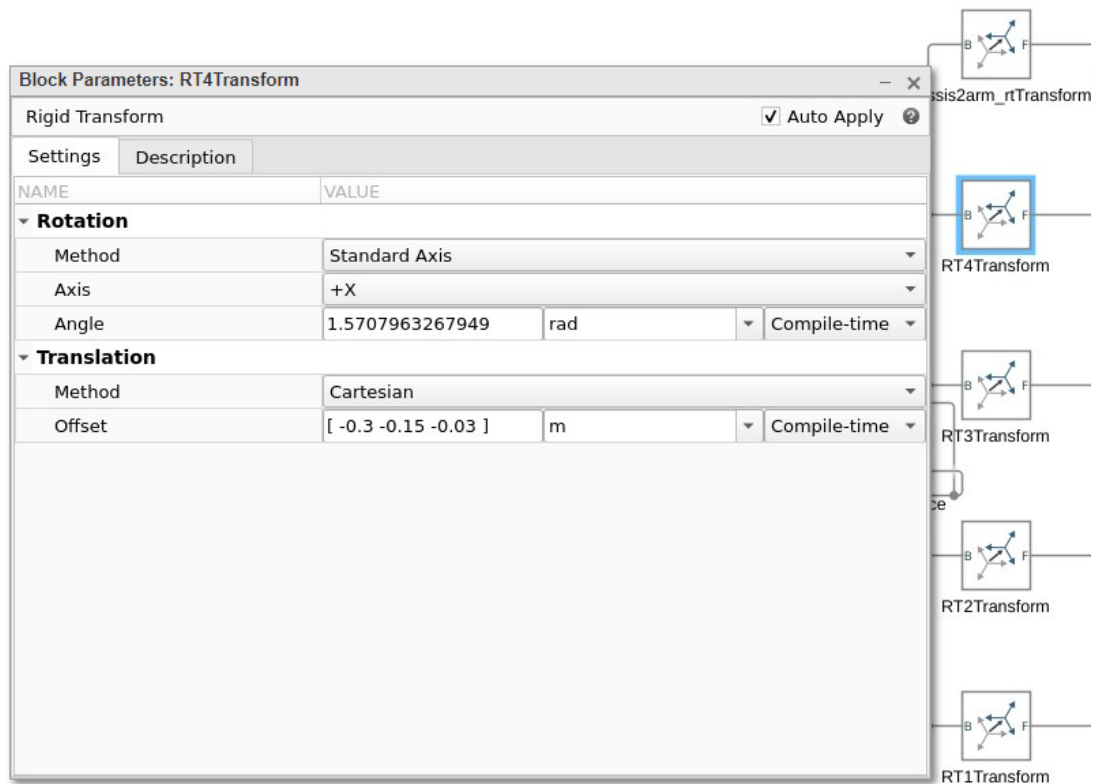


Рисунок 2.12 – Огляд блоку Rigid Transform

2.8 Physical Modeling Connection Port block for subsystems

Physical Modeling Connection Port (Порт з'єднання фізичного моделювання) - це спеціалізований блок в середовищі MATLAB/Simulink, який дозволяє з'єднувати підсистеми в фізичному моделюванні. Він забезпечує обмін сигналами, енергією або фізичними величинами між різними підсистемами, що дозволяє моделювати багатодоменні системи.

Він виступає в якості інтерфейсу для з'єднання підсистем і відіграє важливу роль у визначенні зв'язків між ними. Він надає вхідні та вихідні порти, які дозволяють обмін даними між підсистемами.

Огляд блоку Physical Modeling Connection Port block for subsystems показано на рисунку 2.13.

Використовуючи блок "Порт з'єднання фізичного моделювання", можна встановлювати зв'язки між підсистемами, які представляють різні фізичні домени, такі як механічні, електричні, теплові або гідравлічні системи. Цей блок підтримує

передачу сигналів або фізичних величин між цими доменами, що дозволяє створювати комплексні моделі та проводити їх симуляцію.

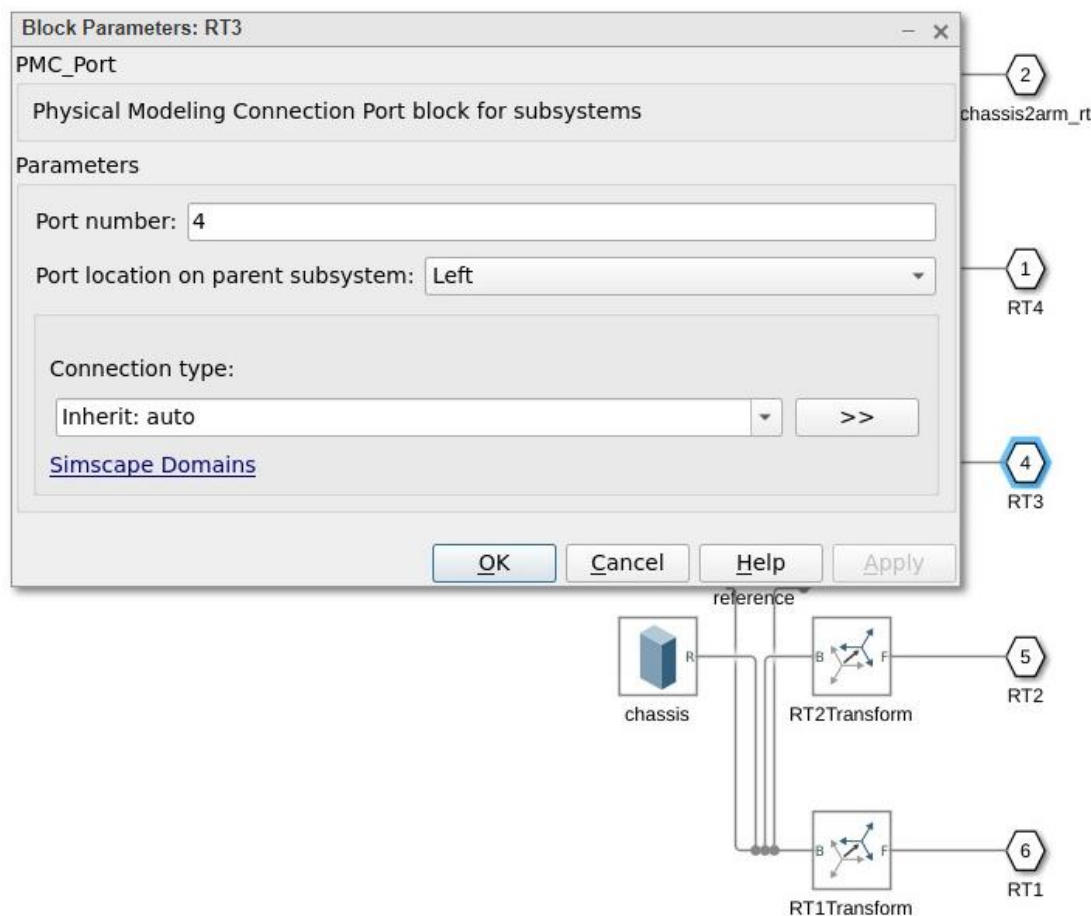


Рисунок 2.13 – Огляд блоку Physical Modeling Connection Port block for subsystems

З'єднуючи вхідні та вихідні порти блоків "Порт з'єднання фізичного моделювання" правильним чином, можна визначити взаємозв'язки між підсистемами і точно моделювати взаємодії та обмін інформацією між різними фізичними доменами.

У підсумку, блок "Порт з'єднання фізичного моделювання" в MATLAB/Simulink виконує важливу функцію з'єднання підсистем та забезпечує обмін сигналами або фізичними величинами між різними доменами, що дозволяє моделювати багатодоменні системи.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

2.9 Cylindrical Solid

У MATLAB/Simulink, блок "Cylindrical Solid" (циліндричне тіло) є одним з елементів, що використовуються в середовищі фізичного моделювання для створення моделей механічних систем. Цей блок дозволяє моделювати циліндричні об'єкти, такі як вали, циліндричні корпуси, штанги тощо.

Огляд блоку Cylindrical Solid показано на рисунку 2.14.

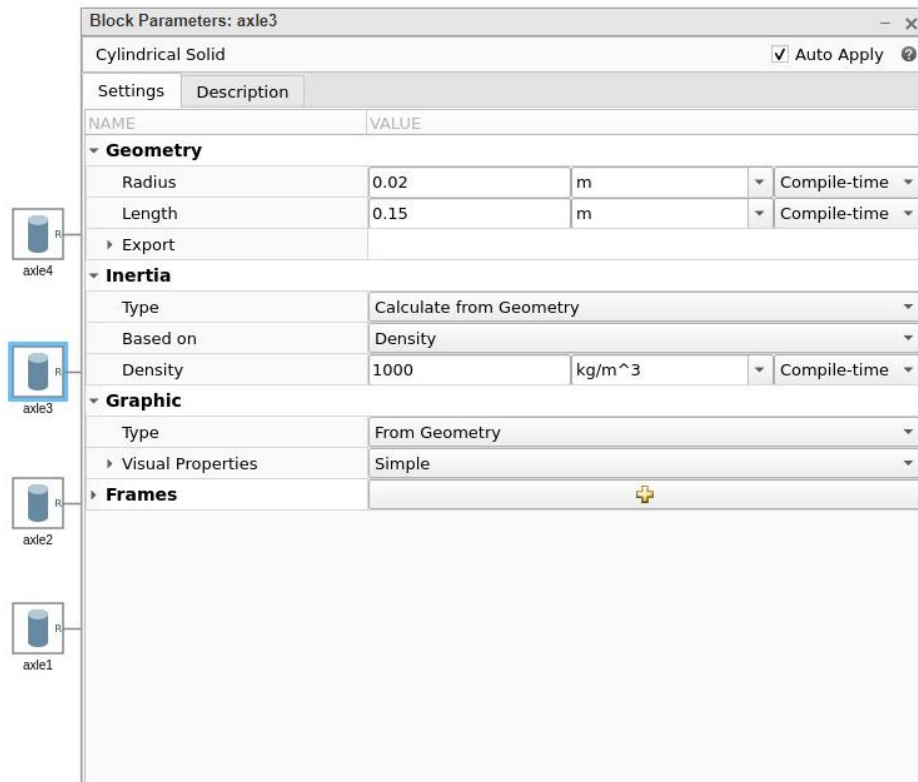


Рисунок 2.14 – Огляд блоку Cylindrical Solid

Основні характеристики та функціональні можливості блоку "Cylindrical Solid" включають:

1. Геометрія. Встановлення параметрів циліндра, такі як радіус, висота, положення центру, а також варіанти закріплення (наприклад, можливість фіксації кінців циліндра).

2. Механічні властивості. Блок "Cylindrical Solid" дозволяє задати механічні властивості циліндричного об'єкта, такі як модуль Юнга, поперечна площа

перерізу, момент інерції тощо. Це дозволяє враховувати механічні характеристики об'єкта при моделюванні його поведінки.

3. Фізичні взаємодії. За допомогою блока "Cylindrical Solid" можна моделювати фізичні взаємодії з іншими об'єктами, наприклад, додавання сил або моментів, прикладених до циліндра, а також врахування взаємодії з іншими об'єктами, такими як пружини, демпфери тощо.

Блок "Cylindrical Solid" є потужним інструментом для моделювання циліндричних об'єктів у фізичних системах. Використовуючи цей блок, можна створювати складні моделі механічних систем і аналізувати їх поведінку у різних умовах.

2.10 Revolute Joint

У MATLAB/Simulink, блок "Revolute Joint" (поворотний зчеплення) є одним з елементів, який використовується для моделювання механічних систем з обмеженими рухами. Цей блок дозволяє моделювати поворотне з'єднання між двома тілами, яке дозволяє їм обертатися одне відносно іншого навколо однієї осі. Огляд блоку Revolute Joint показано на рисунку 2.15.

Основні характеристики та функціональні можливості блоку "Revolute Joint" включають:

1. Поворотна вісь. Встановивши вісь поворотного з'єднання, яка визначає вісь обертання між тілами, можна моделювати обмеження на рух тіл і встановлювати взаємне положення об'єктів у просторі.

2. Обмеження руху. Блок "Revolute Joint" дозволяє задати обмеження на рух поворотного з'єднання, такі як мінімальний і максимальний кут повороту або обмеження на швидкість обертання. Це дозволяє моделювати обмеження і умови, які повинні виконуватися під час руху системи.

3. Механічні властивості. Встановивши механічні властивості поворотного з'єднання, такі як жорсткість або демпфірованість, дозволить враховувати взаємодію між тілами під час повороту.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		29

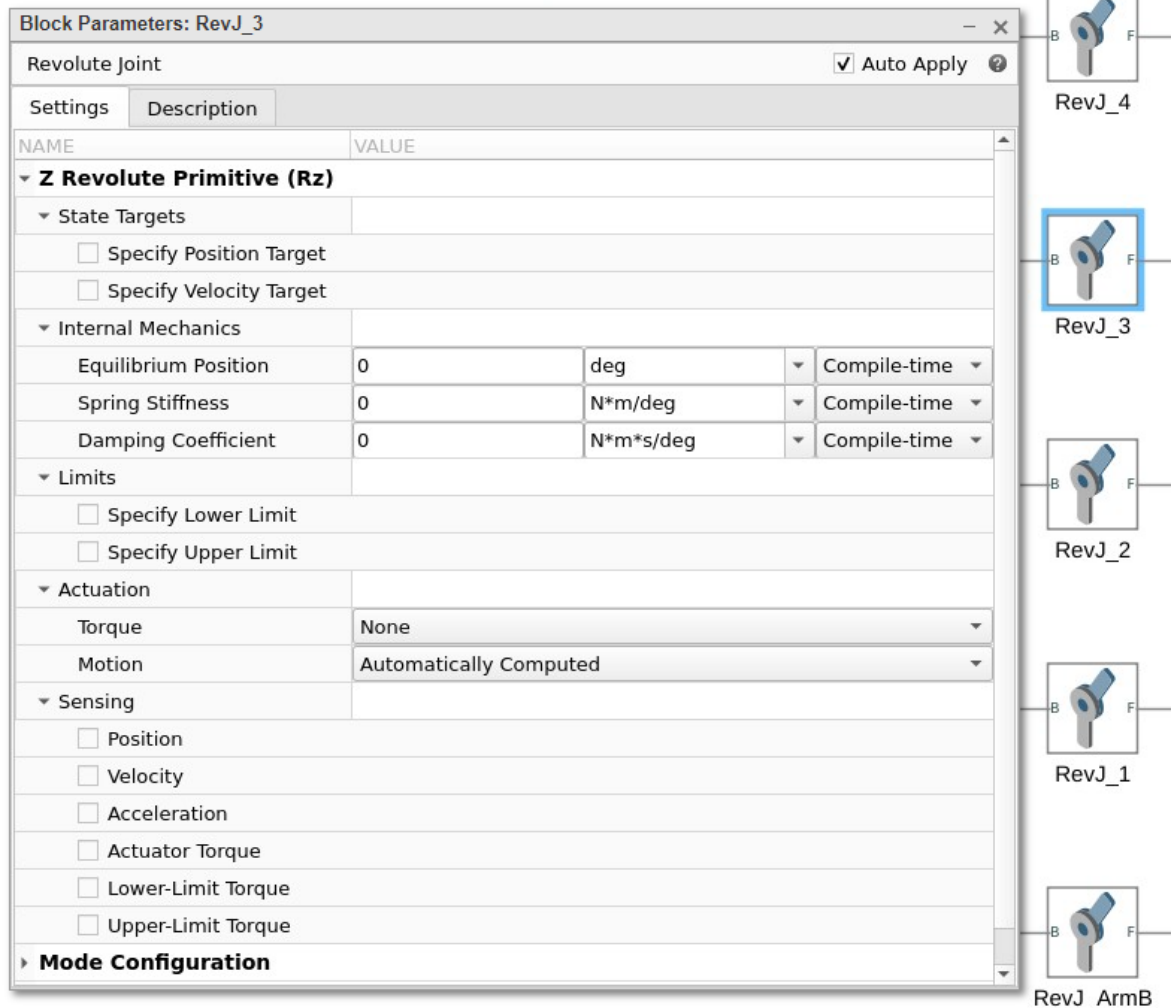


Рисунок 2.15 – Огляд блоку Revolute Joint

Блок "Revolute Joint" є потужним інструментом для моделювання поворотних з'єднань у механічних системах. Використовуючи цей блок, можна створювати складні моделі з рухом обмеженим поворотним з'єднанням та досліджувати їх поведінку у різних умовах.

2.11 Reference Frame

У MATLAB/Simulink, "reference frame" (відлікова система координат) використовується для визначення просторової орієнтації та позиції об'єктів у моделях. Вона встановлює систему координат, відносно якої вимірюються переміщення, обертання та інші фізичні параметри.

Огляд блоку Reference Frame показано на рисунку 2.16.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

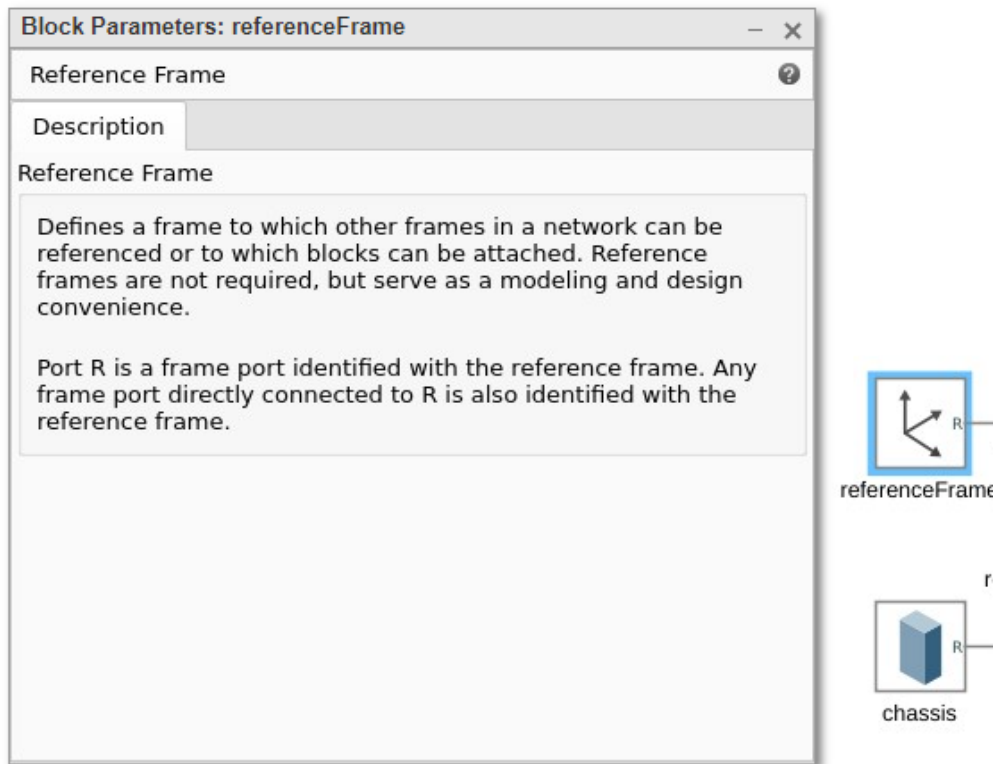


Рисунок 2.16 – Огляд блоку Reference Frame

У MATLAB/Simulink доступні різні види відлікових систем координат, такі як світова система координат (World Frame), локальні системи координат (Local Frames) та інші варіанти, які можуть бути використані залежно від потреб моделі.

2.12 Моделювання руки робота в MATLAB/Simulink

Моделювання руки робота в MATLAB/Simulink вимагає розгляду як механічних, так і електричних аспектів. Коротка інструкція з моделювання:

1. Механічна модель:

- створити механічну модель руки робота, використовуючи твердотільні тіла та зв'язки. Визначити геометрію руки, такі як довжини сегментів, кути суглобів тощо;

Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дата

- використати твердотільні блоки або спеціальні бібліотеки в MATLAB/Simulink, такі як Robotics System Toolbox, для моделювання механічної структури руки робота;

- встановити властивості матеріалів, маси та інерції для твердотільних тіл руки.

2. Електрична модель:

- включити електричні компоненти руки, такі як мотори, енкодери, сенсори тощо. Визначити електричні параметри цих компонентів, такі як опір, індуктивність, постійну часу;

- використати блоки електричних схем або спеціальні бібліотеки в MATLAB/Simulink, такі як SimPowerSystems, для моделювання електричної системи руки робота;

- з'єднати електричні компоненти з механічною моделлю руки за допомогою відповідних інтерфейсів.

3. Керування та алгоритми:

- розробити алгоритми керування для руки робота. Це можуть бути алгоритми оберненої кінематики для досягнення певних позицій або алгоритми керування силовими сенсорами для взаємодії з оточуючим середовищем;

- використати блоки PID-регулятора або інші блоки керування в MATLAB/Simulink для реалізації алгоритмів керування;

- підключити алгоритми керування до моделі руки та встановити зв'язки між вхідними сигналами (наприклад, бажаною позицією) та вихідними сигналами (наприклад, кутами суглобів).

4. Симуляція та аналіз:

- запустити симуляцію моделі руки робота в MATLAB/Simulink, використовуючи вхідні сигнали для керування та отримати вихідні дані, такі як позиції, швидкості, сили тощо;

- проаналізувати результати симуляції та виправити алгоритми керування або параметри моделі для досягнення бажаних результатів;

- зробити візуалізацію руху руки робота за допомогою графіків, анімацій або інших візуальних засобів в MATLAB/Simulink.

					КвРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		32

Ці кроки дають загальну уяву про моделювання руки робота в MATLAB/Simulink. За необхідності можуть бути застосовані додаткові підходи та методи в залежності від конкретних вимог та характеристик руки робота. В даній роботі була створена така 3D модель руки робота, а також її блок-схеми (рисунки 2.17, 2.18, 2.19, 2.20).

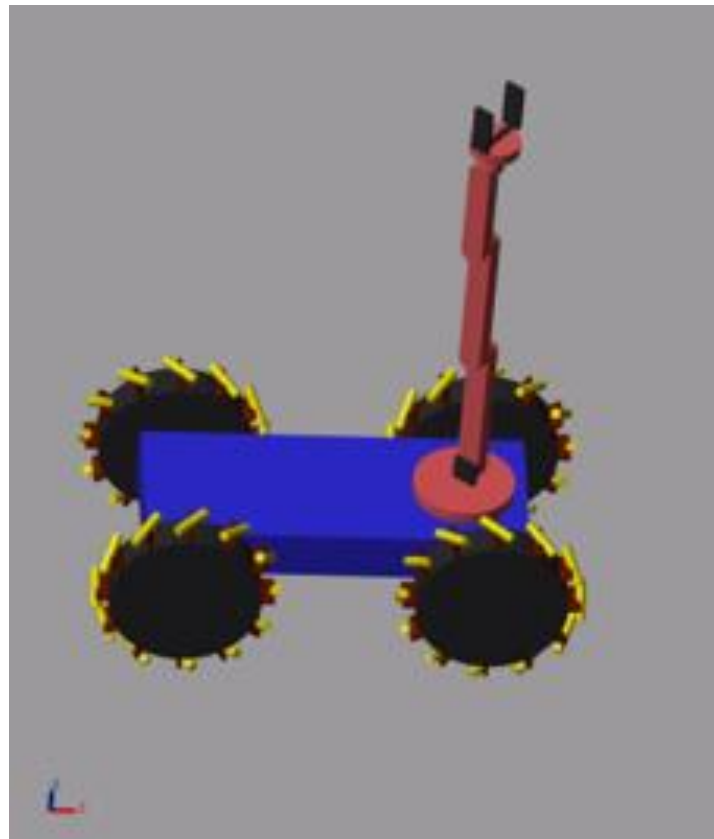


Рисунок 2.17 – 3D модель руки робота

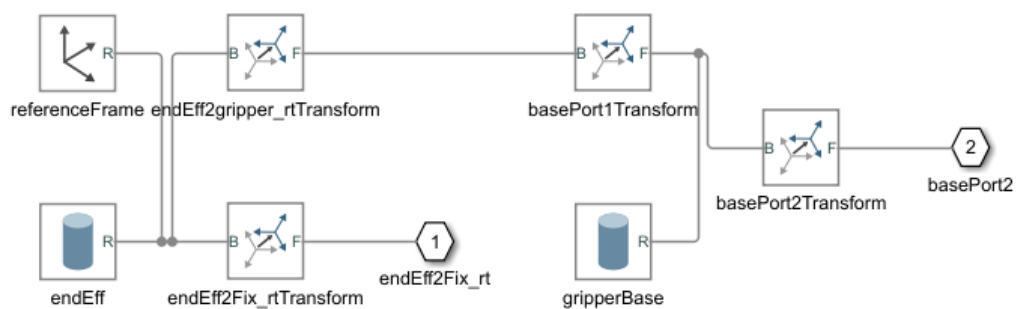


Рисунок 2.18 – Підсистема осей клешні робота

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

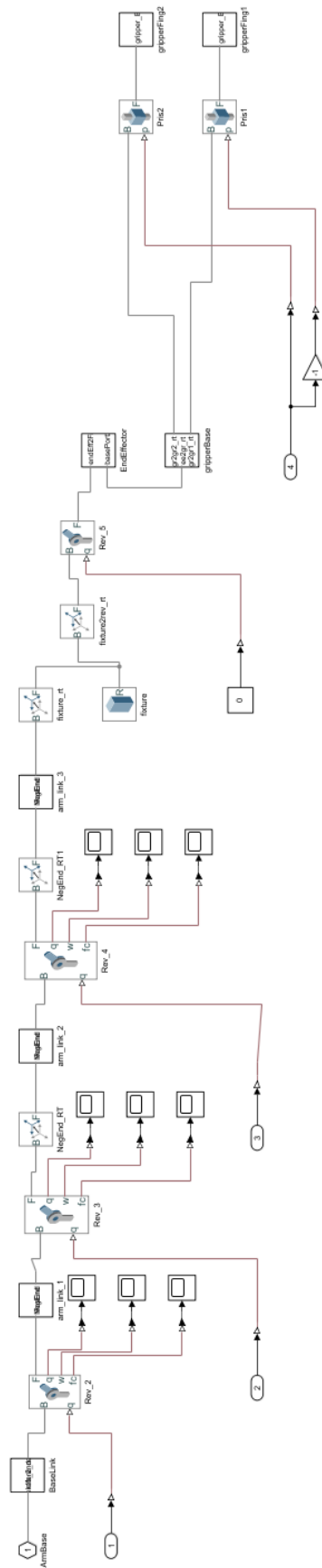


Рисунок 2.19 – Підсистема руки робота

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

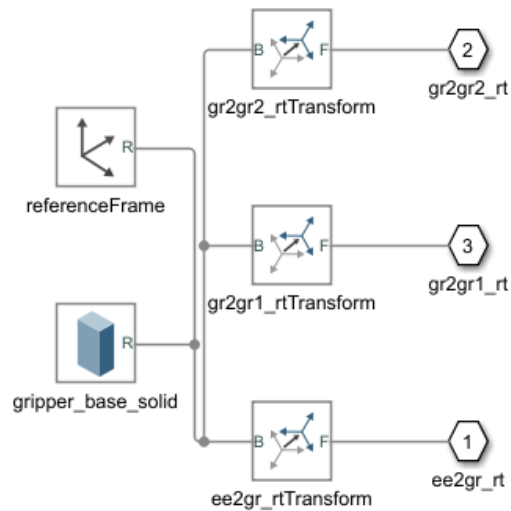


Рисунок 2.20 – Підсистема механізму захоплення

2.13 Моделювання коліс в MATLAB/Simulink

В MATLAB нам доступні різноманітні інструменти для моделювання та симуляції роботи колеса. Щоб працювати з колесами робота, знадобиться встановити пакет Robotics System Toolbox, який надає функції та інструменти для моделювання роботів.

Одним з основних понять у моделюванні коліс робота є кінематика колеса, яка описує зв'язок між кутовою швидкістю колеса і його лінійною швидкістю. MATLAB має функції для обчислення цих залежностей. Наприклад, можна використовувати функцію "vel2wheel" для обчислення кутових швидкостей коліс на основі лінійної швидкості руху робота або функцію "wheel2vel" для обчислення лінійної швидкості руху на основі кутових швидкостей коліс.

Окрім того, можна моделювати динаміку коліс робота, використовуючи фізичні закони, такі як закони Ньютона. З цією метою можна використовувати функції для моделювання фізичних тіл і сили, що діють на них, доступні в MATLAB, або створити моделі згідно з технічними потребами.

Для симуляції руху робота з колесами, можна використовувати функції для створення моделей руху, задавати параметри коліс та виконувати симуляції для

отримання результатів. MATLAB надає графічні інструменти для візуалізації симуляцій та аналізу отриманих даних.

В даній роботі була створена 3D модель основи робота на колесах, а також її блок-схеми (рисунки 2.21, 2.22).

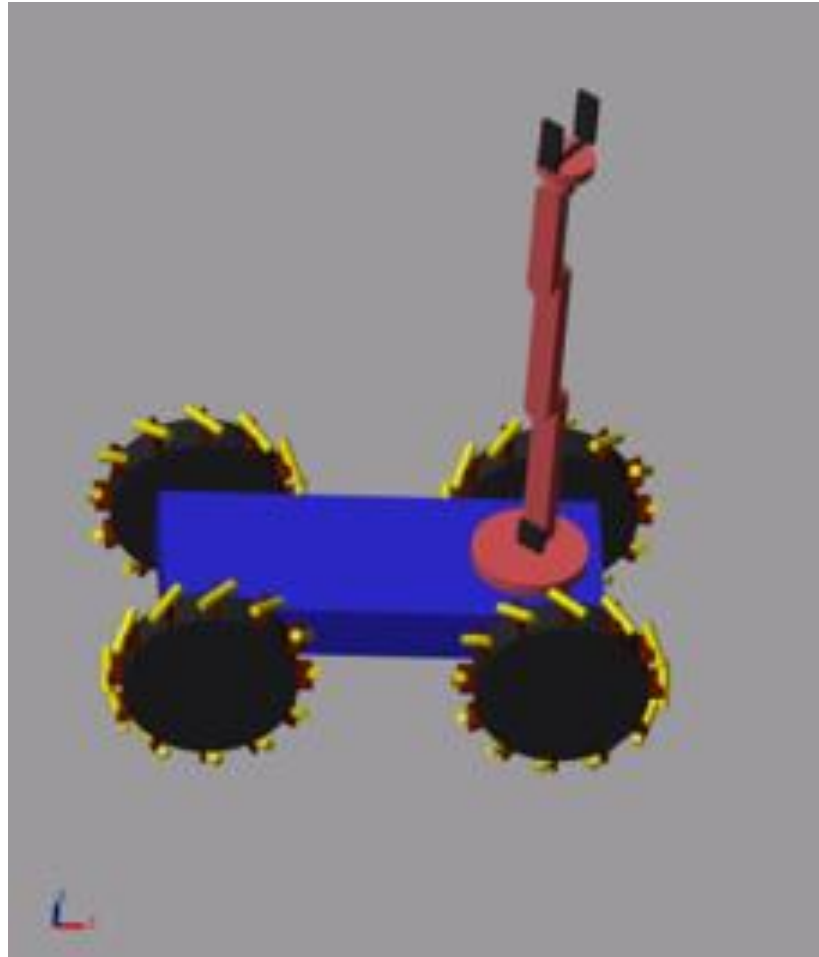


Рисунок 2.21 – 3D модель основи робота на колесах

2.14 Огляд найбільш загальноживаних блоків

Блок "Constant" в середовищі MATLAB/Simulink використовується для генерації постійного сигналу з заданою константною значенням. Цей блок дозволяє створювати сигнали, які не змінюються протягом симуляції.

Має один вихід, який видає постійне значення. Можна встановити це значення, вибравши тип даних (наприклад, дійсне число, ціле число, логічне значення) та введенням відповідного числа або виразу.

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

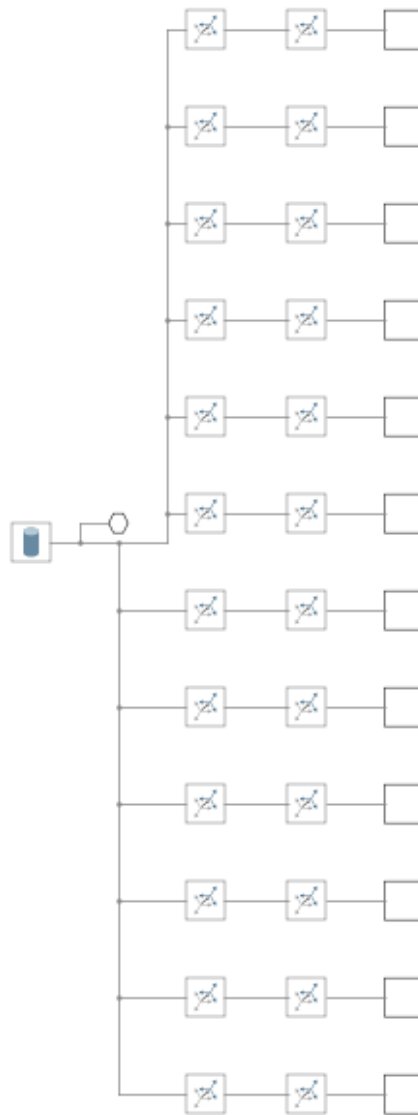


Рисунок 2.22 – Підсистема колеса робота

Для використання блоку "Constant" у MATLAB/Simulink потрібно вставити його в модель, підключити вихід до вхідного порту іншого блоку або підсистеми, яка отримує значення константи.

Цей блок дозволяє задавати постійні значення для вхідних сигналів у моделі та використовувати їх у симуляціях, аналізі даних та інших операціях в MATLAB/Simulink. Огляд блоку Constant показано на рисунку 2.23.

Блок "Data Type Conversion" в середовищі MATLAB/Simulink використовується для перетворення типів даних між сигналами у моделі. Цей блок дозволяє змінювати тип даних сигналів, що проходять через нього, для відповідності потрібним обмеженням або вимогам моделі.

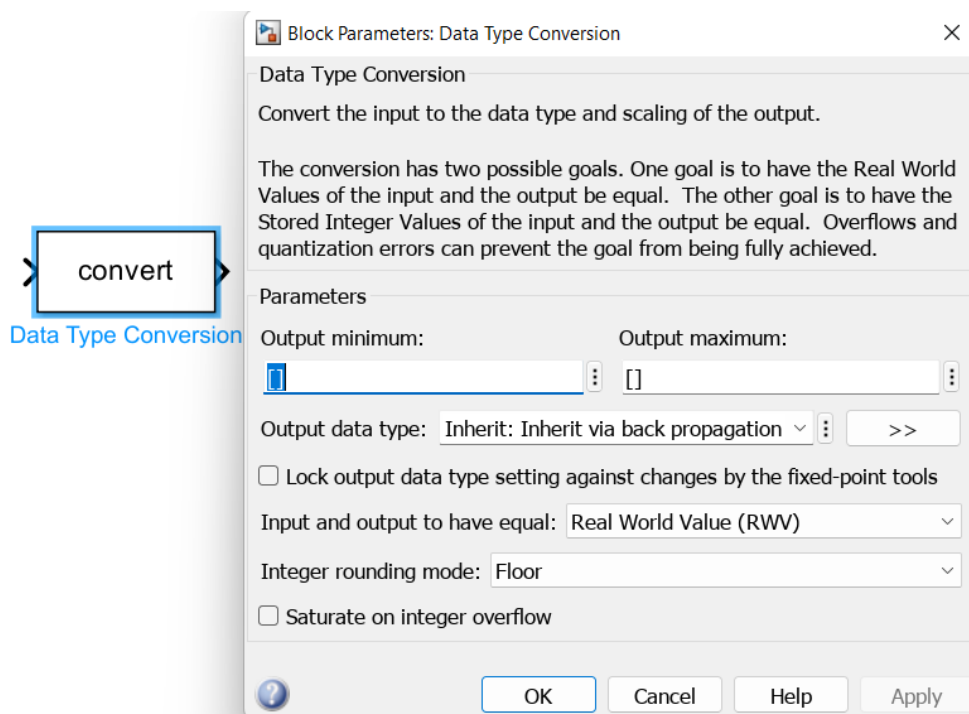


Рисунок 2.24 – Блок Data Type Conversion

Після застосування затримки, блок "Delay" виводить сигнал з відповідною затримкою на вихід. Можна підключити цей вихід до інших блоків або використовувати його для подальшого аналізу сигналу. Огляд блоку Delay показано на рисунку 2.25.

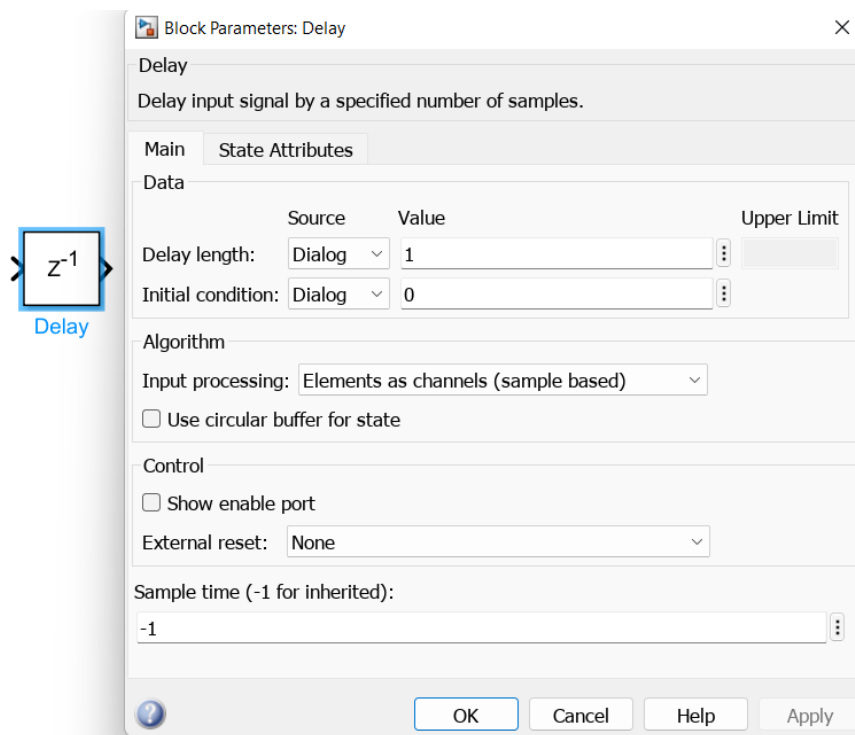


Рисунок 2.25 - Блок Delay

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

Блок "Delay" корисний, коли потрібно моделювати ефект запізнювання в системах з реальним часом, таких як керування, обробка сигналів, фільтрація тощо. Зручно використовувати цей блок для створення затримки в сигналах, щоб врахувати реальні умови та ефекти запізнювання у вашій моделі.

Блок "Gain" в середовищі MATLAB/Simulink використовується для масштабування сигналу на певне коефіцієнт. Дозволяє змінювати амплітуду сигналу за допомогою множника.

Маючи один вхід та один вихід, можна підключити вхідний сигнал до входу блоку і встановити властивість "Gain", коефіцієнт масштабування. Властивість "Gain" визначає, наскільки змінюється амплітуда вихідного сигналу порівняно з вхідним сигналом, можна задати це значення як фіксоване число або як змінну для динамічного керування масштабуванням. Огляд блоку Gain показано на рисунку 2.26.

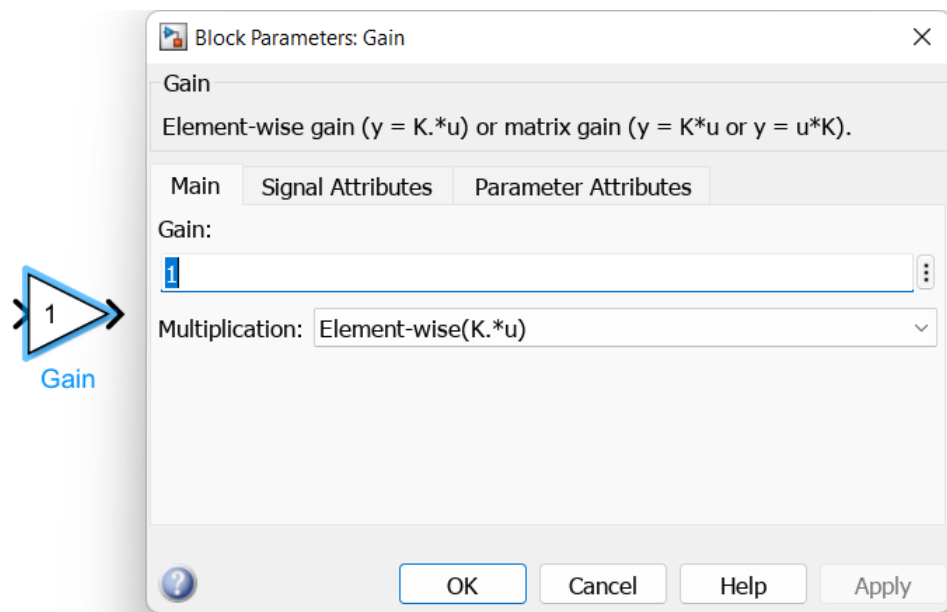


Рисунок 2.26 – Блок Gain

Після застосування коефіцієнта масштабування, блок "Gain" виводить сигнал зі зміненою амплітудою на вихід, який дозволить підключити цей вихід до інших блоків або використовувати його для подальшого аналізу сигналу.

Блок "Gain" корисний, коли потрібно змінити масштаб або амплітуду сигналу в моделі, наприклад, для підсилення або приглушення сигналів, управління

амплітудою або зміни величини впливу на систему, можна використовувати для введення множників масштабування та зміни амплітуди сигналу у моделі.

Блок "Switch" в середовищі MATLAB/Simulink використовується для переключення між двома або більше входами на основі умовного виразу. Дозволяє встановлювати умови та вибирати вхідний сигнал для виводу на основі цих умов.

Блок "Switch" має один або більше вхід, умовний вираз та один вихід. Можна підключити вхідні сигнали до відповідних входів блоку і вказати умову для кожного входу. Умова може бути булевим виразом, використовуючи оператори порівняння, логічні оператори тощо.

При виконанні симуляції, блок "Switch" перевіряє умови для кожного входу і вибирає вхідний сигнал, який відповідає першій виконаній умові. Вибраний вхідний сигнал потім передається на вихід блоку "Switch". Якщо жодна з умов не виконується, вихідний сигнал може бути встановлений на певне значення за замовчуванням. Огляд блоку Switch показано на рисунку 2.27.

Блок "Switch" дозволяє здійснювати управління потоком сигналів на основі умовних виразів. Можна використовувати цей блок для реалізації варіативної поведінки, виключного вибору, переключення між різними сигналами або розгалужень в моделі.

У середовищі MATLAB/Simulink, можна використовувати різні логічні оператори для порівняння значень та визначення умов у моделі. Основні логічні оператори, які можна використовувати, включають:

1. Логічний оператор "AND" (позначається як $\&\&$): Повертає true, якщо обидва операнди є true. Наприклад, умова $A \&\& B$ буде true, якщо і A , і B є true.

2. Логічний оператор "OR" (позначається як $\|\|$): Повертає true, якщо принаймні один з операндів є true. Наприклад, умова $A \|\| B$ буде true, якщо або A , або B є true.

3. Логічний оператор "NOT" (позначається як \sim): Інвертує значення операнду. Наприклад, умова $\sim A$ буде true, якщо A є false, і навпаки.

4. Логічний оператор "XOR" (позначається як xor): Повертає true, якщо один і тільки один з операндів є true. Наприклад, умова $\text{xor}(A, B)$ буде true, якщо A або B є true, але не обидва одночасно.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

Ці логічні оператори можна використовувати в різних контекстах, наприклад, для задання умов переключення між входами блоку "Switch", для встановлення умовних галузей в моделі, для управління виконанням певних блоків у системі тощо.

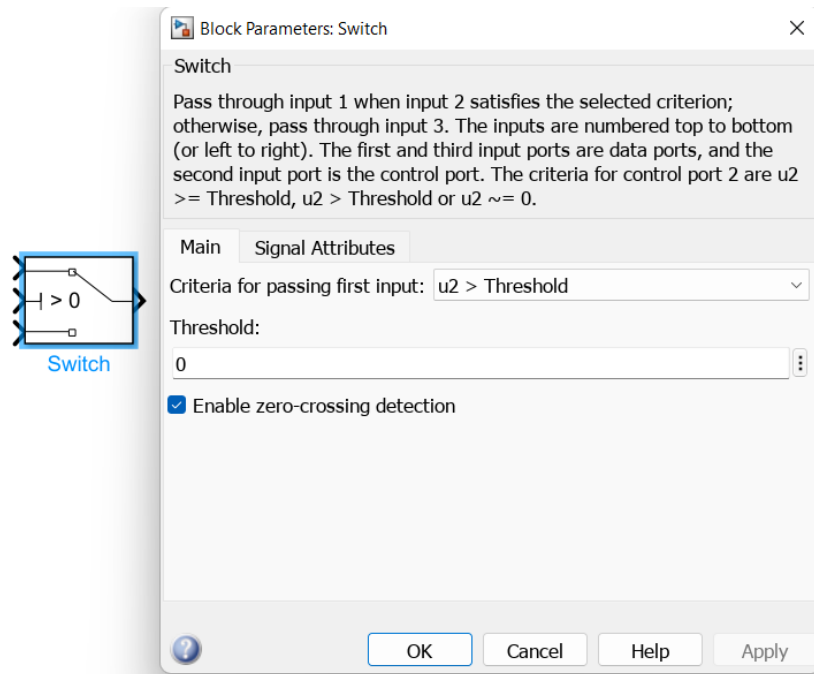


Рисунок 2.27 – Блок Switch

Використання цих операторів може допомогти здійснити логічне порівняння та прийняти рішення в моделі на основі умов та значень сигналів.

Огляд блоку Logical Operator показано на рисунку 2.28.

Блок "Bus Creator" в середовищі MATLAB/Simulink використовується для створення шини (bus) зі входних сигналів. Він дозволяє об'єднувати сигнали різних типів і розмірів в одну шину для подальшого передачі або обробки.

Блок "Bus Creator" має декілька входів, до яких можна підключити сигнали з інших блоків. Кожен вхід може мати власне ім'я сигналу, тип даних та розмір. Можна налаштувати ці параметри для кожного входу у вікні параметрів блоку.

При симуляції, блок "Bus Creator" об'єднує входні сигнали в одну шину (bus) на основі визначених імен, типів даних та розмірів. Вихідним сигналом блоку є ця створена шина, яка може бути передана іншим блокам для подальшої обробки або відображення.

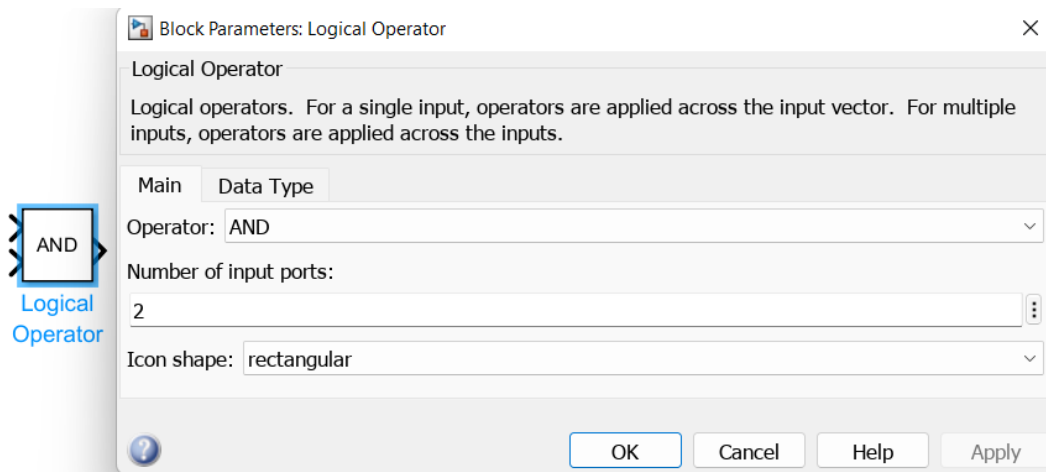


Рисунок 2.28 – Блок Logical Operator

Блок "Bus Creator" дозволяє зручно організувати і керувати групами сигналів в системі, особливо коли вона має складну структуру з багатьма взаємопов'язаними сигналами різних типів. Можна використовувати цей блок для створення шини, яка представляє групу пов'язаних сигналів і спрощує моделювання та аналіз системи. Огляд блоку Bus Creator показано на рисунку 2.29.

У середовищі MATLAB/Simulink, "Callback Button" є блоком, який надає можливість виконати певний код або функцію при натисканні на кнопку в інтерфейсі моделі. Він дозволяє створити кнопку, яку користувач може натиснути для запуску певної дії або функціональності.

Після додавання блоку "Callback Button" до моделі MATLAB/Simulink, можна налаштувати його властивості, включаючи текст кнопки, вираз або функцію, яку слід виконати при натисканні кнопки, та інші параметри. Наприклад, можна вказати функцію MATLAB, яку слід виконати, або задати вираз або команду, яку слід виконати в MATLAB Command Window. Огляд блоку Callback Button показано на рисунку 2.30.

Коли користувач натискає на кнопку, виконується код або функція, пов'язана з блоком "Callback Button". Це може включати виконання певних обчислень, запуск інших частин моделі, зміну параметрів або відображення результатів.

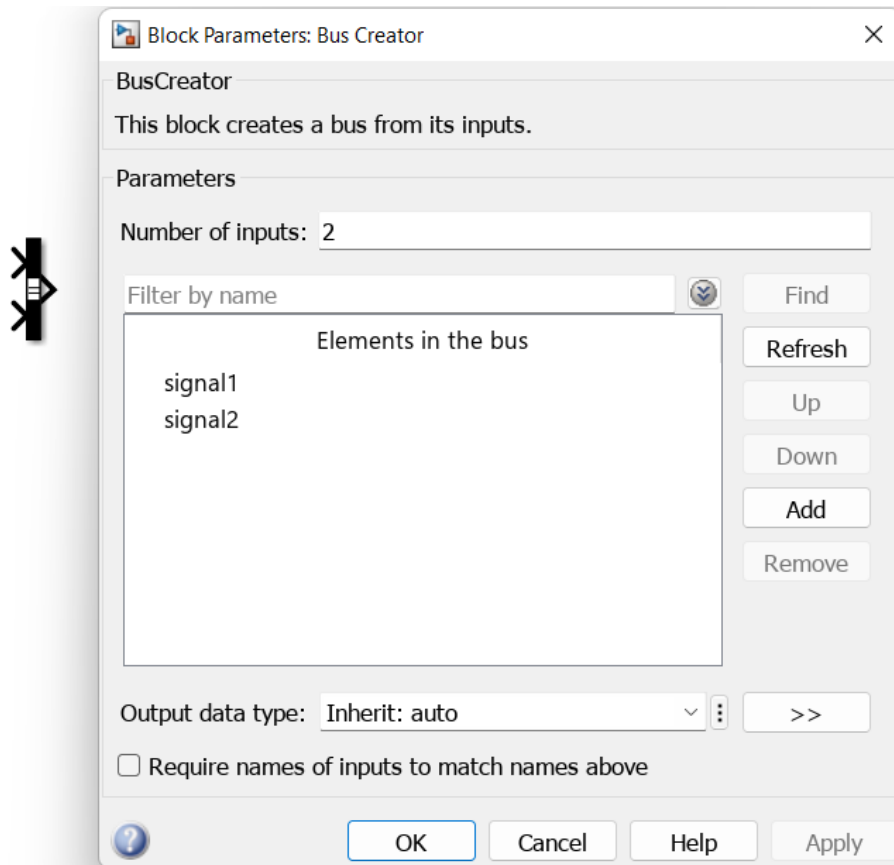


Рисунок 2.29 – Блок Bus Creator

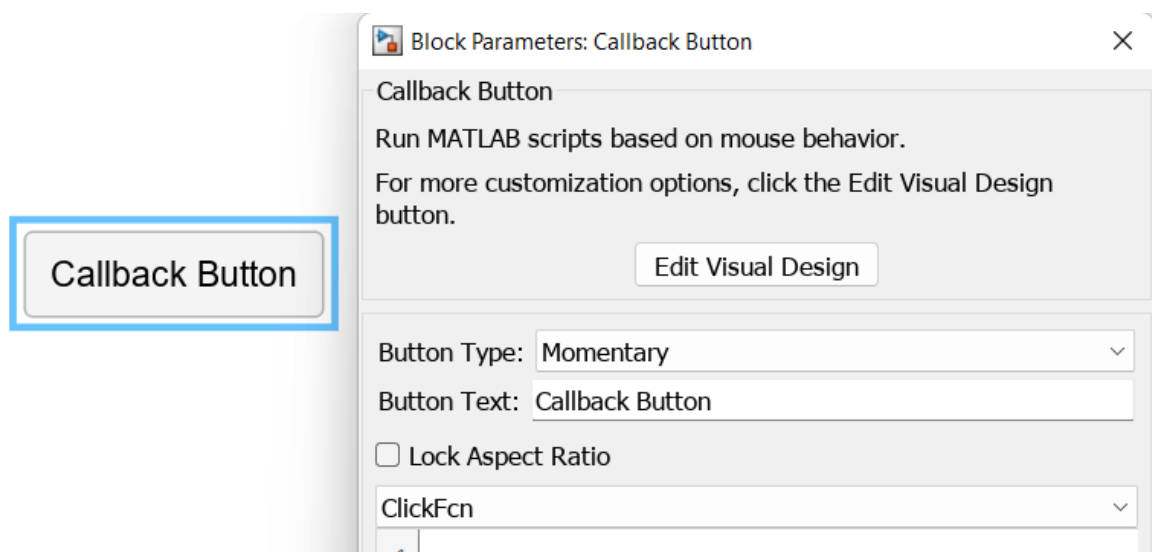


Рисунок 2.30 – Блок Callback Button

Блок "Callback Button" є корисним для взаємодії з користувачем та керування функціональністю моделі відповідно до дій користувача. Можна використовувати його, наприклад, для ініціалізації симуляції, запуску алгоритмів або виклику спеціальних функцій для обробки даних моделі.

У середовищі MATLAB/Simulink, блок "Combo Box" є графічним елементом інтерфейсу, який дозволяє користувачеві обрати один з варіантів з випадючого списку. Він надає можливість вибору одного значення зі списку для подальшого використання в моделі. Огляд блоку Combo Box показано на рисунку 2.31.

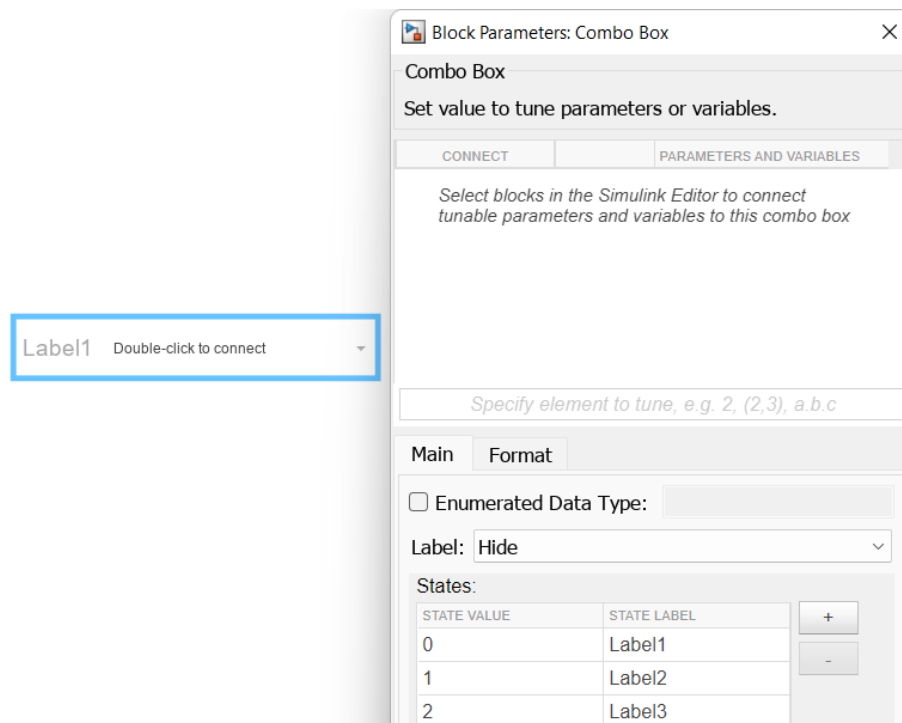


Рисунок 2.31 – Блок Combo Box

Після додавання блоку "Combo Box" до моделі MATLAB/Simulink, можна налаштувати його властивості, включаючи список варіантів, початкове значення, вираз або змінну, яка пов'язана з вибраним значенням. Варіанти можуть бути визначені вручну або отримані з вхідного сигналу або виразу.

Коли користувач обирає значення зі списку, змінюється вихідний сигнал або змінна, пов'язана з блоком "Combo Box". Це може викликати зміни у поведінці моделі або викликати певні дії або обчислення залежно від вибраного значення.

Блок "Combo Box" корисний для надання користувачеві можливості вибору зі списку варіантів. Можна використовувати його для управління параметрами моделі, вибору алгоритмів або налаштувань, зміни вхідних даних або виклику певних функцій на основі вибраного значення.

У середовищі MATLAB/Simulink, блок "Dashboard Scope" є блоком для візуалізації сигналів в режимі реального часу. Він надає можливість створювати інтерактивні панелі приладів для відображення даних сигналів в реальному часі.

Блок "Dashboard Scope" дозволяє відображати різні типи сигналів, такі як числові значення, вектори, сигнали залежності від часу і так далі. Він має різні конфігураційні параметри, які дозволяють налаштувати вигляд та поведінку панелі приладів, включаючи розміщення, колір, шкалу вісей, область відображення та інше. Огляд блоку Dashboard Scope показано на рисунку 2.32.

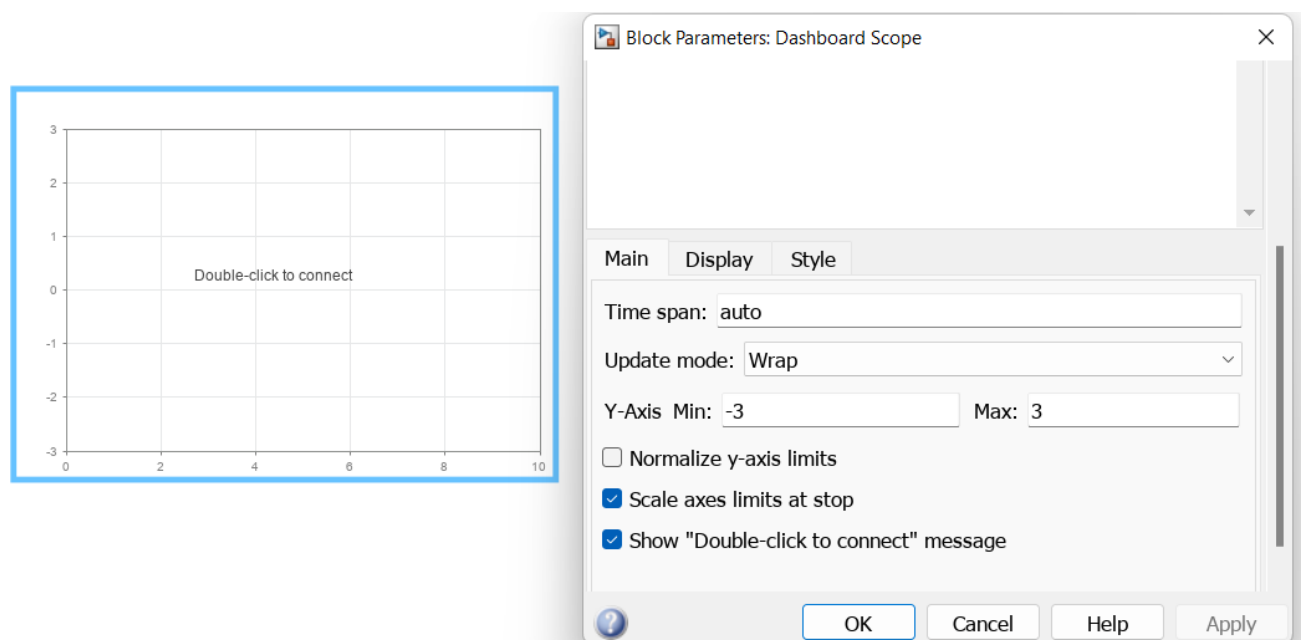


Рисунок 2.32 – Блок Dashboard Scope

Після додавання блоку "Dashboard Scope" до моделі MATLAB/Simulink, можна підключити сигнали до входів блоку для їх відображення. Візуалізація сигналів відбувається в реальному часі під час симуляції або роботи моделі.

Блок "Dashboard Scope" є корисним для моніторингу та аналізу сигналів у моделі в реальному часі. Його можна використовувати для відображення динаміки сигналів, спостереження за змінами величин або взаємозв'язків між різними сигналами. Він допомагає візуалізувати та аналізувати дані, що забезпечує більш зрозуміле розуміння та налагодження моделі.

У середовищі MATLAB/Simulink, блок "Slider" є графічним елементом інтерфейсу, який дозволяє користувачеві вибирати значення з діапазону за допомогою повзунка. Він надає можливість встановлювати значення змінної або параметра моделі шляхом переміщення повзунка.

Після додавання блоку "Slider" до моделі MATLAB/Simulink, можна налаштувати його властивості, такі як мінімальне та максимальне значення, крок зміни, початкове значення та інші параметри. Також можна пов'язати значення, яке вибирається за допомогою повзунка, з іншими блоками або змінними в моделі.

Після переміщення повзунка, змінюється вихідний сигнал або змінна, пов'язана з блоком "Slider". Значення, вибране за допомогою повзунка, може використовуватися для керування параметрами моделі, введення початкових умов, встановлення обмежень або для будь-якої іншої функціональності, яка вимагає вибору числового значення.

Блок "Slider" корисний для взаємодії з користувачем та керування параметрами моделі за допомогою графічного елемента. Його можна використовувати для налаштування параметрів, введення початкових умов, вибору вхідних даних або взаємодії з іншими блоками на основі значень, вибраних користувачем. Огляд блоку Slider показано на рисунку 2.33.

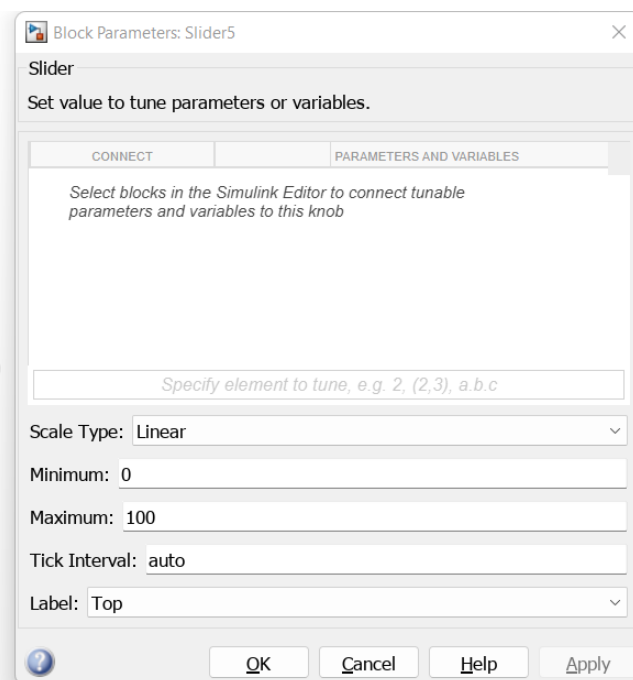


Рисунок 2.33 – Блок Slider

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

У середовищі MATLAB/Simulink, "MinMax" є блоком для обмеження вхідних значень до заданого діапазону. Він надає можливість обмежити мінімальне та максимальне значення вхідного сигналу або змінної.

Після додавання блоку "MinMax" до моделі MATLAB/Simulink, можна налаштувати його властивості, включаючи мінімальне та максимальне значення, які потрібно застосувати до вхідних сигналів або змінних. Це дозволяє встановити верхні та нижні межі для вхідних значень.

Коли вхідний сигнал або змінна проходять через блок "MinMax", значення обмежуються заданим діапазоном. Якщо вхідне значення виходить за межі заданого діапазону, воно буде замінено на найближче значення, що перебуває в межах діапазону. Огляд блоку MinMax показано на рисунку 2.34.

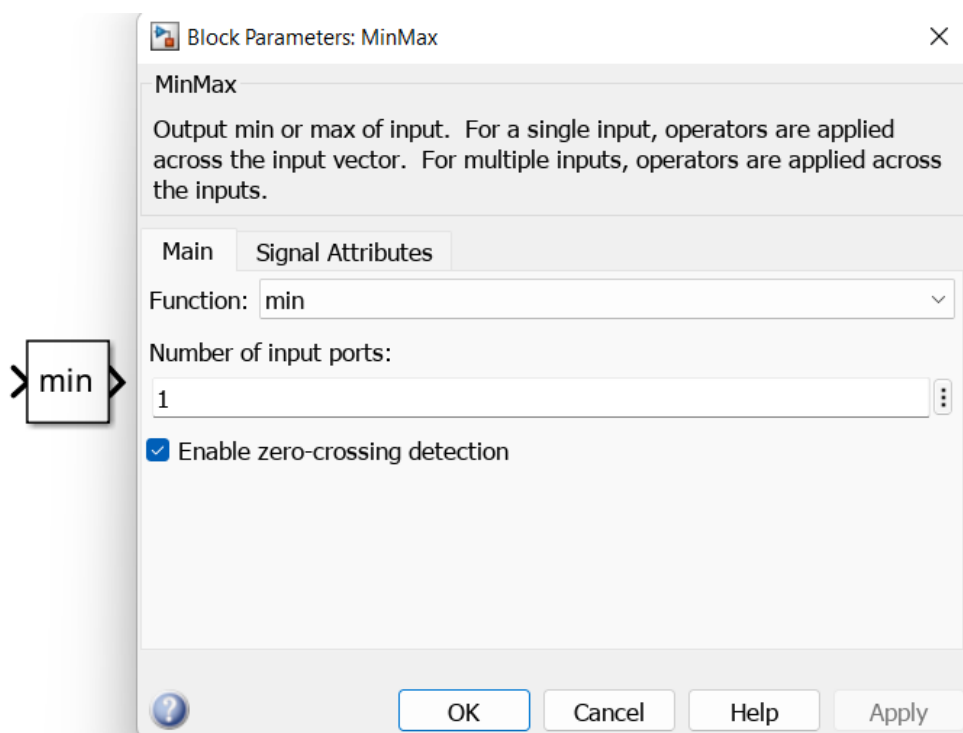


Рисунок 2.34 – Блок MinMax

Блок "MinMax" корисний для обмеження діапазону значень вхідних сигналів або змінних, щоб уникнути неправильних або небажаних значень. Можна використовувати для стабілізації вхідних даних, захисту від випадкових або недопустимих значень або забезпечення відповідності вхідних значень заданому діапазону, необхідному для правильної роботи моделі.

У середовищі MATLAB/Simulink, "If" є блоком умовного виконання, який дозволяє виконувати різні дії в залежності від заданої умови. Він надає можливість перевіряти певну умову і виконувати певні дії, якщо умова вірна, або інші дії, якщо умова хибна.

Після додавання блоку "If" до моделі MATLAB/Simulink, можна налаштувати його властивості, включаючи умовний вираз або змінну, яку потрібно перевірити. Також це дозволяє встановити дії, які повинні бути виконані, якщо умова є істинною, і дії, які повинні бути виконані, якщо умова є хибною. Огляд блоку "If" показано на рисунку 2.35.

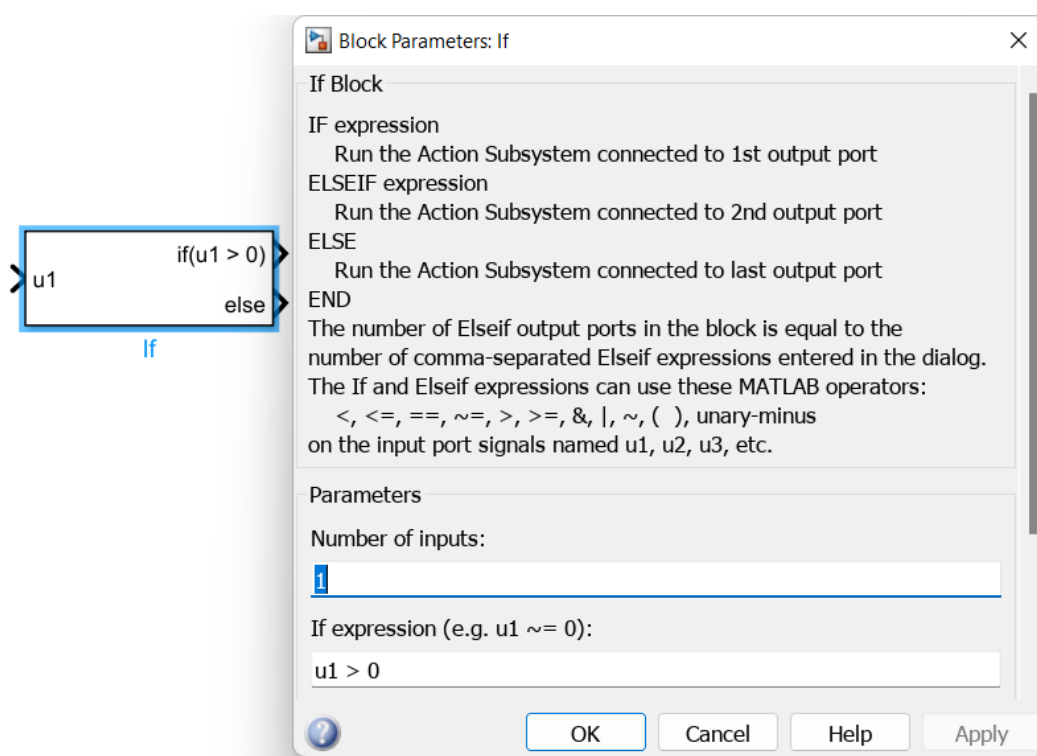


Рисунок 2.35 – Блок If

Коли сигнал умови, що вводиться до блоку "If", задовольняє визначену умову, виконуються дії, пов'язані з входом "If true" блоку. В іншому випадку, якщо умова не виконується, виконуються дії, пов'язані з входом "If false" блоку.

Блок "If" корисний для реалізації умовного виконання в моделі MATLAB/Simulink. Можна використовувати для прийняття рішень, виконання певних дій на основі вхідних умов або реалізації складних логічних умов в моделі.

Це дозволяє контролювати потік даних та виконання операцій в залежності від заданих умов.

У середовищі MATLAB/Simulink, "Data Store Memory" є блоком для зберігання та спільного доступу до даних у моделі. Він надає можливість зберігати значення змінних або сигналів у пам'яті і забезпечувати доступ до цих даних з різних частин моделі. Огляд блоку Data Store Memory показано на рисунку 2.36.

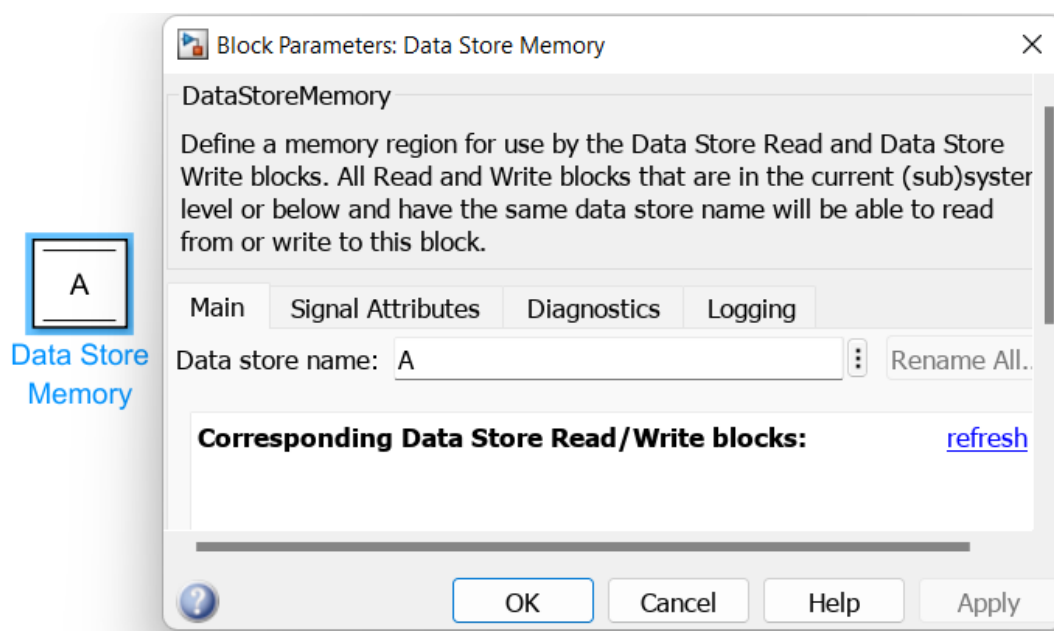


Рисунок 2.36 – Блок Data Store Memory

Після додавання блоку "Data Store Memory" до моделі MATLAB/Simulink, можна налаштувати його властивості, включаючи назву, тип даних та початкове значення, яке буде збережено. Кожен блок "Data Store Memory" пов'язаний зі спільним ім'ям, що ідентифікує дані, що зберігаються.

Блок "Data Store Memory" може бути використаний в різних частинах моделі, таких як підсистеми, функціональні блоки або Stateflow-діаграми. Можна підключати його до інших блоків для зчитування або запису значень змінних у пам'яті.

Цей блок корисний для зберігання та обміну даними між різними частинами моделі. Він дозволяє зберігати значення змінних або сигналів, які можуть бути використані в різних місцях моделі. Це спрощує спільний доступ до даних та підтримку змінних значень на протязі симуляції або виконання моделі.

2.15 Фізика в MATLAB/Simulink

При моделюванні роботів в MATLAB/Simulink, закони фізики застосовуються для відтворення реалістичної динаміки та поведінки робота. Основні закони фізики, які можуть бути використані, включають:

1. Закони Ньютона. Закони Ньютона описує зв'язок між силою, масою та прискоренням об'єкта. Вони можуть бути використані для моделювання руху робота, включаючи лінійний рух та обертання.

2. Закон збереження енергії. Закон збереження енергії стверджує, що енергія не може бути створена або знищена, але може перетворюватися з однієї форми в іншу. Цей закон може бути використаний для моделювання енергетичних взаємодій у системі робота.

3. Закони тертя. Закони тертя описують взаємодію між поверхнями та опором, що виникає при русі. Вони можуть бути використані для моделювання тертя у рухомих частинах робота, таких як колеса або суглоби.

4. Закони динаміки тіл. Закони динаміки тіл описують рух тіл і взаємодію між ними. Вони можуть бути використані для моделювання взаємодії між різними частинами робота, наприклад, при моделюванні кінематики та динаміки робочої зони.

5. Закони електромагнетизму. Закони електромагнетизму описують взаємодію між зарядженими частинками та електромагнітним полем. Вони можуть бути використані для моделювання електромеханічних систем робота, таких як електричні мотори або сенсори.

Ці закони фізики можуть бути використані у вигляді математичних моделей та рівнянь, що описують поведінку робота в середовищі MATLAB/Simulink. Застосування цих законів дозволяє створити більш реалістичні та точні моделі роботів та їх динаміки.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		52

2.16 Висновки

У результаті дослідження використання блоків в Matlab/Simulink можна зробити наступні висновки:

1. Блоки в Matlab/Simulink є потужним інструментом для моделювання систем та визначення їх взаємодії. Вони дозволяють зручно відображати структуру системи та встановлювати зв'язки між її компонентами.

2. Матлаб та Simulink надають широкий спектр вбудованих блоків для різних типів систем, включаючи електричні, механічні, сигнальні та керуючі системи. Це дозволяє швидко створювати моделі та виконувати симуляції для дослідження їх поведінки.

3. Використання блоків спрощує процес моделювання та аналізу систем, оскільки вони дозволяють сконцентруватися на конкретних компонентах та їх взаємодії, замість написання великої кількості коду.

4. Блоки можуть бути налаштовані за допомогою параметрів, що дозволяє точно налаштувати поведінку системи та параметри її компонентів.

5. З використанням блоків в Matlab/Simulink можна виконувати різні види аналізу систем, включаючи статичний аналіз, динамічний аналіз, оптимізацію та валідацію.

6. Simulink також надає можливість візуалізувати результати симуляцій за допомогою графіків, діаграм та анімацій, що допомагає легше розуміти та аналізувати поведінку системи.

7. Блоки в Matlab/Simulink можуть бути використані не лише для наукових досліджень, але й для розробки реальних систем та управління їх роботою.

Отже, використання блоків в Matlab/Simulink є важливим і ефективним інструментом для моделювання та аналізу систем. Вони дозволяють швидко та зручно створювати моделі, встановлювати зв'язки між компонентами системи, налаштовувати параметри та аналізувати результати симуляцій.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ РОБОТА В MATLAB/SIMULINK

3.1 Тестування моделі

На рисунках 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 показано як, змінюючи вхідні данні, змінюється положення руки робота.

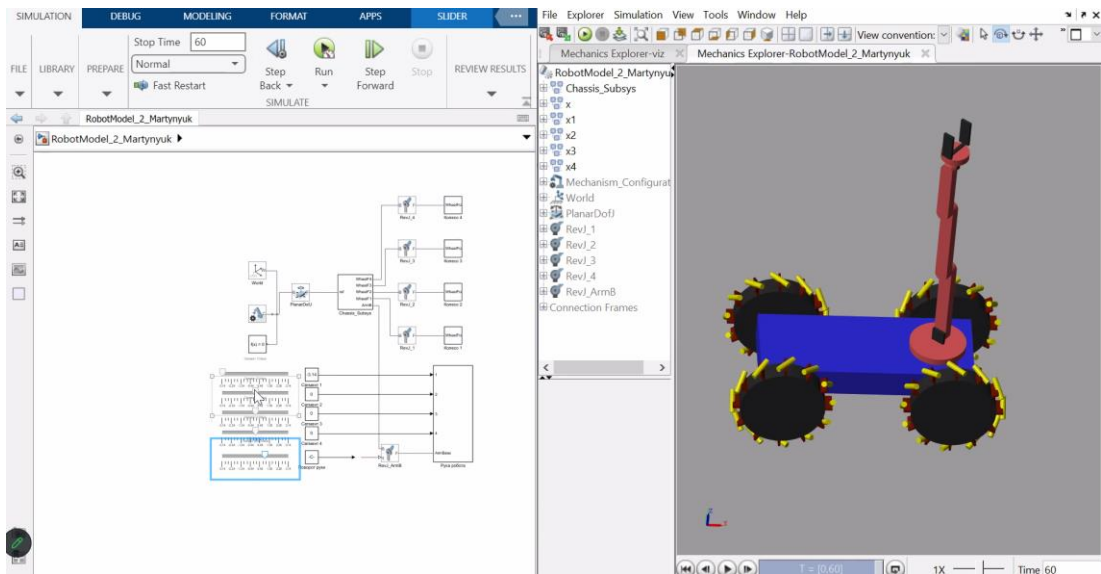


Рисунок 3.1 – Модель робота

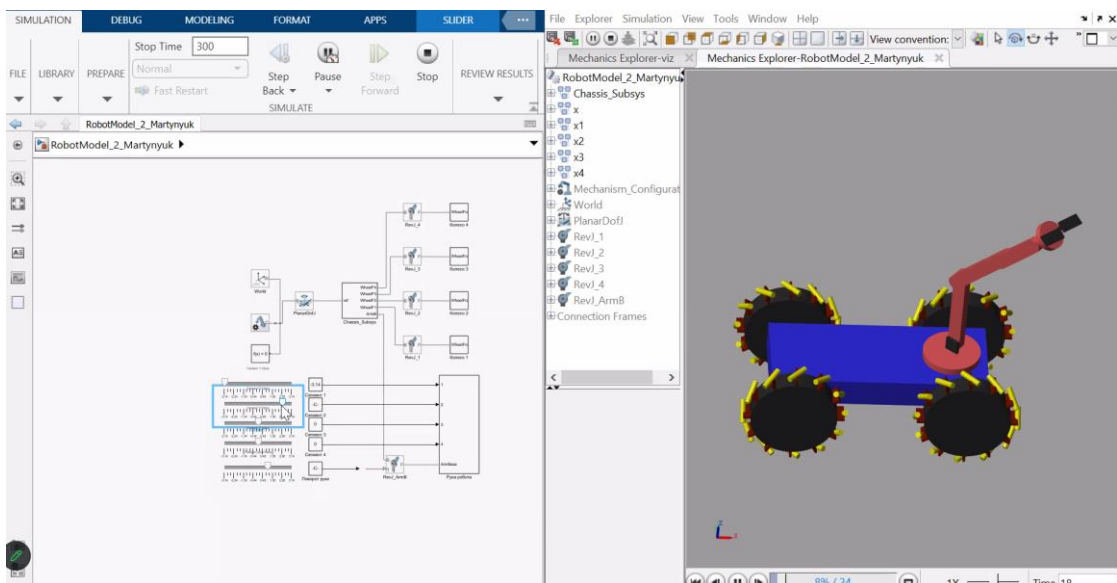


Рисунок 3.2 – Модель робота

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

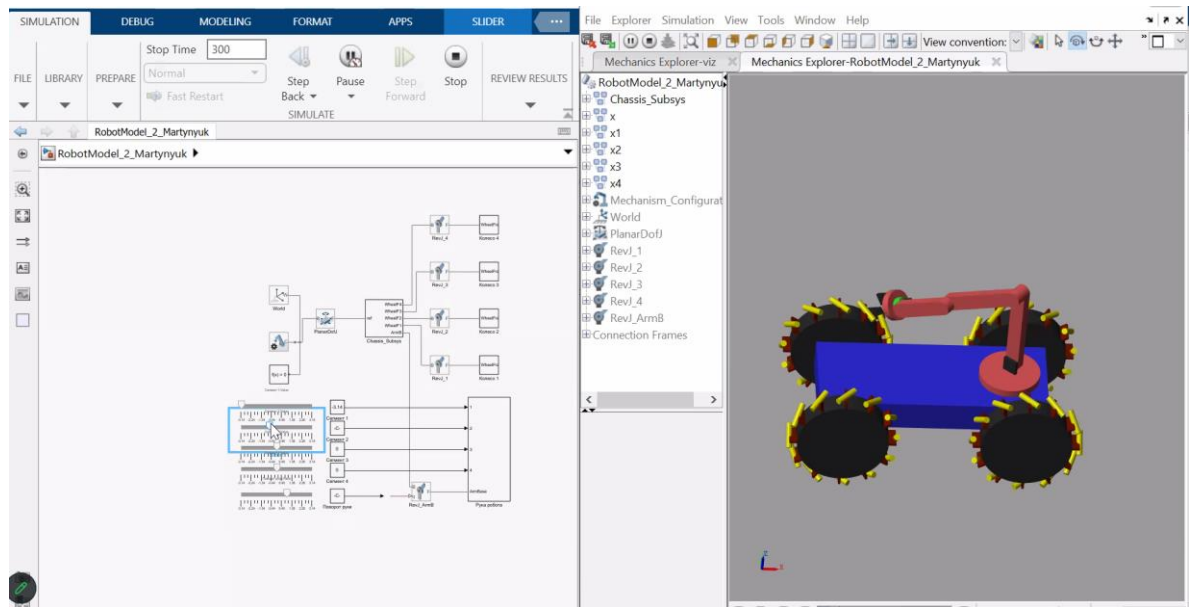


Рисунок 3.3 – Модель робота

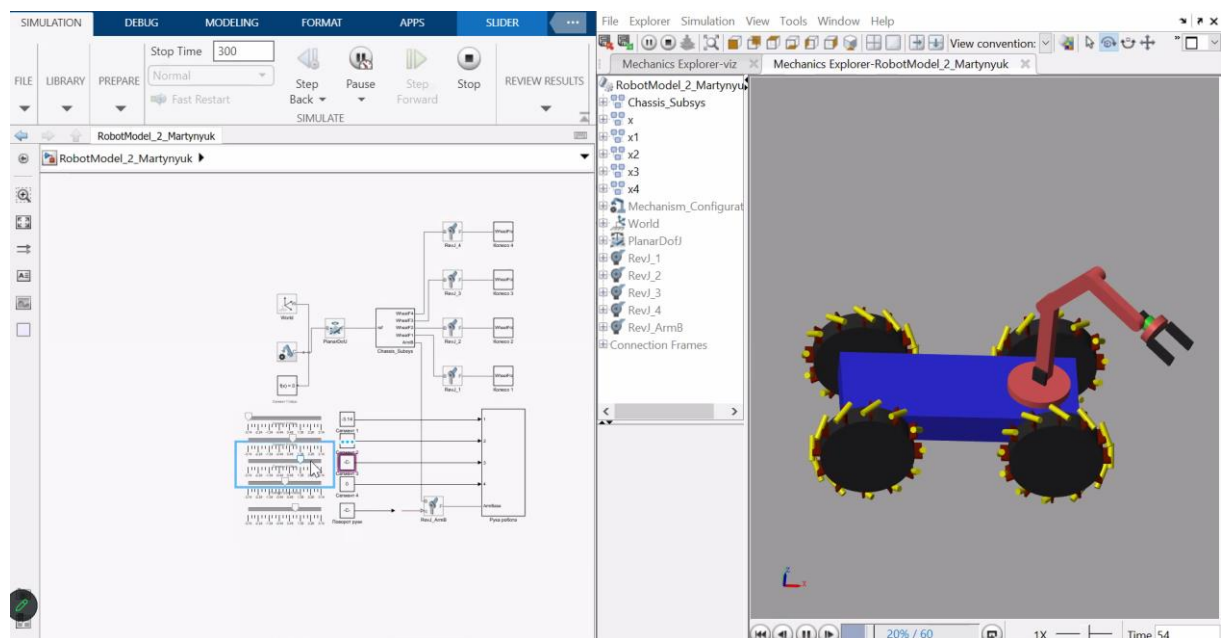


Рисунок 3.4 – модель робота

3.2 Огляд використаних блоків

В Simulink за допомогою блоків, які відповідають різним елементам система та їх взаємозв'язкам. Наведу приклад використаних блоків на рисунках 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

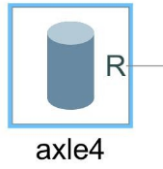


Рисунок 3.5 – Вісь

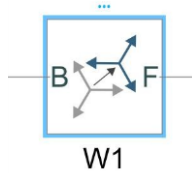


Рисунок 3.6 - Перетворення координат: щоб за одним об'єктом рухався інший, який до нього приєднаний

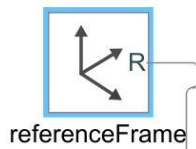


Рисунок 3.7 - Опорні координати: до них прив'язуються інші об'єкти

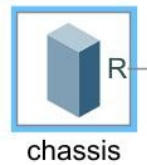


Рисунок 3.8 – Шасі

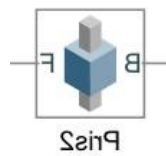


Рисунок 3.9 - З'єднання зі зміщенням



Рисунок 3.10 - З'єднання з поворотом (з віссю обертання)

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата

3.3 Графіки залежності основи руки робота

Часові графіки залежності основи руки робота зображені на рисунках 3.11, 3.12, 3.13, 3.14.

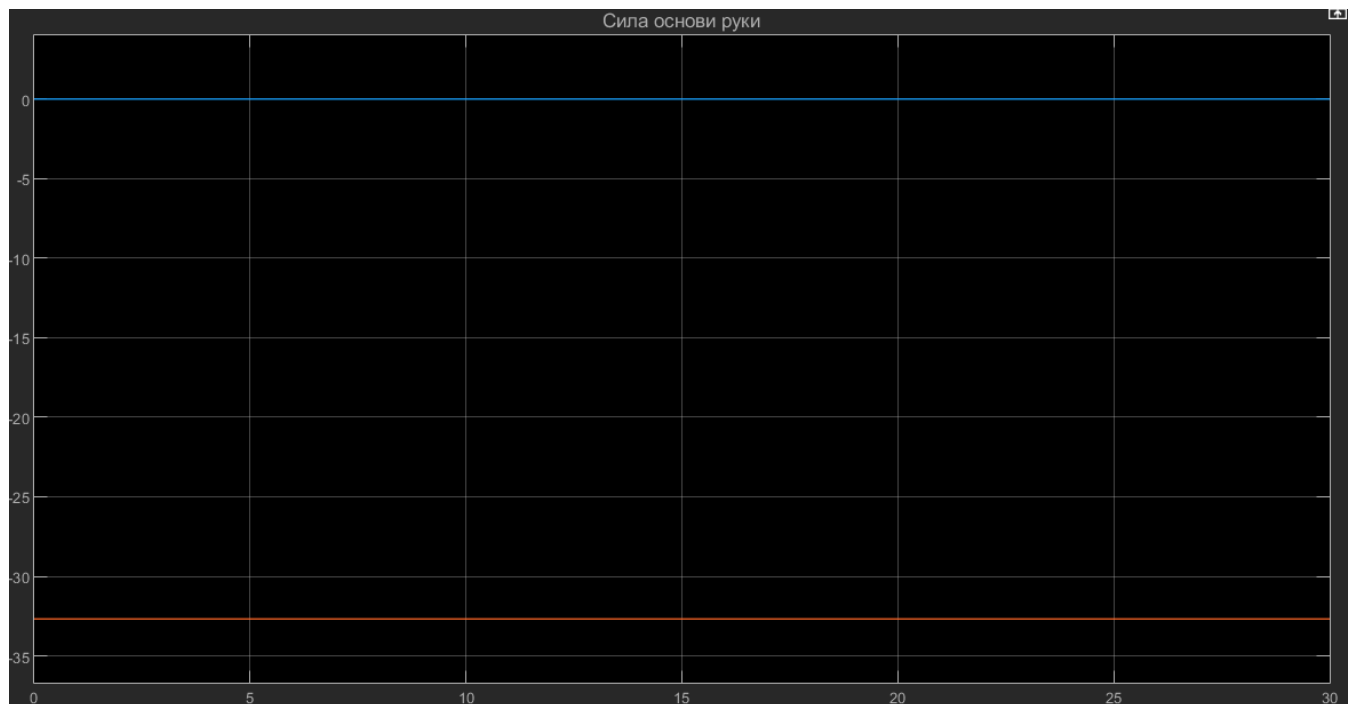


Рисунок 3.11 – Графік залежності сили основи руки від часу

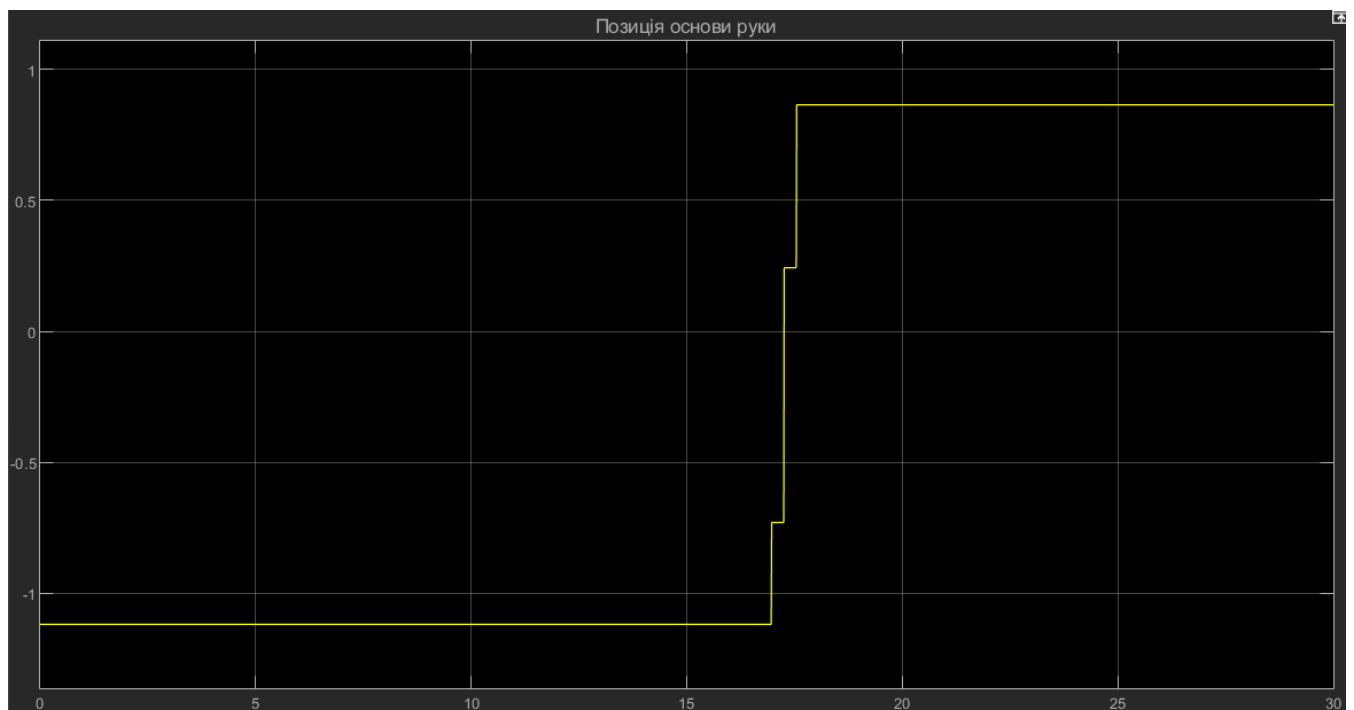


Рисунок 3.12 – Графік залежності позиції основи руки від часу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ

Арк.

57

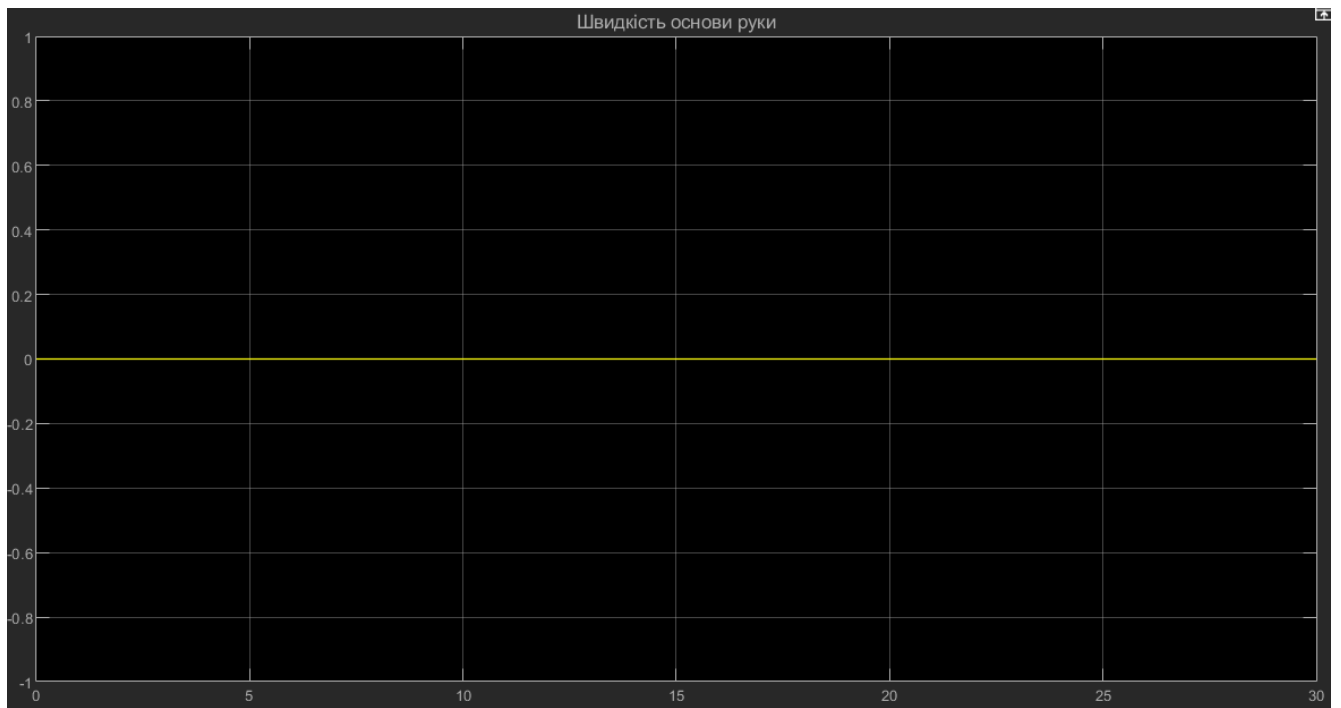


Рисунок 3.13 – Графік залежності швидкості руки від часу

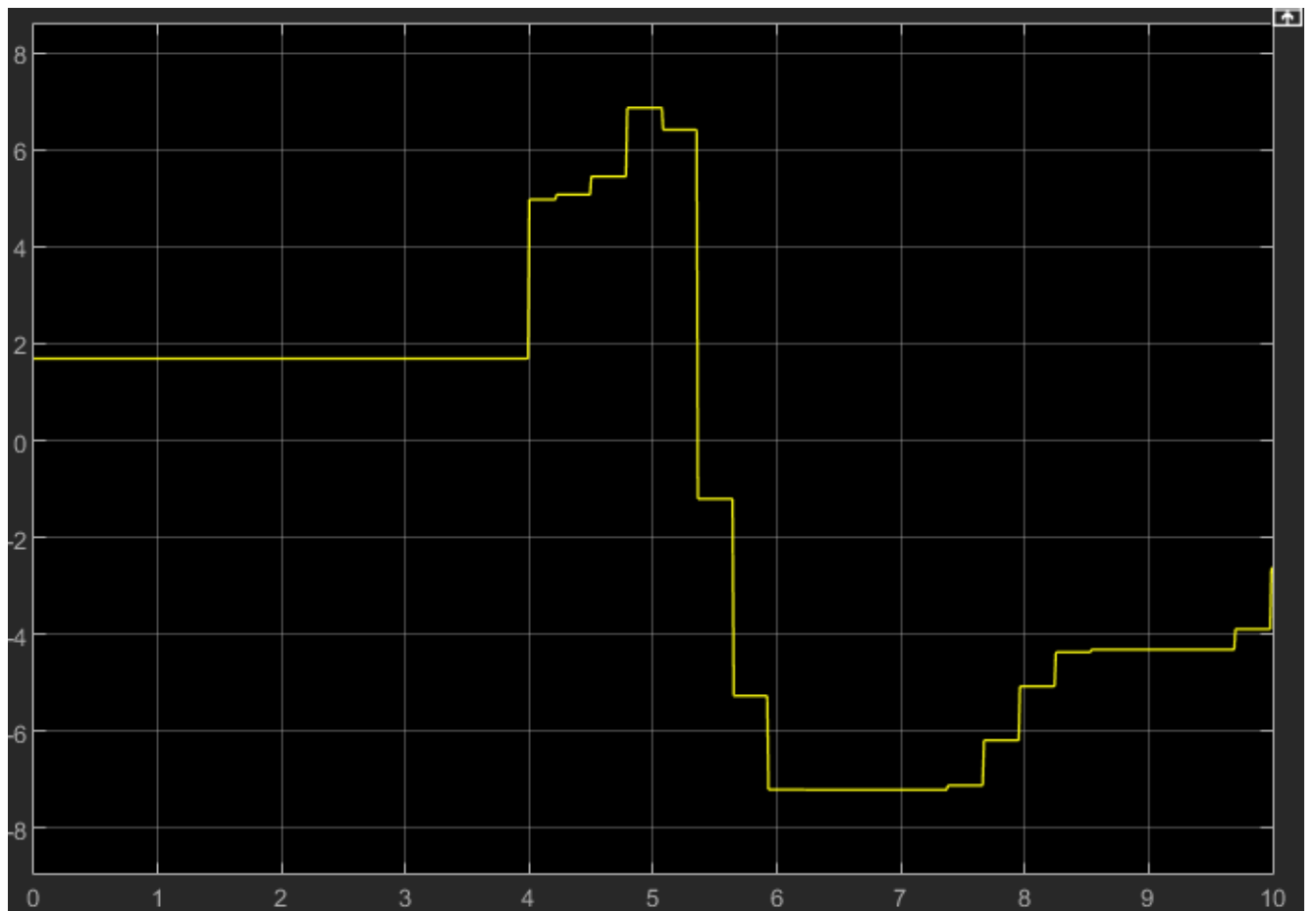


Рисунок 3.14 – Залежність моменту від часу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ

Арк.

58

Часові графіки залежності руки робота зображені на рисунках 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22.



Рисунок 3.15 – Залежність сили від часу

На рисунку зображена залежність сили першого сегменту руки робота від часу. Даний графік показує, як змінюється значення сили відносно часу. Це дає візуальне уявлення про зміну сили у певному процесі з часом. Взагалі, графік може мати різні форми залежності, такі як лінійна, експоненціальна, степенева, коливальна або будь-яка інша форма, в залежності від природи сили і факторів, що впливають на неї.

Графік залежності сили від часу може бути корисним для аналізу руху об'єктів, фізичних процесів, систем управління, симуляцій, досліджень та багатьох інших додатків, де сила відіграє важливу роль.



Рисунок 3.16 – Залежність загальної сили від часу

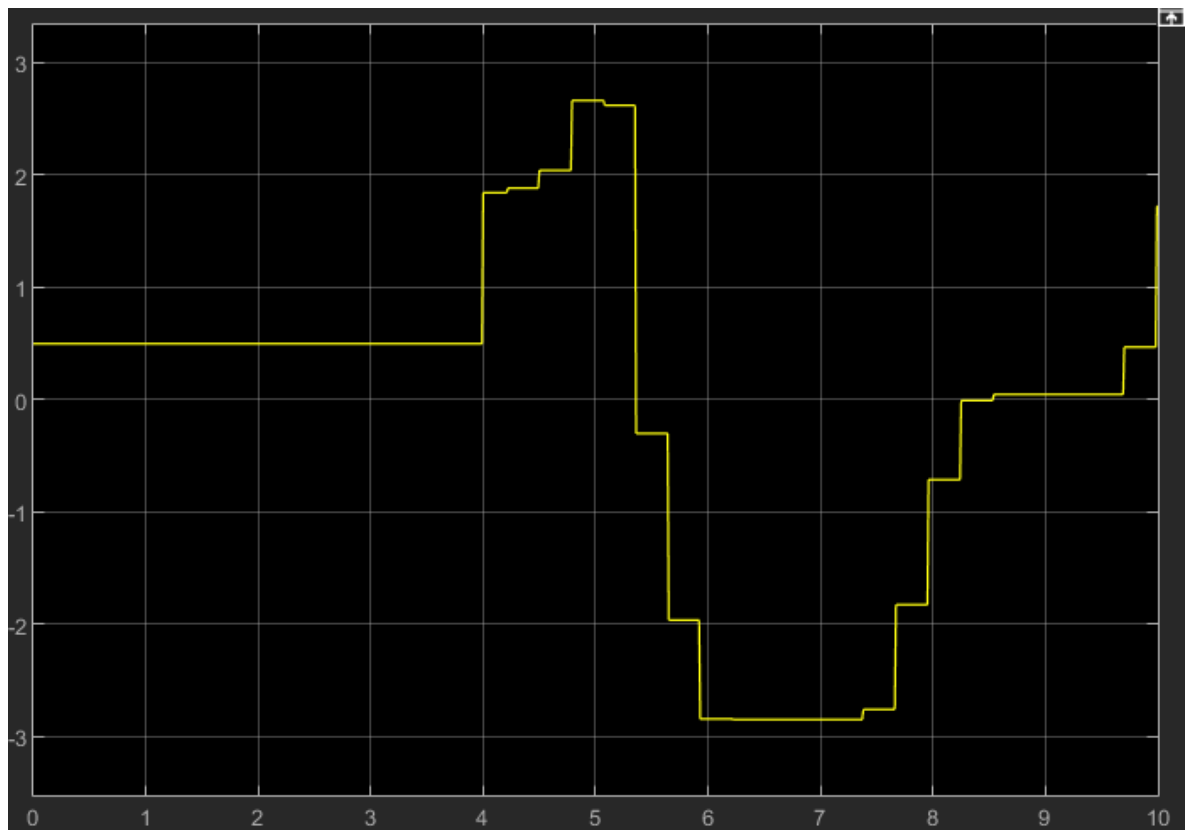


Рисунок 3.17 – Залежність моменту від часу

Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дата

КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ

Арк.

60

На рисунку зображена залежність моменту другого сегменту руки робота від часу. Він показує, як змінюється значення моменту відносно часу. Момент відіграє важливу роль в фізиці та інженерії.

Залежно від конкретного контексту, графік залежності моменту від часу може мати різні форми. Наприклад:

1. Константний момент. Графік буде показувати постійне значення моменту протягом певного періоду часу. У цьому випадку, лінія графіка буде горизонтальною.

2. Зміна моменту з часом. Графік може показувати зміну моменту в процесі часу. Наприклад, залежність може бути лінійною, експоненціальною, степеневою або будь-якою іншою формою, в залежності від фізичного процесу чи системи.

3. Циклічна зміна моменту. Графік може показувати періодичні зміни моменту з часом. Це може відображати коливання, циклічні процеси або системи з повторюваними діями.

Графік залежності моменту від часу допомагає аналізувати динамічні процеси, досліджувати рух тіл, розглядати зміни механічних властивостей системи з часом та вирішувати різноманітні фізичні задачі, пов'язані з моментом.

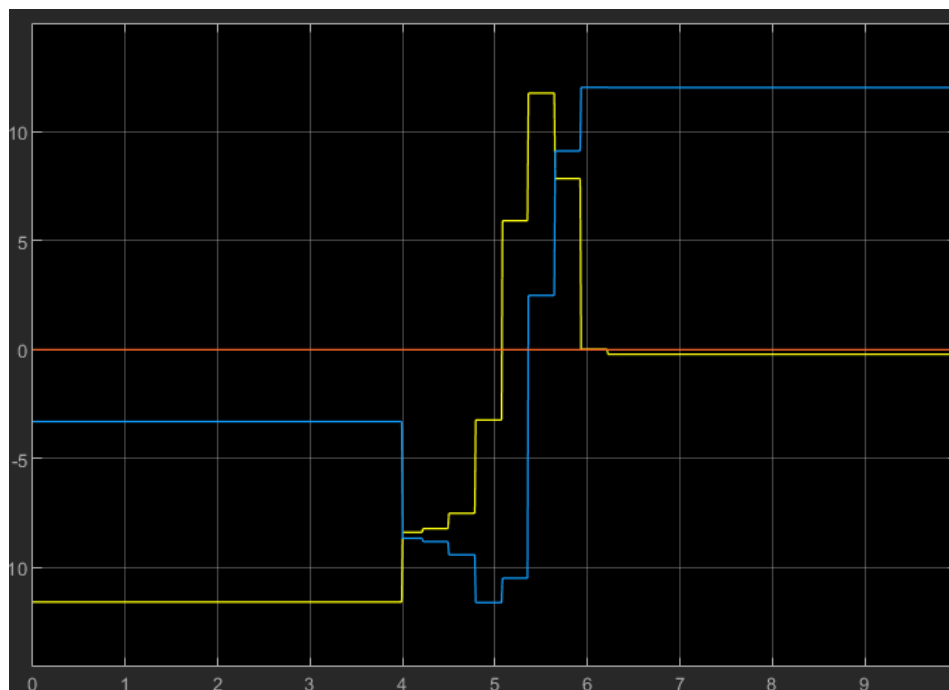


Рисунок 3.18 – Залежність сили від часу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

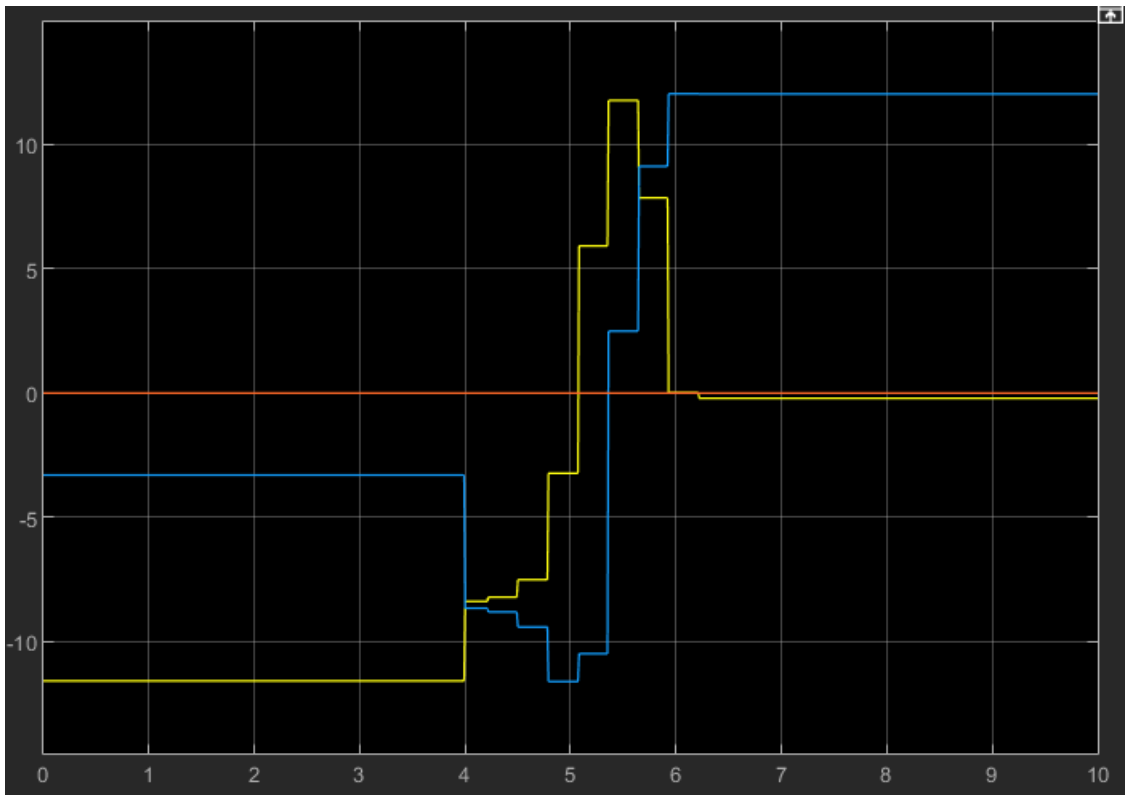


Рисунок 3.19 – Залежність загальної сили від часу

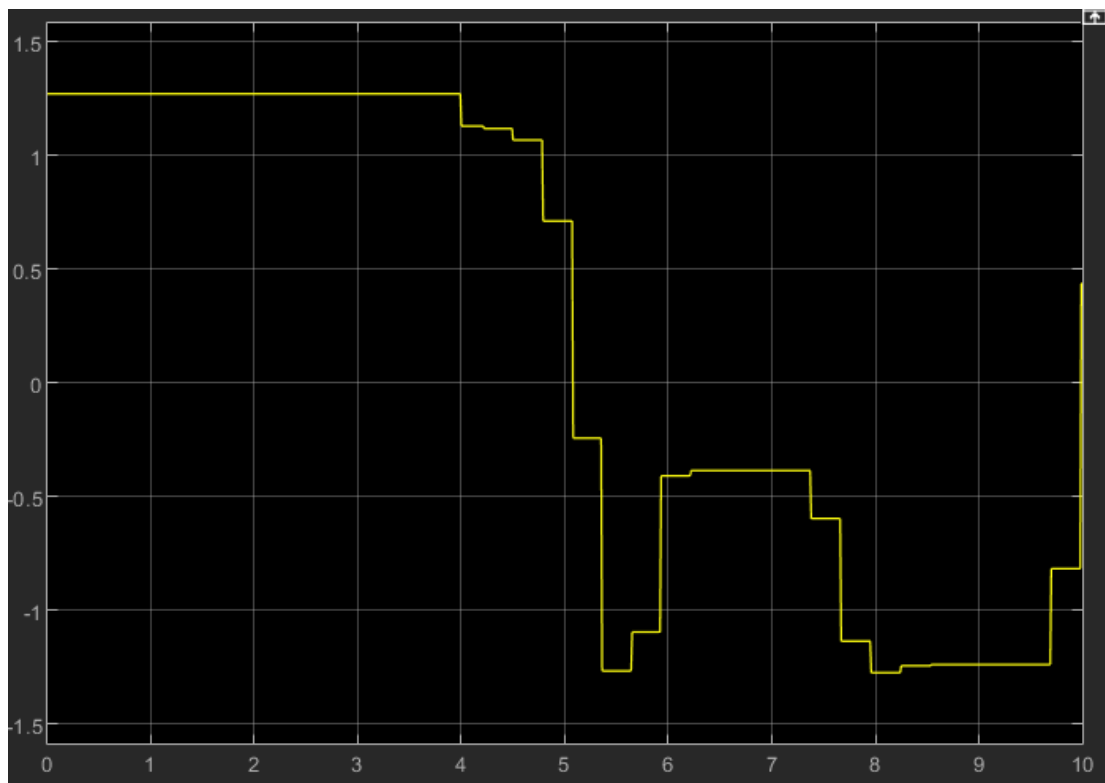


Рисунок 3.20 – Залежність моменту від часу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ

Арк.

62

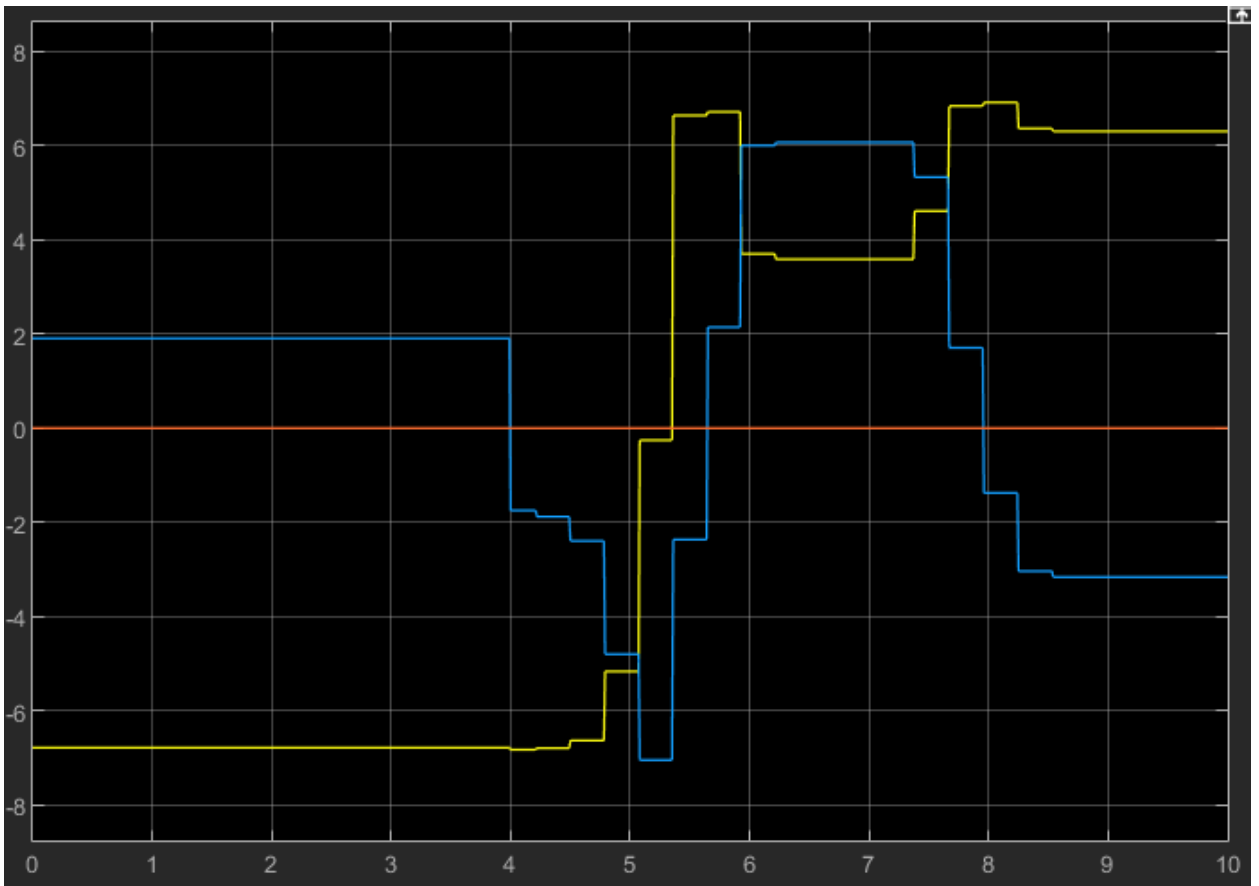


Рисунок 3.21 – Залежність сили від часу

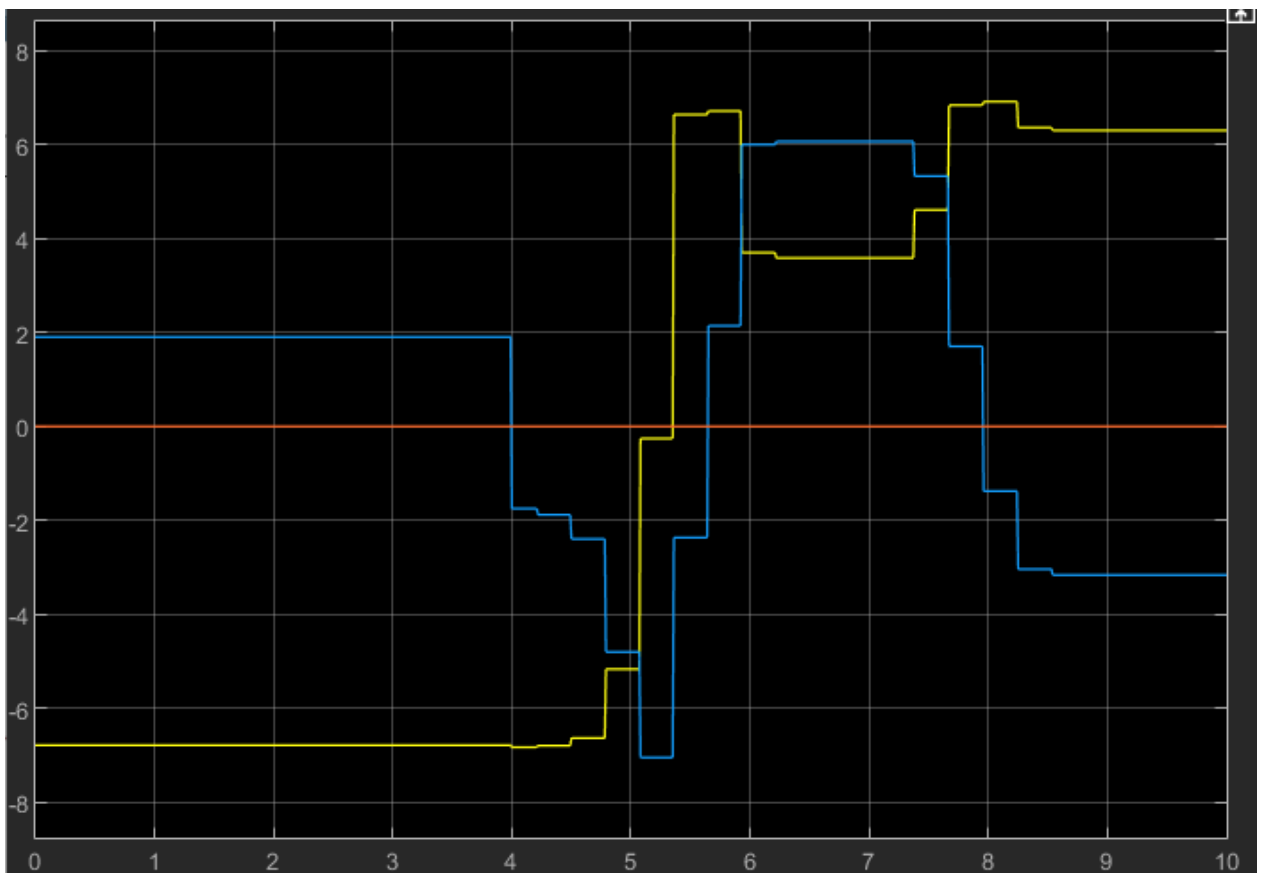


Рисунок 3.22 – Залежність загальної сили від часу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ

Арк.

63

На рисунку зображена залежність загальної сили третього сегменту руки робота від часу. Графік показує, як змінюється сумарна сила що діє на систему або об'єкт, відносно часу. Відображає результат обчислень та сумування всіх сил, які діють на систему або об'єкт протягом певного періоду часу.

Графік загальної сили може мати різні форми залежності залежно від фізичного процесу або системи, яку ви вивчаєте. Наприклад:

1. Константна сила. Якщо загальна сила, що діє на систему, є постійною протягом усього часу, графік буде показувати постійне значення сили протягом усього часу. У цьому випадку, лінія графіка буде горизонтальною.

2. Зміна сили з часом. Графік може відображати зміну загальної сили в процесі часу. Залежність може бути лінійною, експоненціальною, степеневою або будь-якою іншою формою, залежно від характеру фізичного процесу чи системи.

3. Циклічна зміна сили. Графік може відображати періодичні зміни загальної сили з часом. Це може бути результатом циклічних процесів або систем з повторюваними діями.

Графік загальної сили від часу допомагає аналізувати динамічні процеси, визначати ефективність системи, вирішувати фізичні задачі та робити висновки про поведінку системи або об'єкта з часом.

3.4 Висновок

Графіки часової залежності мають багато важливих застосувань і користуються популярністю в різних галузях науки, інженерії та досліджень. Ось кілька причин, чому будування графіків часової залежності є важливим:

1. Візуалізація даних. Графіки надають візуальне уявлення про зміни величини або процесу з часом. Вони допомагають уявити складні дані або тенденції, що важко сприймати лише числами. Графіки дозволяють легко виявляти особливості, тренди, коливання, зміни швидкості або будь-які інші варіації.

2. Аналіз та розуміння. Графіки допомагають аналізувати і розуміти поведінку системи, процесу чи досліду з часом. Вони дозволяють виявити зв'язки, причинно-наслідкові зв'язки, взаємозв'язки між різними змінними і встановити

					КвРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

тенденції. Графіки допомагають встановити залежності, виявити аномалії та робити висновки на підставі даних.

3. Комунікація результатів. Графіки є потужним інструментом для комунікації результатів дослідження, аналізу або експерименту. Вони дозволяють візуально показати і пояснити знайдені закономірності, тренди та взаємозв'язки. Графіки легше сприймаються іншими людьми, що допомагає передати інформацію чітко і ефективно.

4. Прогнозування та прийняття рішень. Графіки дозволяють прогнозувати майбутні зміни на основі наявних даних. Вони допомагають визначати тенденції та прогнозувати поведінку системи в майбутньому. Графіки також допомагають приймати рішення на основі аналізу та порівняння різних сценаріїв або варіантів.

В цілому, графіки часової залежності дозволяють виявляти, розуміти і передавати інформацію про зміни величини, тренди та поведінку системи з часом. Вони є потужним інструментом для аналізу даних, прогнозування, визначення взаємозв'язків і прийняття рішень у різних галузях.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

ВИСНОВКИ

Розвиток робототехніки в середовищі MATLAB/Simulink є важливим напрямом, оскільки це дозволяє інженерам моделювати, симулювати та контролювати роботів у зручному і потужному інструментальному середовищі.

Головні аспекти:

- моделювання роботів у вигляді блок-схеми, де різні компоненти робота можуть бути представлені блоками. Це дозволяє інженерам візуалізувати та аналізувати робота перед фізичною реалізацією.

- виконання симуляції роботів з врахуванням фізичних властивостей, динаміки та взаємодії з навколишнім середовищем. Це дозволяє випробувати та налагодити робота перед його реалізацією.

- інструменти для розробки алгоритмів контролю та планування руху робота. Він підтримує різні методи контролю.

- візуалізація результатів симуляцій роботів, включаючи графіки траєкторій, візуалізацію руху робота, анімацію тощо. Це допомагає в аналізі та відлагодженні роботів.

- може бути використаний для реалізації контролерів на реальних фізичних роботах. Він підтримує взаємодію з різними апаратними інтерфейсами та протоколами зв'язку для забезпечення контролю над реальними роботами.

В результаті роботи показав на прикладі роботу мультифізичної імітаційної моделі робота з маніпулятором.

Переваги моделі такі:

- моделювання робота з врахуванням фізичних процесів різної природи (механічні та електричні);

- моделювання робота в режимі реального часу;

- можливості складання керуючих сигналів моделі контролера або зовнішніх периферійних пристроїв, так як ми керуємо мишкою.

Недоліки:

- компіляція моделі simscape вимагає значних обчислювальних ресурсів тому що модель simscape базується на формалізованому записі системи

					КвРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

диференційних рівнянь тоді як інші типи моделей, не simscape, базуються на прямих ітеративних відображеннях які легко описуються циклами типу for або while (модель одного елемента, сегмента робота);

- складнощі з компіляцією такої моделі в двійковий код;
- компіляція вимагає додаткового обчислювального ресурсу у зв'язку з тим що моделі simscape базуються на формалізованому записі систем диференційних рівнянь.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Bârsan, A., Racz, S. G., Breaz, R., & Crenganiş, M. Dynamic analysis of a robot-based incremental sheet forming using Matlab-Simulink Simscape™ environment. *Materials Today: Proceedings*, 2022. №62. – P.2538–2542. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.134> (дата звернення: 5.06.2023).
2. Benvenuto, R., Lavagna, M., Salvi, S. Multibody dynamics driving GNC and system design in tethered nets for active debris removal. *Advances in Space Research*, 2016. №58(1). – P.45–63. URL: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2016.04.015> (дата звернення: 5.06.2023).
3. Bernstein, D., Schuster, M., Janschek, K., Beitelschmidt, M. Modular Model-Based Design for Aerial Manipulation with Simulink and ROS. *IFAC-PapersOnLine*, 2022. №55(38). – P.138–144. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.01.146>. (дата звернення: 6.06.2023).
4. Bernstein, D., Schuster, M., Janschek, K., & Beitelschmidt, M. Modular Model-Based Design for Aerial Manipulation with Simulink and ROS. *IFAC-PapersOnLine*, 2022. №55(38). – P.138–144. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.01.146>. (дата звернення: 6.06.2023).
5. Chen, J., Yang, Z. G. Cause analysis on the unqualified pull-out force between the bushing and PCB pad in DC-DC converters for new energy vehicles. *Engineering Failure Analysis*, 2023. p.145. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.107012>. (дата звернення: 6.06.2023).
6. Cherri, A. K., Alam, M. S. Non-conventional joint-transform correlations for pattern recognition by use of grating filters and heterodyne scanning. *Optics and Laser Technology*, 2008. №40(2). – P.261–269. URL: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2007.03.014>. (дата звернення: 6.06.2023).
7. Ciszewski, M., Buratowski, T., Giergiel, M. Modeling, Simulation and Control of a Pipe Inspection Mobile Robot with an Active Adaptation System. *IFAC-PapersOnLine*, 2018. №51(22). – P.132–137. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.530>. (дата звернення: 3.06.2023).

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

8. Clavel, N., Thompson, P., Sevilla, F., Zapata, R. A Mobile Platform with a Robotic Arm Working in a Semi-structured Environment: Two Basic Contributions. IFAC Proceedings Volumes, 1993. №26(2). – P.493–500. URL: [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)48776-3](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)48776-3) . (дата звернення: 3.06.2023).

9. Coignard, P., Departe, J. P., Remy Neris, O., Baillet, A., Bar, A., Drean, D., Verier, A., Leroux, C., Belletante, P., & Le Guiet, J. L. ANSO study: Evaluation in an indoor environment of a mobile assistance robotic grasping arm. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2013. №56(9–10). – P.621–633. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.08.008>. (дата звернення: 3.06.2023).

10. DiMarco, J., Severino, G., Arpaia, P. Calibration technique for rotating PCB coil magnetic field sensors. *Sensors and Actuators, A: Physical*, . 2019. №288. – P.182–193. URL:<https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.02.014>. (дата звернення: 3.06.2023).

11. Duyun, T., Duyun, I., Rybak, L., Perevuznik, V. Simulation of the structural and force parameters of a robotic platform using co-simulation. *Procedia Computer Science*, 2022. №213. – P.720–727. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.126>. (дата звернення: 3.06.2023).

12. Eberhard, P., Seifried, R., Ergenzinger, C., Stühler, S., Spreng, F., Beck, F., Müller, A., Fleißner, F. Particles - Bridging the gap between solids and fluids. *Procedia IUTAM*, 2014. №10. – P.161–179. URL: <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2014.01.016>. (дата звернення: 3.06.2023).

13. Emara, M. B., Youssef, A. W., Mashaly, M., Kiefer, J., Shihata, L. A., & Azab, E. Digital Twinning for Closed-Loop Control of a Three-Wheeled Omnidirectional Mobile Robot. *Procedia CIRP*, 2022. №107. – P.1245–1250. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.139>. (дата звернення: 3.06.2023).

14. Fang, L., Zhang, J., Zong, H., Wang, X., Zhang, K., Shen, J., Lu, Z. Open-source lower controller for twelve degrees of freedom hydraulic quadruped robot with distributed control scheme. *HardwareX*, 2023. 13 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00393>. (дата звернення: 3.06.2023).

15. Framing, C. E., Hedinger, R., Iglesias, E. S., Hebler, F. J., Abel, D. EduBal: An open balancing robot platform for teaching control and system theory. IFAC-

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

PapersOnLine, 2020. №53. – P.17168–17173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1722>. (дата звернення: 3.06.2023).

16. Fuentes, A. T., Kipfmüller, M., Burghart, C., José Prieto, M. A., Bertram, T., Bryg, M., Bergmann, T. Stable operation of arm type robots on mobile platforms. *Procedia CIRP*, 2021. №99. – P.104–109. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.03.017>. (дата звернення: 3.06.2023).

17. Gaber, A. N. A. E., Eldrainy, Y. A., Awad, T. H. Uncertainty solution of robot parameters using fuzzy position control applied for an automotive cracked exhaust system inspection. *Alexandria Engineering Journal*, 2021. №60. – P.2355–2367. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.12.044>. (дата звернення: 3.06.2023).

18. Gissingner, G. L., & Kortöm, W. Simulation of Vehicle System Dynamics, State of the Art and Ongoing Developments. *IFAC Proceedings Volumes*, 1997. №.30(8). – 201–208. URL: [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)43824-9](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)43824-9). (дата звернення: 3.06.2023).

19. Harmouche-Karaki, M., Mahfouz, Y., Salameh, P., Matta, J., Helou, K., Narbonne, J. F. Patterns of PCBs and OCPs exposure in a sample of Lebanese adults: The role of diet and physical activity. *Environmental Research*, 2019. 179 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108789>. (дата звернення: 3.06.2023).

20. Houtman, W., Lopez Martinez, C. A., Wang, S., Ketels, A., Bruyninckx, H. P. J., van de Molengraft, M. J. G. Dynamic control of steerable wheeled mobile platforms applied to an eight-wheeled RoboCup Middle Size League soccer robot. *Mechatronics*, 2021. 80 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2021.102693>. (дата звернення: 3.06.2023).

21. James, J., Clarke, G., Mathew, R., Mulkeen, B., & Papakostas, N. On Reducing the Localisation Error of Modern Mobile Robotic Platforms. *Procedia CIRP*, 2022. №112. – P.168–173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.067>. (дата звернення: 3.06.2023).

22. Jiang, C., Dhamankar, S., Liu, Z., Vinod, G., Shaver, G., Evans, J., Puryk, C., Anderson, E., DeLaurentis, D. Co-simulation of the Unreal Engine and MATLAB/Simulink for Automated Grain Offloading. *IFAC-PapersOnLine*, 2022.

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		70

№55(24). – P.379–384. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.313>. (дата звернення: 3.06.2023).

23. Jiang, W., Li, T., Zhang, S., Chen, W., Yang, J. PCB defects target detection combining multi-scale and attention mechanism. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2023. – 123 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106359>. (дата звернення: 3.06.2023).

24. Kareemullah, H., Najumnissa, D., Shajahan, M. S. M., Abhineshjayram, M., Mohan, V., Sheerin, S. A. Robotic Arm controlled using IoT application. *Computers and Electrical Engineering*, 2023. 105 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108539>. (дата звернення: 3.06.2023).

25. Kousi, N., Michalos, G., Aivaliotis, S., Makris, S. An outlook on future assembly systems introducing robotic mobile dual arm workers. *Procedia CIRP*, 2018. №72. – P.33–38. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.130>. (дата звернення: 3.06.2023).

26. Kumar, S. A., Chand, R., Chand, R. P., Sharma, B. Linear manipulator: Motion control of an n-link robotic arm mounted on a mobile slider. *Heliyon*, 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12867>. (дата звернення: 3.06.2023).

27. Lippiello, V., Ruggiero, F. Cartesian impedance control of a UAV with a robotic Arm. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2012. №10(PART 1). – P.704–709. URL: <https://doi.org/10.3182/20120905-3-HR-2030.00158>. (дата звернення: 3.06.2023).

28. Mahmood, K., Ismail, N. A. Application of multibody simulation tool for dynamical analysis of tethered aerostat. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 2022. №34(3). – P.209–216. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.09.005>. (дата звернення: 3.06.2023).

29. Matthews, S., Tanninen, P., Toghyani, A., Eskelinen, H., Ovaska, S. S., Leminen, V., Varis, J. Novel Method for Selection of Drive Motor in Paperboard Forming Press Utilizing Multi-dynamics Model Based on Material Thickness. *Procedia Manufacturing*, 2023. №11. – P.2091–2098. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2023.07.330>. (дата звернення: 3.06.2023).

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		71

30. Millán, M. S., Pérez, E., Chalasinska-Macukow, K. Pattern recognition with variable discrimination capability by dual non-linear optical correlation. *Optics Communications*, 1999. №161(1–3). – P.115–122. URL: [https://doi.org/10.1016/S0030-4018\(99\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0030-4018(99)00002-4). (дата звернення: 3.06.2023).

31. Murray, Y., Sirevåg, M., Ribeiro, P., Anisi, D. A., Mossige, M. Safety assurance of an industrial robotic control system using hardware/software co-verification. *Science of Computer Programming*, 2022. 216 p. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2021.102766>. (дата звернення: 3.06.2023).

32. Nicolás, J., Yzuel, M. J., Campos, J. Colour pattern recognition by three-dimensional correlation. *Optics Communications*, 2000. №184(5). – P.335–343. URL: [https://doi.org/10.1016/S0030-4018\(00\)00953-6](https://doi.org/10.1016/S0030-4018(00)00953-6). (дата звернення: 3.06.2023).

33. Palković, L., Rodina, J., Chovanec, L., Hubinský, P. Integration of inertial measuring unit platform into Matlab Simulink. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2012. №9(PART 1). – P.200–205. URL: <https://doi.org/10.3182/20120619-3-RU-2024.00089>. (дата звернення: 3.06.2023).

34. Pallares, B. S. O., Rozo, T. A. M., Camacho, E. C., Guarnizo, J. G., Calderon, J. M. Design and construction of a cost-oriented mobile robot for domestic assistance. *IFAC-PapersOnLine*, 2021. №54(13). – P.293–298. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.462>. (дата звернення: 3.06.2023).

35. Payá, L., Reinoso, O., Sánchez, A., Gil, A., Fernández, L. An educational tool for mobile robots remote interaction. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2009. №8 – P.180–185. URL: <https://doi.org/10.3182/20091021-3-jp-2009.00034>. (дата звернення: 3.06.2023).

36. Safeea, M., Neto, P., Béarée, R. Model-based hardware in the loop control of collaborative robots. *Procedia Manufacturing*, 2020. №51. – P.133–139. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.020>. (дата звернення: 3.06.2023).

37. Sahoo, S. R., Chiddarwar, S. S. Mobile Robot Control Using Bond Graph and Flatness Based Approach. *Procedia Computer Science*, 2018. №133. – P.213–221. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.026>. (дата звернення: 3.06.2023).

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		72

38. Scholz, L. Network-based Modeling and Index Analysis of Coupled Electro-Mechanical Systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 2012. №45(2). – P.246–251. URL: <https://doi.org/10.3182/20120215-3-at-3016.00043>. (дата звернення: 3.06.2023).

39. Soni, A., Patel, R. M., Kumar, K., Pareek, K. Optimization for maximum extraction of solder from waste PCBs through grey relational analysis and Taguchi technique. *Minerals Engineering*, 2022. 175 р. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107294>. (дата звернення: 29.05.2023).

40. Stavropoulos, P., Gerontas, C., Bikas, H., Souflas, T. Multi-Body dynamic simulation of a machining robot driven by CAM. *Procedia CIRP*, 2022. №107. – P.764–769. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.059>. (дата звернення: 8.06.2023).

41. Valera, A., Vallés, M., & Tornero, J. Real-Time Robot Control Implementation with Matlab/Simulink. *IFAC Proceedings Volumes*, 2001. №34(9). – P.527–532. URL: [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)41762-9](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)41762-9). (дата звернення: 9.06.2023).

42. Wang, Q., Deng, Y., Liu, S. Rotation-invariant pattern recognition using morphological phase-only correlation. *Optics Communications*, 2006. №257(1). – P.39–53. URL: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2005.07.015>. (дата звернення: 23.05.2023).

43. Wang, Q., Lei, L., Wang, B., Chen, L., Zhou, J. Shift- and scale-invariant pattern recognition using morphological fringe-adjusted joint transform correlation. *Optics and Laser Technology*, 2010. №42(7). – P.1084–1092. URL: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2010.01.033>. (дата звернення: 7.06.2023).

44. Wang, Q., Liu, S. Shift- and scale-invariant pattern recognition using morphological phase-only correlation. *Optics and Laser Technology*, 2007. №39(3). – P. 569–576. URL: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2005.10.006>. (дата звернення: 16.05.2023).

45. Wang, Q., Liu, S. Rotation-invariant pattern recognition using morphological fringe-adjusted joint transform correlation. *Optik*, 2010. №121(20). – P.1824–1830. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2009.04.022>. (дата звернення: 13.05.2023).

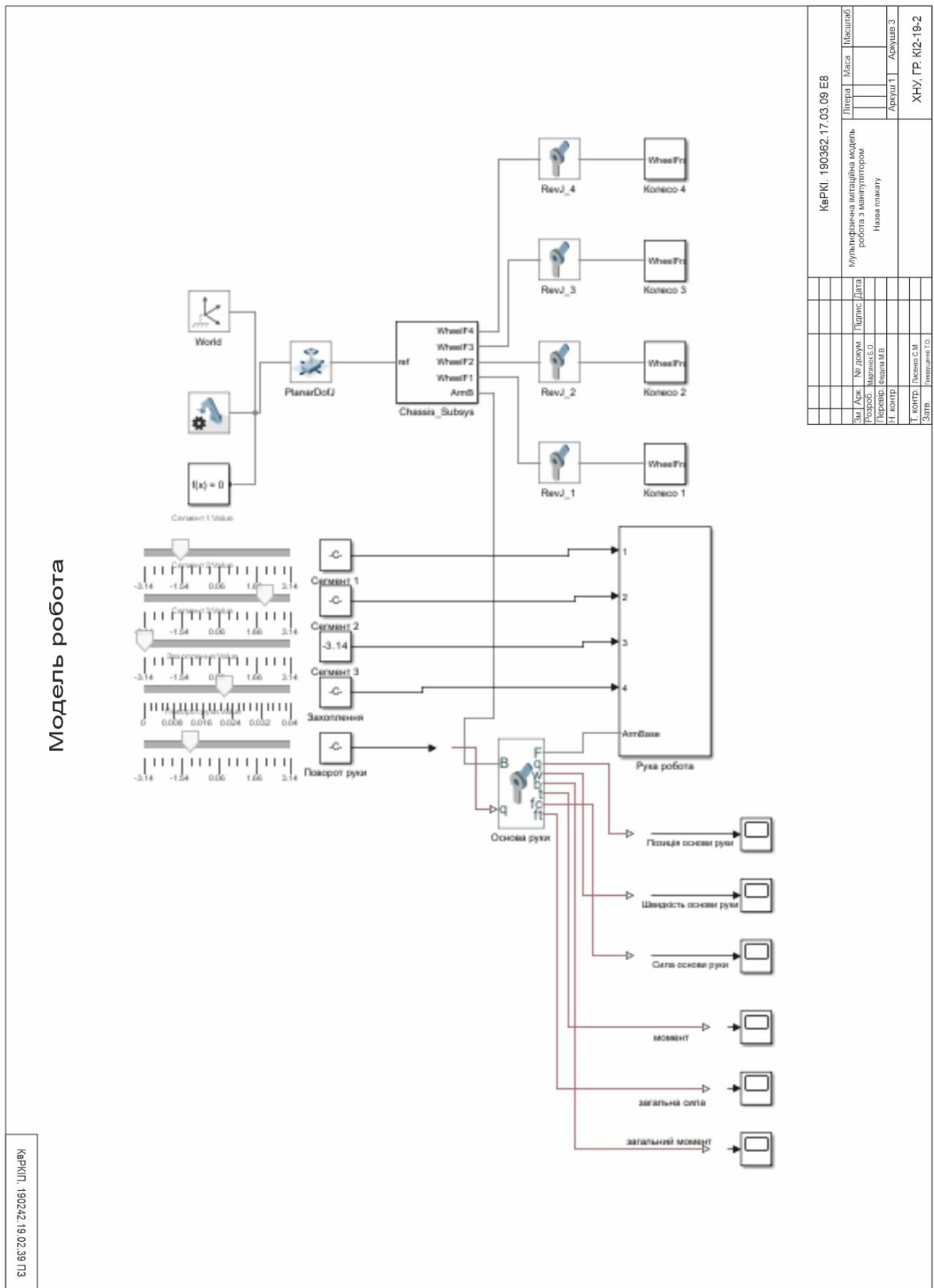
46. Yusoff, M. A. K., Samin, R. E., Ibrahim, B. S. K. Wireless mobile robotic arm. *Procedia Engineering*, 2012. №41. – P.1072–1078. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.285>. (дата звернення: 3.05.2023).

					КВРКІП. 190242.19.02.39 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		73

Додаток А

(обов'язковий)

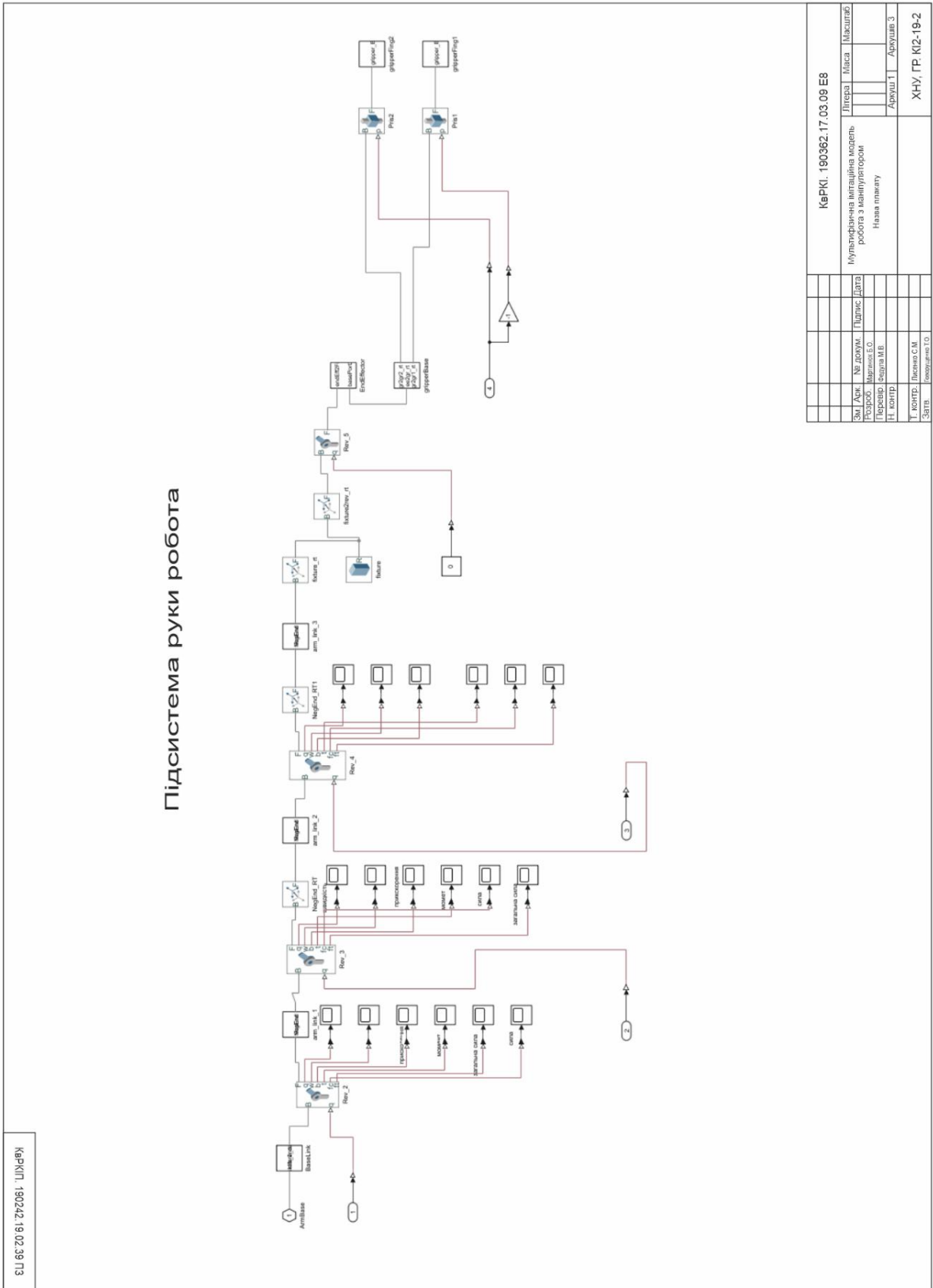
Копія креслення «Модель робота»



Додаток Б
(обов'язковий)

Копія креслення «Підсистема руки робота»

Підсистема руки робота

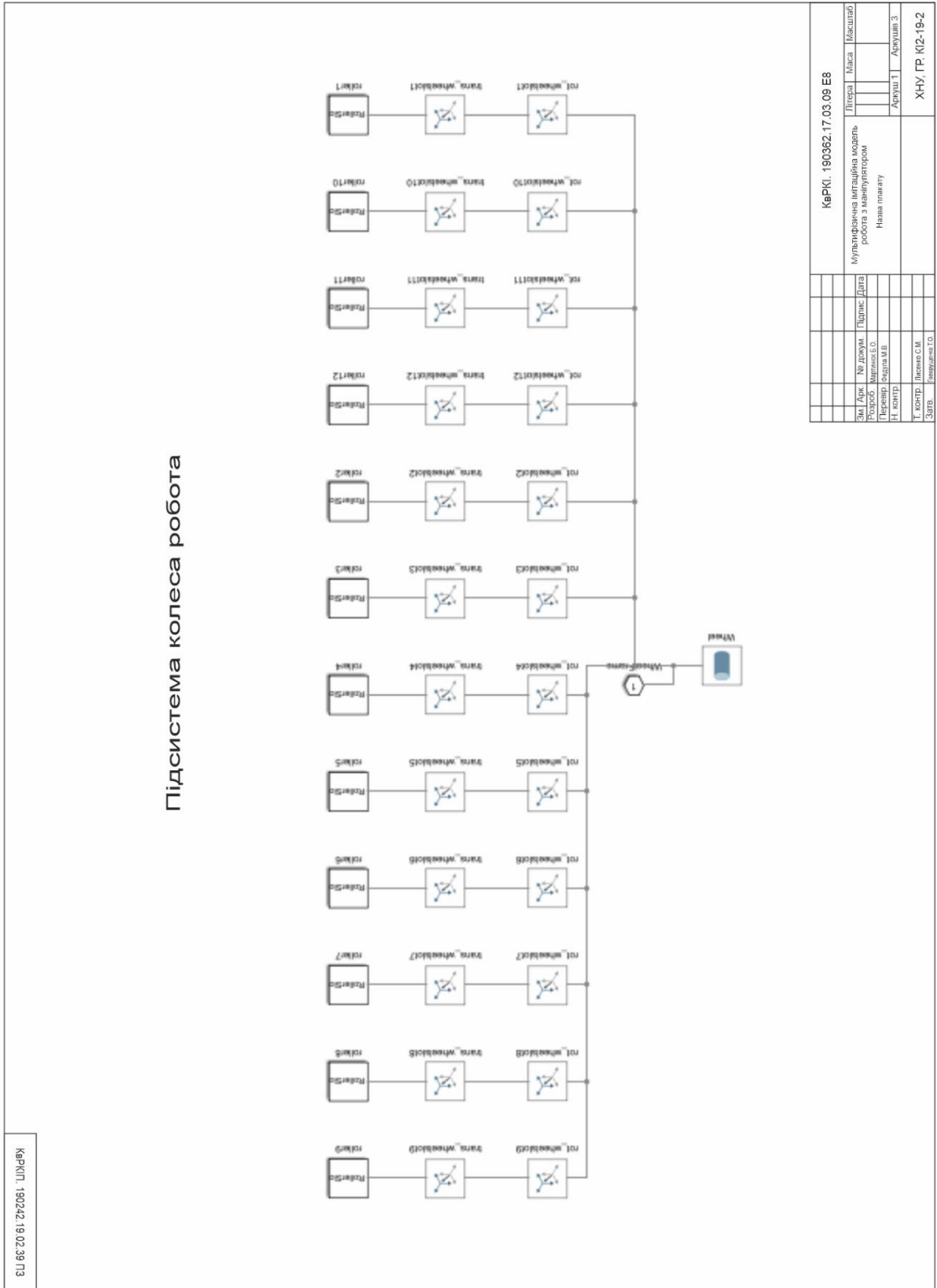


КЕРКІП. 190242. 19.02.39 ПЗ

КЕРКІП. 190362. 17.03.09 Е8		Ітерація	Маса	Масштаб
Мультифункціональна інсталяційна модель роботи з маніпулятором Назва платформи				
Зм. Аук.	На док.	Підпис	Дата	
Розроб.	Мартиненко Е.О.			
Перевір.	Васильєв М.В.			
Н. констр.				Архив 1 Архив 3
Т. констр.	Лисенко С.М.			ХНУ, ГР. КІ2-19-2
Затв.	Бончуренко І.О.			

Додаток В
(обов'язковий)

Копія креслення «Підсистема колеса робота»



User name:
Кафедра КІ

Check ID:
1015696882

Check date:
27.06.2023 13:25:33 EEST

Check type:
Doc vs Internet + Library

Report date:
27.06.2023 13:28:17 EEST

User ID:
100005591

File name: **Мартинюк_Синтез та моделювання операційного автомату на основі автомату Мура**

Page count: **70** Word count: **9229** Character count: **75357** File size: **4.60 MB** File ID: **1015340596**

Text modifications detected (similarity score might be affected)

2.07% Matches

Highest match: **0.92%** with Internet source (<http://elar.khmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10430/1/%d0%94%d0%b0%d1%>)

1.94% Internet sources 59 Page 72

1.4% Library sources 104 Page 72

0.11% Quotes

Quotes 2 Page 73

No references found

58.5% Exclusions

Some exclusions were automatic (exclusion filters: matched word count less than **8 words** and **0%**)

0.59% Internet exclusions 84 Page 74

58.5% Library exclusions 44 Page 74

Modifind

Text modifications detected. Find more details in the online report.

Replaced characters 10

Suspicious formatting 22 Pages

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 11%

ID: 115368 Назва: БКР Мультифізична імітаційна модель робота з маніпулятором Додано в БД: 2023-06-09 Автора: Б.О. Мартинюк Керівники: М.В. Федула Консультанти: Отоненні:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	40031	329	436 (1%)	7 (2%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Нааяність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук. проф. Говорушенко Т. О.

Мартинюк Богдана Олександрівна

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи К12-19-2

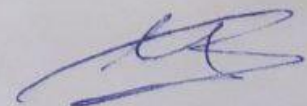
ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

23 червня 2023 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Мультифізична імітаційна модель робота з маніпулятором

Автор: Б.О. Мартинюк

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Федула М.В., д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

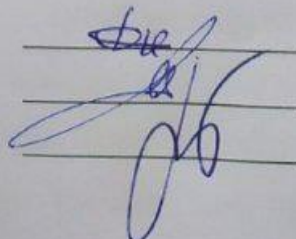
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з багатьма джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 2.07% і адресується до 163 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



М. В. Федула

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Мартинюк Б.О.

Тема: Мультифізична імітаційна модель робота з маніпулятором

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 62

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка мультифізичної імітаційної моделі робота з маніпулятором
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналітичний огляд предметної області (проаналізовано сучасний рівень розвитку робототехнічних засобів з механічними маніпуляторами) та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи виконано розроблення мультифізичної імітаційної моделі робота з маніпулятором у програмному середовищі Matlab Online: обрано бібліотеку блоків для моделювання робота; побудовано блок-схему імітаційної моделі робота з маніпулятором в Simulink; побудовано 3D-модель робота; вибрано параметри для керування маніпулятором. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано дослідження параметрів та характеристик отриманої моделі робота з маніпулятором. Побудовано графіки часових залежностей кутів повороту сегментів маніпулятора, швидкостей руху та прикладених сил з врахуванням потужностей серводвигунів, моментів інерції, маси та пружності блоків робота. Модель може бути об'єднана з іншими моделями різної фізичної природи, а також забезпечує підключення моделі або реального прототипу контролера робота для відлагодження алгоритмів керування.

4. Позитивні сторони роботи: побудована мультифізична модель робота дуже зручна для дослідження та відлагодження алгоритмів керування маніпулятором з врахуванням його фізичних характеристик.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо представлені математичні моделі механічних процесів та алгоритми автоматизованого керування маніпулятором.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

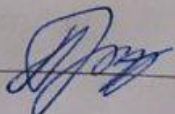
8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Григорук

Наталія Олександрівна, доцент кафедри вищої математики
на спеціальності «Інформаційні системи»

“ ” _____ 2023 р.

 (підпис)