

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ З АДАПТИВНИМ
ПРОГРАМУВАННЯМ

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Невелич Олександр В'ячеславович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Сичук Віктор Анатолійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Невеличу Олександр В'ячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка роботизованої системи з адаптивним програмуванням

Керівник роботи: Сичук Віктор Анатолійович, к.т.н., доцент,

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р., № 461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Технічні характеристики електронних компонентів та плат, а саме крокових двигунів, енкодерів, Arduino UNO, Arduino NANO, CNC Shield V3

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

Вступ. 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ. 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. 3D модель роботизованого маніпулятора – 1 ф. А1; 2. Стенд для програмування роботизованої системи – 3 ф. А1; 3. Електрична схема стенда – 1 ф. А1; 4. Етапи проведення експерименту – 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

1.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>14.03.24</i>	
2.	<i>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>10.04.24</i>	
3.	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>15.04.24</i>	
4.	<i>ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>20.04.24</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>10.05.24</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.05.24</i>	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>30.05.24</i>	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Невеліч О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Сичук В.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Невелич О.В. Розробка роботизованої системи з адаптивним програмуванням. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе наступні питання які були розглянуті: промислові роботизовані системи; конструкції роботів та методи їх програмування; моделювання основних деталей та вузлів роботизованої системи; моделювання збірки роботизованої системи; моделювання кінематичних рухів роботизованої системи; підбір комплектуючих для спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням; моделювання спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням; електрична схема роботи спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням; монтування спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням та опис її роботи; програмування роботи спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням; проведення експериментів функціонування спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням.

Ключові слова: кроковий двигун, роботизований маніпулятор, енкодер, Arduino, програмування.

ABSTRACT

Nevelych O.V. Development of a robotic system with adaptive programming. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of used sources (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes the following issues that were considered: industrial robotic systems; designs of robots and methods of their programming; modeling of the main parts and nodes of the robotic system; simulation of assembly of a robotic system; modeling of kinematic movements of the robotic system; selection of components for a simplified robotic system with adaptive programming; simulation of a simplified robotic system with adaptive programming; electrical diagram of a simplified robotic system with adaptive programming; assembly of a simplified robotic system with adaptive programming and description of its operation; programming of the operation of a simplified robotic system with adaptive programming; carrying out experiments on the functioning of a simplified robotic system with adaptive programming.

Keywords: stepper motor, robotic manipulator, encoder, Arduino, programming.

Зміст

Вступ.....	
...	
1	ЗАГАЛЬНИЙ
РОЗДІЛ.....	
1.1	Промислові роботизовані системи
.....	
1.2	Конструкції роботів та методи їх програмування.....
1.3	Висновки щодо розділу.....
2	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ
РОЗДІЛ.....	
2.1	Моделювання основних деталей та вузлів роботизованої системи
.....	
2.2	Моделювання збірки роботизованої системи.....
2.3	Моделювання кінематичних рухів роботизованої системи.....
2.4	Висновок по розділу
.....	
3	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
РОЗДІЛ.....	
3.1	Підбір комплектуючих для спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням
.....	
3.2	Моделювання спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням
.....	
3.3	Електрична схема роботи спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням.....
.....	

3.4	Висновки	щодо
	розділу.....	
	<i>4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....</i>	
4.1	Монтування спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням та опис її роботи.....	
4.2	Програмування роботи спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням.....	
	
4.3	Проведення експериментів функціонування спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням.....	
4.4	Висновки по розділу.....	
	Висновок.....	
	
	Список використаних джерел.....	

ВСТУП

Прикладна робототехніка

Оскільки все більше і більше роботів призначені для конкретних завдань, цей метод класифікації стає все більш актуальним. Наприклад, багато роботів призначені для монтажних робіт, які не можуть бути легко адаптовані для інших застосувань. Їх називають «монтажними роботами». Для шовного зварювання деякі постачальники надають повні зварювальні системи з роботом, тобто зварювальне обладнання разом з іншими засобами обробки матеріалів, такими як поворотні столи тощо, як інтегрований блок. Таку інтегровану роботизовану систему називають «зварювальним роботом», незважаючи на те, що її дискретний маніпулятор можна адаптувати до різноманітних завдань. Деякі роботи спеціально розроблені для маніпулювання важкими вантажами та позначаються як «важкі роботи» [13].

Поточні та потенційні програми включають:

Виробництво. Починаючи з 1960-х років роботи все частіше використовуються у виробництві. За даними Асоціації робототехнічної промисловості США, у 2016 році автомобільна промисловість була основним споживачем промислових роботів з 52% від загального обсягу продажів. В автопромі вони можуть становити більше половини «роботи». Існують навіть фабрики, які «вимкнули світло», наприклад фабрика з виробництва клавіатур IBM у Техасі, яка була повністю автоматизована ще в 2003 році.

Автономний транспорт, включаючи безпілотні автомобілі та автопілот літака

Домашні роботи, включаючи роботи-пилососи.

Будівельні роботи. Роботів-будівельників можна розділити на три типи: традиційні роботи, роботизована рука та роботизований екзоскелет.

Сільськогосподарські роботи. Використання роботів у сільському господарстві тісно пов'язане з концепцією точного землеробства з підтримкою ШІ та використанням дронів.

Медичні роботи різних типів (такі як da Vinci Surgical System і Hospi); і роботизована хірургія, розроблена та використовується в клініках.

Приготування їжі. Комерційними прикладами кухонної автоматизації є Flippy (бургери), Zume Pizza (піца), Cafe X (кава), Makr Shagr (коктейлі), Frobot (заморожені йогурти), Sally (салати), роботи для мисок для салатів або їжі, виготовлені компанією Dexai (вихідна компанія Draper Laboratory, що працює на військових базах) та інтегровані системи збирання мисок для їжі, виготовлені компанією Spruce Kitchen (придбаною Sweetgreen) і стартапом із Силіконової долини Nurphen. Домашніми прикладами є Rotimatic (випікання коржів) і Boris (завантаження посудомийної машини). Інші приклади можуть включати технології виробництва на основі 3D-друку харчових продуктів.

Автоматизований майнінг.

Освоєння космосу, включаючи марсоходи.

Очищення забруднених територій, таких як токсичні відходи або ядерні установки.

Роботизовані газонокосарки та розмітка лінії спортивного поля.

Спорт роботів для розваг і навчання, зокрема бойові роботи, автономні перегони, перегони безпілотників і FIRST Robotics.

Військові роботи.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Промислові роботизовані системи

В сучасному високотехнологічному виробництві дуже поширеною практикою стало використання роботизованих систем, що виконують найрізноманітніші технологічні операції, які раніше виконували люди. Ефективність, швидкість, точність, безпека у виконанні рухів не викликає сумніву та доцільності використання роботизованих систем та зокрема маніпуляторів.

Роботизована система для здійснення зварювальних операцій.

На рисунку 1.1 зображено 6-ти осьовий промисловий зварювальний робот виготовлений компанією YUEDA [1].

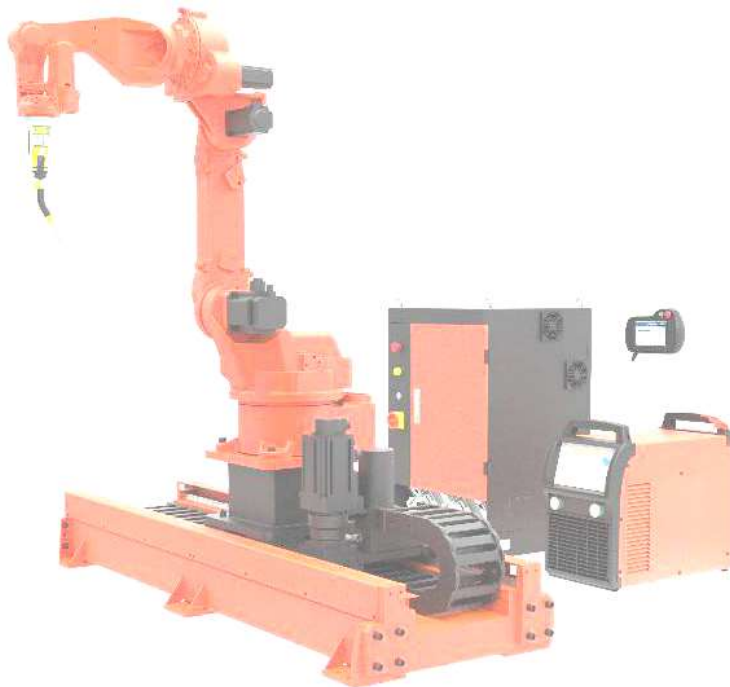


Рисунок 1.1 – 6-ти осьовий промисловий зварювальний робот YUEDA

Опис продукту 6-осьового промислового зварювального робота:

6-осьова рука зварювального робота з навантаженням від 4 кг до 20 кг, ефективна довжина руки від 750 мм до 2001 мм.

Зварювальний робот, оснащений джерелом живлення для зварювання MIG або TIG і зварювальними пальниками, підходить для зварювання вуглецевої сталі, нержавіючої сталі або алюмінієвого сплаву.

Можливі варіанти конструкцій 6-осьових зварювальних роботів як фіксованого так і пересувного типу.

Основні характеристики 6-осьового промислового зварювального робота:

Тип робота: 6-осьовий промисловий робот;

Використання: в основному для;

Ефективна довжина руки: 750 мм, 1410 мм, 1456 мм, 1671 мм, 2001 мм, 2014 мм тощо;

Режим зварювання: MIG, TIG тощо;

Зварювальний струм: 350А, 400А, 500А тощо;

Режим керування: електрична шафа керування з підвіскою для навчання (навчальна коробка);

Точність зварювання: $\pm 0,03$ мм; $\pm 0,05$ мм;

Тип двигуна: високоточний серводвигун;

Тип редуктора: редуктор високої точності;

Вхідна напруга: 3 фази 380 В/50 Гц або індивідуальна.

Роботизована система для роботи з об'єктами на палетах

На рисунку 1.2 представлено високотехнологічну роботизовану руку IRB 1100 від компанії ABB [2].

Ключові особливості:

- Пропонує на 35% швидший цикл для підвищення продуктивності
- На 10% менша площа та більш ніж на 20% зменшення ваги для легкого встановлення
- Найвище корисне навантаження для робота свого класу
- Оснащений до 16 з'єднаннями вводу/виводу (C1+C2) для більш складних застосувань



Рисунок 1.2 – Роботизована рука ABB IRB 1100

Провідна в своєму класі продуктивність для високоякісного виробництва

Спрямований на підвищення продуктивності виробництва, IRB 1100 забезпечує до 35% швидший час циклу та найкращу у своєму класі повторюваність для високоякісного виробництва. IRB 1100 незмінно перевершує аналогічних роботів щодо корисного навантаження та повторюваності позиції (RP) навіть за умов обмеженого простору. Дійсно, IRB 1100 пропонує найвище корисне навантаження для робота свого класу.

Компактний і малий розмір забезпечує гнучке встановлення

Порівняно з попереднім поколінням конструкцію робота IRB 1100 було оптимізовано завдяки зменшенню займаної площі на 10% і зменшенню ваги на 20% для компактної установки в різних середовищах, наприклад на заводах з виробництва електроніки.

Невеликі габарити дозволяють одночасно розгортати кілька роботів для спільного виконання операцій автоматизації, забезпечуючи більш гнучке керування операціями з великим навантаженням зі складними інструментами/кінцевими ефекторами. Оснащений новим контролером OmniCore™ від ABB, IRB 1100 оснащений розширеними можливостями керування рухом, що робить його ідеальним для підтримки швидкого складання, встановлення та транспортування матеріалів.

Міцний, але компактний, клас IP67

IRB 1100 має IP40 як стандартний захист і IP67 як опцію. Весь робот розроблено відповідно до стандарту IP67 відповідно до стандарту IEC 60529 - від основи до зап'ястя, що означає, що електричні відсіки захищені від води та твердих забруднень.

Чисте приміщення ISO 4

Сертифікований згідно з ISO 14644-1, IRB1100 для чистих приміщень поєднує високу продуктивність і компактний дизайн для таких галузей, як охорона здоров'я, фармацевтика, електроніка, напівпровідники та виробництво сонячних панелей.

Основні програми:

- Збірка та тестування
- Завантаження та розвантаження
- Загвинчування
- Гумова вставка
- Полірування, шліфування, полірування, видалення задирок та шліфування

Роботизована система для кооперації з ЧПУ верстатами

На рисунку 1.3 показано роботизований маніпулятор Haas Robot Package 3 який призначений для роботи в парі з металорізальним верстатом з ЧПУ [3].



Рисунок 1.3 – Роботизований маніпулятор Haas Robot Package 3

Маніпулятор Haas Robot Package 3 — це повністю інтегрована роботизована-система, що працює за принципом «підключай і працюй», доступна вантажопідйомністю 50 кг для верстатів Haas. Система повністю контролюється за допомогою системи керування Haas. Включає: 6-осьовий робот, програмний інтерфейс для прямого керування через машину Haas, блок електричного інтерфейсу, захисні огороження та всі необхідні соленоїди, обладнання та кабелі.

Максимальна вантажопідйомність 50 кг (частина + захват)

Робот має бути прикріплений до підлоги, і йому потрібне окреме 3-фазне джерело живлення 200-230 В, 50/60 Гц, 7,5 кВА.

Комплексний дизайн із можливістю підключення до вертикальних обробних центрів і токарних центрів металорізальних верстатів

Інтерфейс безпосередньо з системою керування Haas

Одинарний захват в комплекті

Вантажопідйомність 50 кг на зап'ясті (частина + захват)

Включає захисні огорожі, що відповідають вимогам СЕ.

Немає необхідності в додаткових виходах М-коду або складних підключеннях ПЛК, які використовуються сторонніми інтеграторами

Потрібен окремий 3-фазний блок живлення 200-230 В, 50/60 Гц, 7,5 кВА

До складу Haas Robot Package-3 входять такі основні компоненти:

- FANUC M-710iC/50 6-осьова рука робота
- Коробка електричного інтерфейсу робота
- Захисне огороження, що відповідає вимогам СЕ
- Захват деталей кінців рук
- Частина пружинного штовхача

Як видно з вище представлених роботизованих систем застосування їх може бути в найрізноманітніших технологічних процесах: переміщення з місця на місце, зварювання, фарбування, абразивоструменеве оброблення, фрезерні операції і багато іншого...

1.2 Конструкції промислових роботів та методи їх програмування

Для реалізації найрізноманітніших рухів які можуть здійснювати роботи маніпулятори конструктори розробили ряд конструкцій яка приведена далі.

Типи та кількість з'єднань, які має робот-маніпулятор, визначають ступінь його руху, форму його робочої зони та потенційні застосування. Ось огляд найпоширеніших типів роботів-маніпуляторів, які використовуються сьогодні:

Портальні або декартові роботи-маніпулятори встановлюються над головою та мають три призматичні шарніри, які забезпечують лінійне ковзання. Вони класифікуються як 3-осьові роботи та мають великі прямокутні або кубічні робочі зони.

Циліндричні роботи-маніпулятори названі за формою робочої зони. Вони включають лінійні шарніри, з'єднані з поворотною основою, що полегшує рух уздовж вертикальної осі. Таке налаштування дозволяє маніпулятору подовжуватися та втягуватися в будь-яке місце в межах 360 градусів.

Роботи-маніпулятори Selective Compliant Assembly Robot Arm (SCARA) мають поворотні шарніри та рухаються вздовж осі X/Y, залишаючись жорсткими по осі Z. В результаті виходить широкий напівкруглий робочий конверт. Роботи-маніпулятори SCARA класифікуються як 4-осьові роботи.

Полярні роботи-маніпулятори мають поєднання поворотних і лінійних шарнірів, встановлених на основі за допомогою поворотного шарніра. Це дозволяє здійснювати кругові рухи, які дозволяють руці рухатися в межах трьох осей для сферичної робочої зони.

Шарнірні роботи-маніпулятори є найбільш гнучкою конфігурацією промислових роботів. Важель з'єднується з основою за допомогою поворотного шарніра, а ланки всередині плеча з'єднуються за допомогою поворотних шарнірів, що дозволяє рулю обертатися, нахилитися та відхилитися. Ці маніпулятори класифікуються як 6-осьові роботи.

SCARA

SCARA — це тип промислового робота. Акронім означає Selective Compliance Assembly Robot Arm або Selective Compliance Articulated Robot Arm.

Завдяки розташуванню шарнірів SCARA з паралельними осями, рукоятка дещо податлива в напрямку X-Y, але жорстка в напрямку Z, звідси і термін «селективна податливість». Це вигідно для багатьох типів монтажних операцій, наприклад, вставлення круглої шпильки в круглий отвір без прив'язування [4].

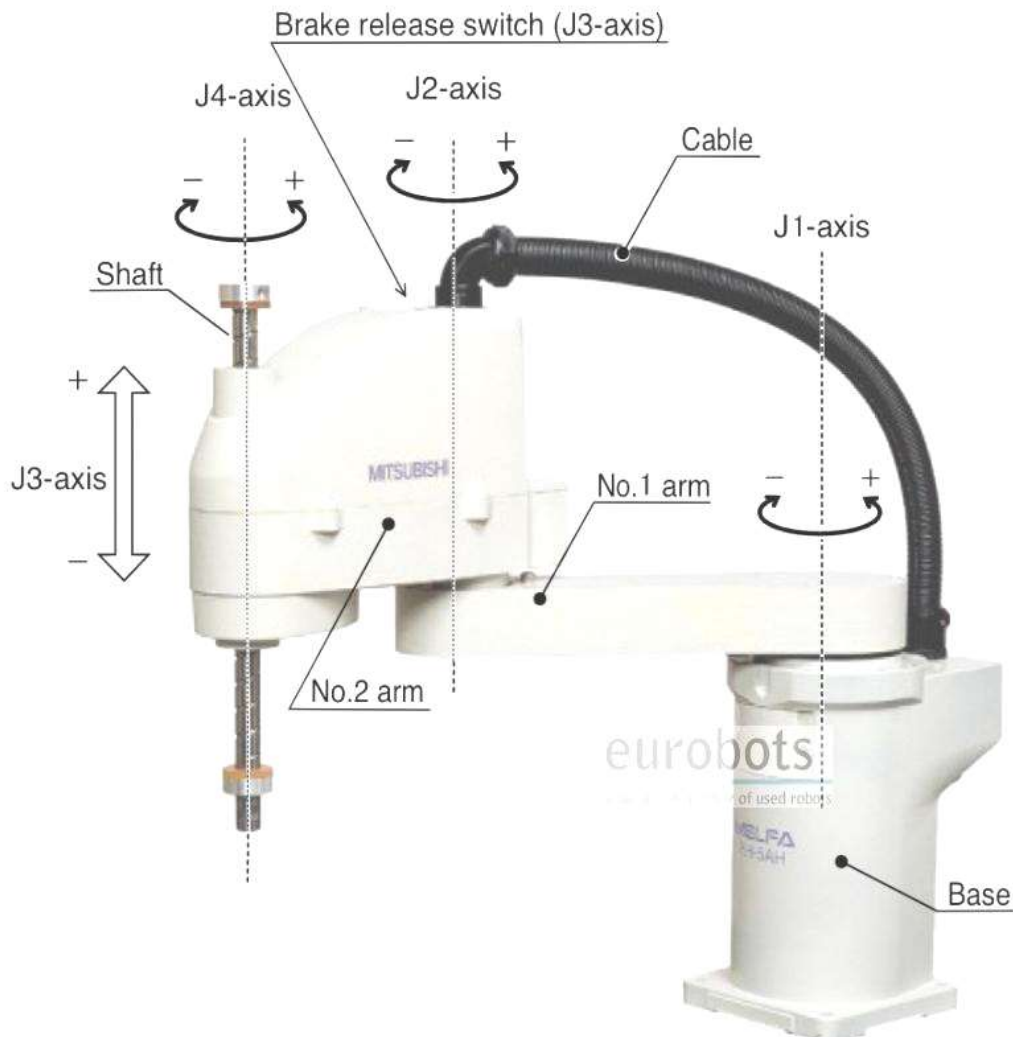


Рисунок 1.4 – Роботизований маніпулятор конструкції SCARA

Другим атрибутом SCARA є шарнірне дволанкове розташування рук, схоже на людські руки, звідси часто вживаний термін, шарнірний. Ця функція

дозволяє руці простягатися в обмежені зони, а потім втягуватися або «складатися» вгору. Це вигідно для переміщення деталей з однієї камери в іншу або для завантаження чи розвантаження закритих технологічних станцій.

SCARA, як правило, швидше, ніж аналогічні системи декартових роботів. Їхнє кріплення на одній підставці займає невелику площу та забезпечує легку та безперешкодну форму монтажу. З іншого боку, SCARA можуть бути дорожчими, ніж аналогічні декартові системи, а керуюче програмне забезпечення вимагає зворотної кінематики для лінійних інтерпольованих рухів. Однак це програмне забезпечення зазвичай постачається разом із SCARA і зазвичай є прозорим для кінцевого користувача.

У 1981 році Sankyo Seiki, Pentel і NEC представили робота SCARA як абсолютно нову концепцію монтажних роботів. Робота було розроблено під керівництвом Хіроші Макіно, професора Університету Яманасі. Його плече було жорстким по осі Z і гнучким по осях XY, що дозволяло йому адаптуватися до отворів на осях XY.

Паралельна кінематика

Роботи маніпулятори з конструкцією паралельної кінематики все більше стають поширенішими через їх позитивні сторони та продуктивність.

Паралельні роботи пропонують ефективні рішення автоматизації для виробників і кінцевих користувачів у традиційних і нетрадиційних галузях роботизованої автоматизації. Їх унікальна конструкція забезпечує переваги для спеціальних застосувань з високими вимогами до швидкості та точності. У цій статті розглядатимуться основи паралельних роботів, їх застосування та вибір одного для вашої програми [5].

Паралельні роботи — це клас роботів, який визначається їхньою механічною конструкцією. Десь між 3-6 ідентичними механічними зв'язками з'єднує основу з маніпуляційною платформою. З цієї конструкції походить назва «паралельний». Цікаво, що геометричний паралелізм не властивий паралельним роботам.

Паралельні роботи також унікальні тим, як ними керувати. Більшість промислових роботів, включаючи паралельні моделі, приводяться в рух електричними серводвигунами. Серводвигуни забезпечують високий крутний момент і неймовірну точність. Однак паралельні роботи можуть бути налаштовані як моделі з пневматичним або гідравлічним приводом. Унікальною для промислової робототехніки є можливість керувати приводами роботів іншими методами, ніж електродвигуни. Вимоги до програми визначають тип паралельного робота, який слід розгорнути. Різноманітні конфігурації допомагають охопити ширший діапазон типів програм, ніж зазвичай.



Рисунок 1.5 – Роботизований маніпулятор конструкції SCARA

Багато галузей мають потребу у високошвидкісних і високоточних програмах. Паралельні роботи мають хороші можливості для підтримки виробників у таких галузях:

Аерокосмічна

Автомобільний

Точне виробництво

Адитивне виробництво

Медичний

Їжа та напої

Електроніка

Пластмаси

На сучасному ринку існують різні типи паралельних роботів. Це надає виробникам можливість вибрати найкраще рішення для своїх застосувань. Два найпоширеніші типи паралельних роботів — стандартні паралельні роботи та дельта-роботи. Стандартних паралельних роботів частіше називають:

Шестиногі роботи

Паралельні маніпулятори

Платформи Стюарта

Стандартні паралельні маніпулятори зазвичай встановлюються так, щоб їхня основа була на землі. Це типово для таких додатків, як симулятори польоту. Ці програми вимагають руху з-під кабіни. Однак для деяких застосувань паралельні маніпулятори можна встановити горизонтально. Наприклад, точна обробка на токарному верстаті зазвичай вимагає горизонтального монтажу. Залежно від застосування ці моделі можуть бути оснащені електродвигунами, пневматикою або гідравлікою. Наприклад, програми з високим навантаженням, такі як симулятори польоту, вимагають величезної потужності. Тому ці роботи часто приводяться в рух гідравлічними приводами замість електродвигунів.

Роботи Delta часто встановлюються над продуктом або заготовкою. Типова установка включає раму над конвеєрною стрічкою. Дельта встановлюється основою на нижній частині рами, а маніпулятор спрямований донизу, щоб він забирав частини зверху. Дельти, як правило, обмежуються потужністю електродвигуна. Те, чого їм не вистачає в опціях приведення в дію, вони компенсують варіантами інструментів для кінця рукоятки. Загальні приклади варіантів інструментів для кінця рукава включають:

Присоски

Електромагніти

Тактильні маніпулятори

Додатки паралельних роботів пред'являють суворі вимоги. Альтернативні типи роботів не завжди здатні задовольнити ці вимоги. Завдяки

найкращій у галузі швидкості паралельні роботи не мають собі рівних у високошвидкісних програмах. Однак ця швидкість має свою ціну. Розуміння їхніх сильних сторін і обмежень допомагає визначити, які додатки підходять.

Паралельні роботи цінуються за швидкість і точність. У деяких конфігураціях їхня вантажопідйомність також може бути перевагою. Їхня механіка та легка рама дозволяють паралельним роботам досягати неймовірної швидкості, причому деякі дельта-моделі досягають прискорення до 100g у стандартних програмах підбору та розміщення.

Це прискорення є неймовірно цінним у високошвидкісних додатках підбору та розміщення. Типовими прикладами є завдання з пакування легких харчових продуктів. Роботи Delta можуть підбирати невеликі харчові пакети та акуратно пакувати їх у коробки для доставки з неперевершеною швидкістю порівняно з іншими альтернативами. Ці вироби не вимагають делікатного поводження та можуть витримувати високе інерційне навантаження, яке виникає внаслідок різких змін швидкості.

Крім того, деякі версії паралельних роботів можуть бути оснащені гідравлічними приводами. Це дозволяє значно збільшити вантажопідйомність, на порядки більшу, ніж у стандартних дельта-роботів. Гідравлічні паралельні роботи зазвичай використовуються в авіаційних і автомобільних симуляторах. Ці програми вимагають як високої швидкості, так і вантажопідйомності. Паралельні роботи, що керуються гідравлічними приводами, можуть задовольнити обидві ці вимоги.

Програмування роботів

Визначення програмування робота – це метод введення конкретних інструкцій для виконання роботом автоматизованих завдань. Інструкції вводяться в систему керування робота, яка потім переміщує двигуни або приводи на кожній осі. Програма визначає, що робить робот, і дозволяє роботизованому обладнанню виконувати певні дії на лінії виробництва, обробки, логістики чи пакування [6].

Для програмування робота найпоширенішими мовами є C/C++, Python, Java та C#. Інші використовувані мови програмування є специфічними для різних виробників. Багато виробників роботів мають свій програмний код і свій підхід до програмування. Якщо програміст знає, як працювати з одним брендом робота, він не обов'язково зможе працювати з іншим.

Дві ключові категорії програмування роботів — онлайн і офлайн. Онлайн-програмування передбачає переміщення руки робота в певних положеннях, які записуються та зберігаються в системах робота. Офлайн-програмування — це процес написання програми на окремому комп'ютері для керування рухами, а потім її завантаження в робота. Ці визначення роботів більш детально наведено нижче.

Метод навчання роботів традиційно є основним підходом до онлайн-програмування роботів. Це, безумовно, найпопулярніший стандартний метод програмування. Програмісти/оператори використовують навчальну підвіску, яка є блоком керування для програмування рухів робота.

Навчальні підвіски – це зазвичай портативні пристрої, які можуть бути дротовими або бездротовими. Робот налаштований на режим навчання або навчання, а кулон використовується для керування роботом крок за кроком за допомогою клавіатур і командних кнопок, щоб по черзі керувати роботом у потрібні позиції та шляхи для створення програми. Для програмування робота можна переміщати за допомогою різних систем координат:

Шарніри робота рухаються незалежно один від одного в потрібному напрямку. Це вимагатиме кількох переміщень кожної осі/з'єднання, щоб досягти положення та орієнтації інструменту відносно заготовки.

Центральна точка інструмента робота може рухатися вздовж осей X, Y або Z глобальної системи осей робота. Обертання інструменту навколо цих осей також можна легко виконувати за допомогою цієї системи координат. У цьому визначенні глобальна система координат робота зазвичай визначається в основі робота.

Подібна до глобальної системи координат, за винятком того, що осі робота «прикріплені» до центральної точки інструменту (ТСП) і тому рухаються разом з ним. Ця система особливо корисна, коли робот повинен рухатися під кутами, чого можна легко досягти, повернувши вісь на потрібний кут, а потім розпочавши прямолінійний рух уздовж цієї осі.

У багатьох випадках також можна визначити систему координат як точку в просторі в межах робочої зони робота. Прикладом того, де це було б корисно, може бути ситуація, коли робот працює між різними заготовками та інструментами, які можуть рухатися, наприклад конвеєром піддонів або зовнішнім маніпулятором.

Інші приклади, коли цей підхід може бути корисним, – коли робот повинен рухатися по дузі певного радіуса або коли в системі робота доступні кілька робочих інструментів.

Ручне програмування також включає провідний підхід. Ця система програмування спочатку була популярна серед деяких ранніх типів роботів. Однак з часом його використання скоротилося, ставши здебільшого лише для деяких видів живопису. У цьому сценарії робот програмується шляхом фізичного переміщення оператором через завдання, визначення точок тощо на цьому шляху.

До недоліків цього методу можна віднести той факт, що будь-які помилки або неточності, допущені оператором, неможливо легко виправити. Незважаючи на те, що ця функція вже не є основним методом програмування промислових роботів, у багатьох роботів для співпраці (або коботів) ця функція доступна як опція навчання, і її можна модернізувати для промислових роботів, якщо це необхідно

1.3 Висновки щодо розділу

В даному розділі проведено огляд різноманітних роботів маніпуляторів що виконують роботи різноманітного призначення. Також в наступному пункті

деталь описано принципові конструкції та компоновки роботизованих маніпуляторів які призначені для виконання найрізноманітніших технологічних операцій.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Моделювання основних деталей та вузлів роботизованої системи

В якості прикладу роботизованої системи яку можна запрограмувати вирішено зробити роботизований маніпулятор, який виконує роль фрезерного верстата. Кількість осей даної системи приймемо 4. Отже необхідно спроектувати усі необхідні вузли та деталі, відповідно для цього скористаємося САПР програмним забезпеченням SolidWorks.

Моделювання основи.

В якості основи необхідно змоделювати плиту на якій і буде розміщено сам маніпулятор. Отже в режимі ескізу (рис. 2.1) будемо прямокутник з необхідними розмірами, в нашому випадку 150 x 80 мм.

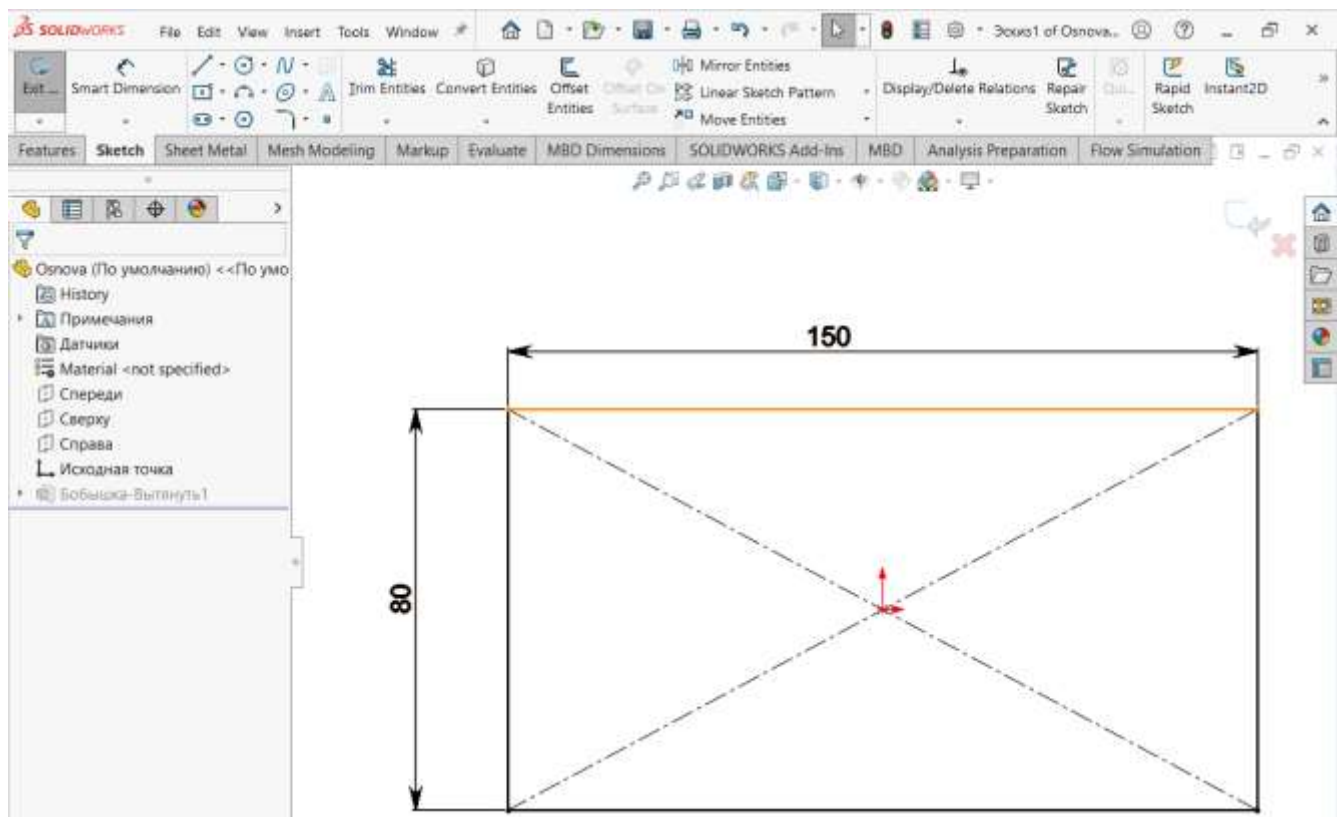


Рисунок 2.1 – Моделювання прямокутника в режимі ескізу

Далі в режимі побудови уже тривимірної деталі витягуємо побудований прямокутник на необхідну товщину (рис. 2.2), в нашому випадку 10 мм.

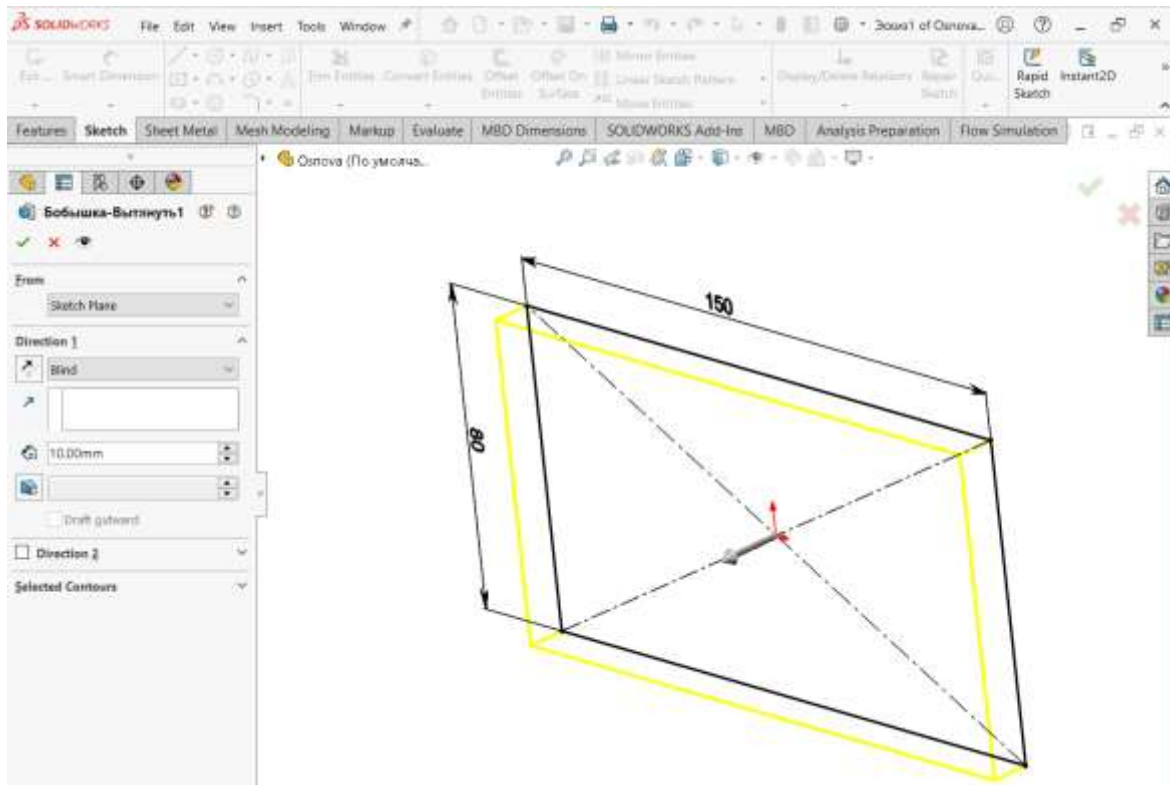


Рисунок 2.2 – Побудова тривимірної фігури

В результаті побудов отримуємо готову тривимірну модель основи маніпулятора (рис. 2.3).

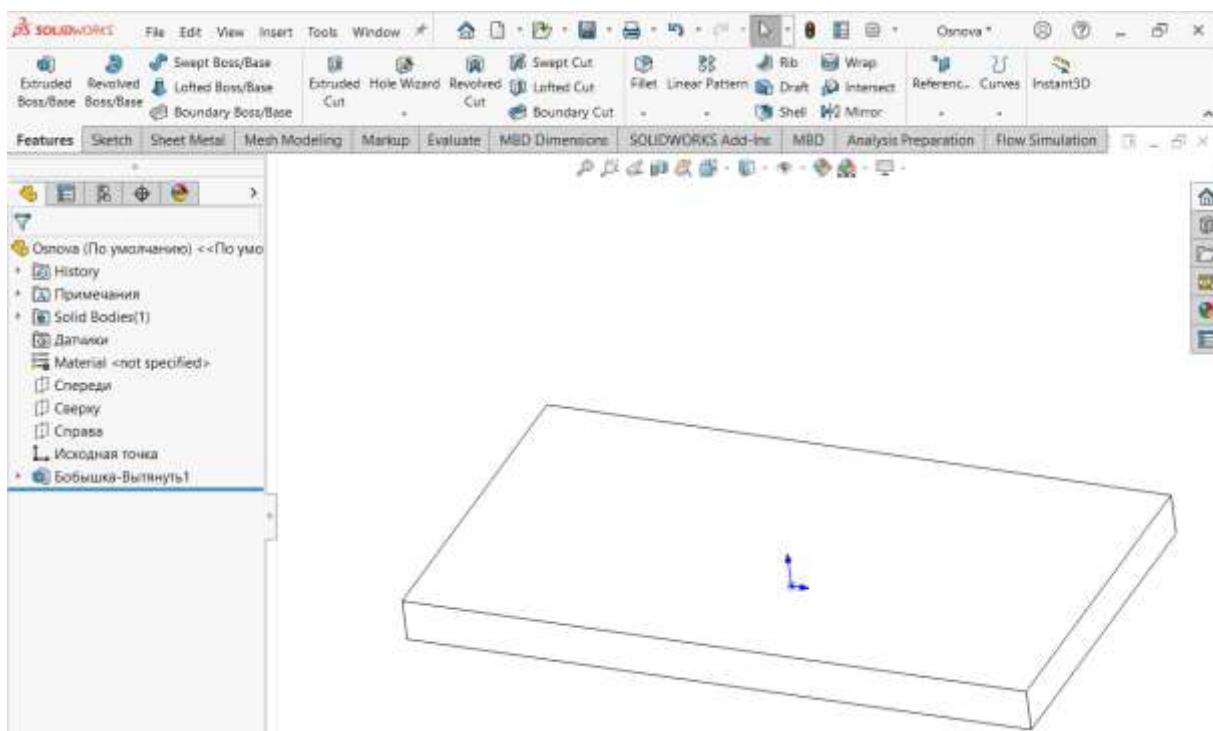


Рисунок 2.3 – Готова тривимірна модель основи
Моделювання опори.

Опора необхідна для монтування основного поворотного механізму маніпулятора. Метод моделювання схожий з попередньою деталлю, тобто методом витягування будуюмо перше кільце (рис. 2.4), а потім таким же методом диск на уже побудованому кільці (рис. 2.5).

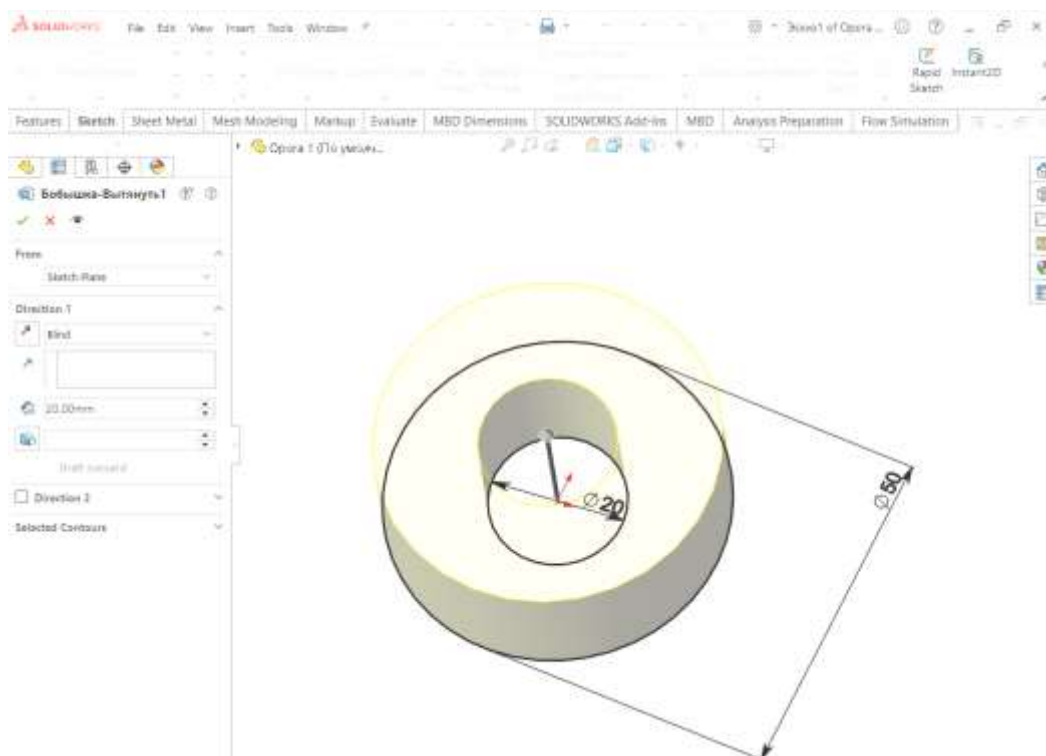


Рисунок 2.4 – Побудова першого кільця

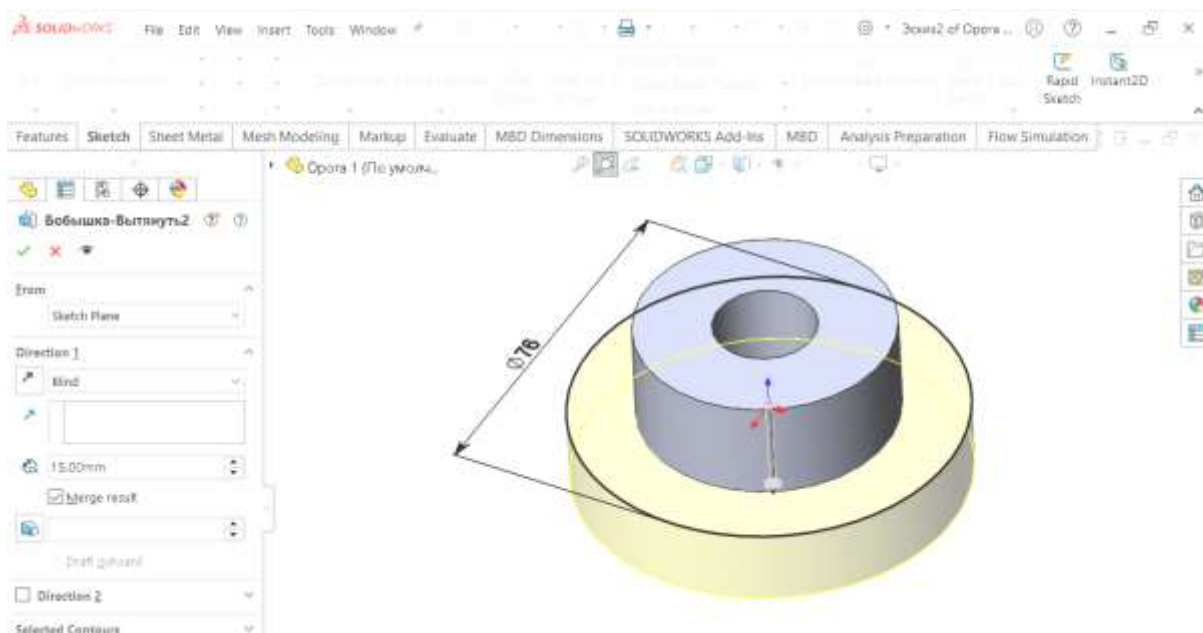


Рисунок 2.5 – Побудова диска на кільці

Моделювання фрикційного колеса повороту.

Дана деталь необхідна для передачі обертового руху від крокового двигуна до маніпулятора. Отже методом витягування будуємо диск (рис. 2.6).

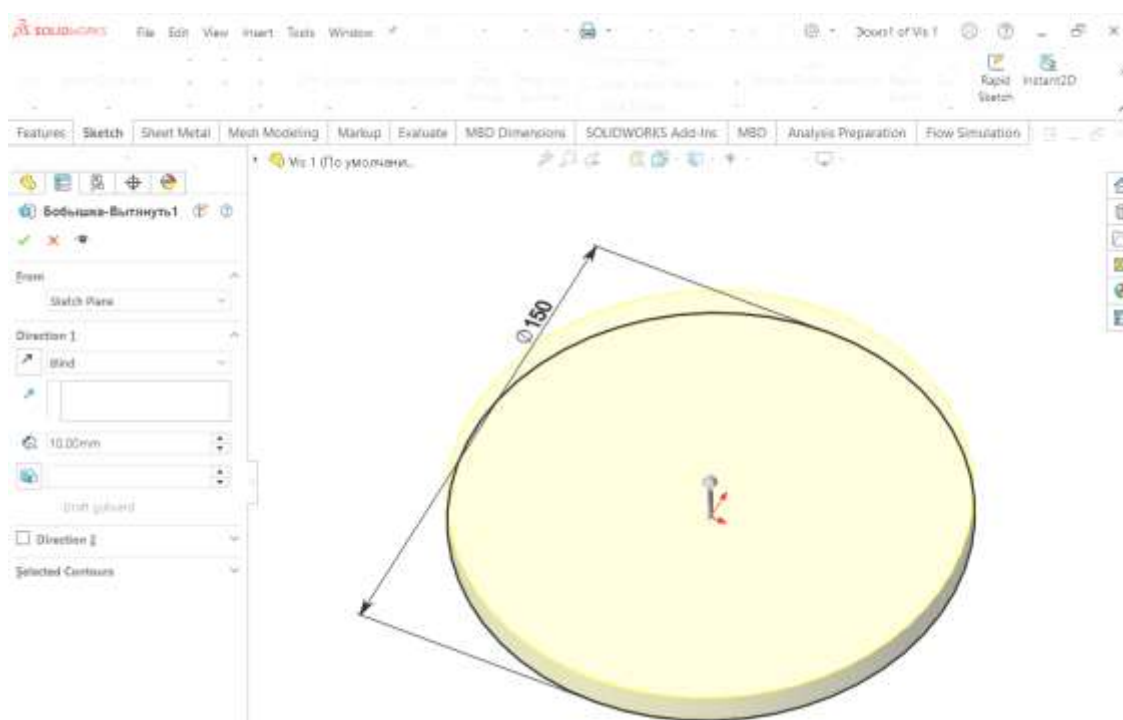


Рисунок 2.6 – Побудова елемента диска фрикційного колеса

Далі аналогічним способом будуємо вісь на якому буде розміщена перша ланка маніпулятора (рис. 2.7).

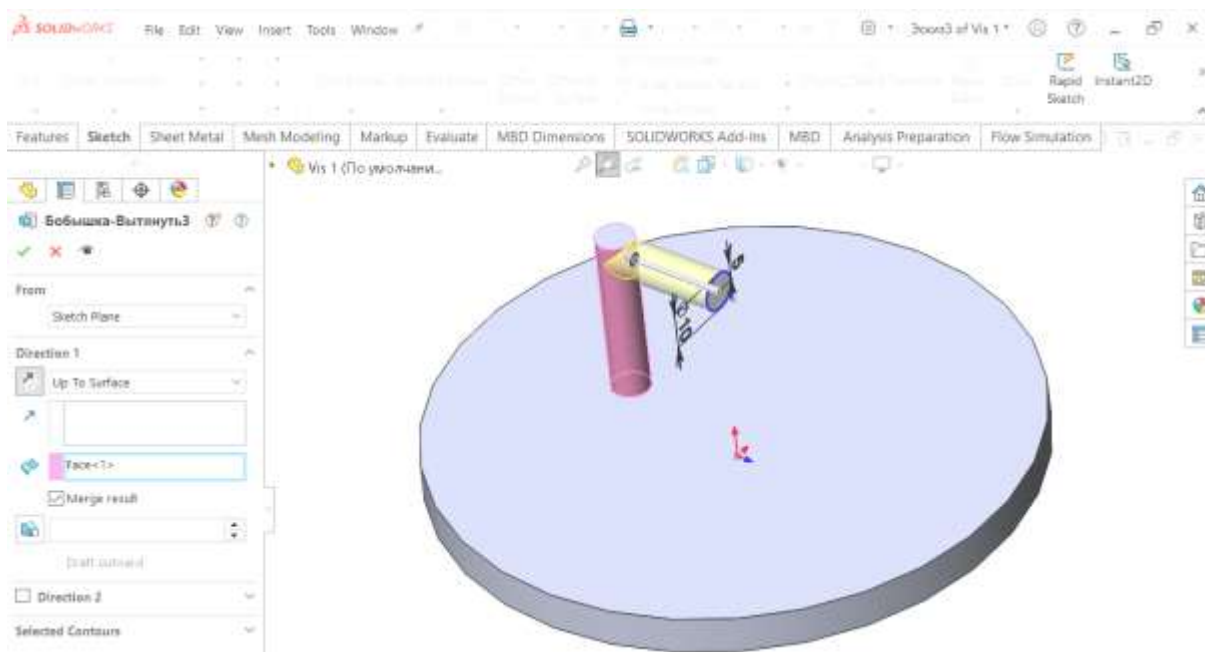


Рисунок 2.7 – Побудова осі

Після цього уже методом вирізання вирізаємо 5 наскрізних трикутників (рис. 2.8), які необхідні як для полегшення конструкції, так і для візуального

вигляду самого процесу повороту фрикційного колеса при моделювання симуляції руху.

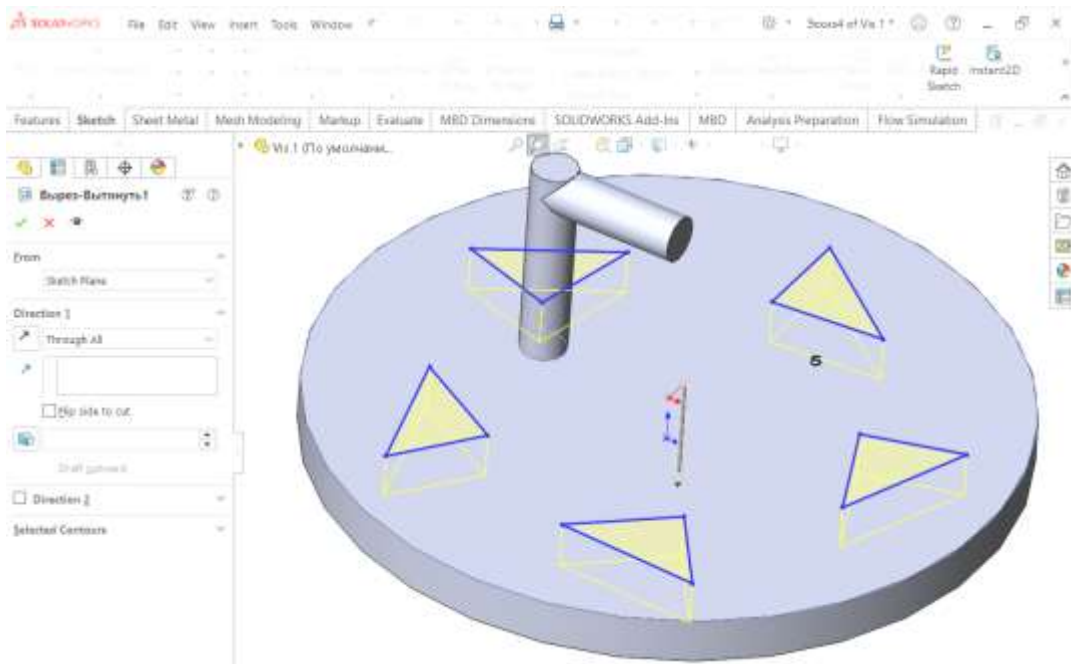


Рисунок 2.8 – Побудова вирізів у формі трикутників

Завершальним етапом у побудові даної деталі є моделювання шипа, який розташовується в опорі для здійснення обертального руху відносно опори. В результаті проведеної роботи отримуємо готову модель (рис.2.9)

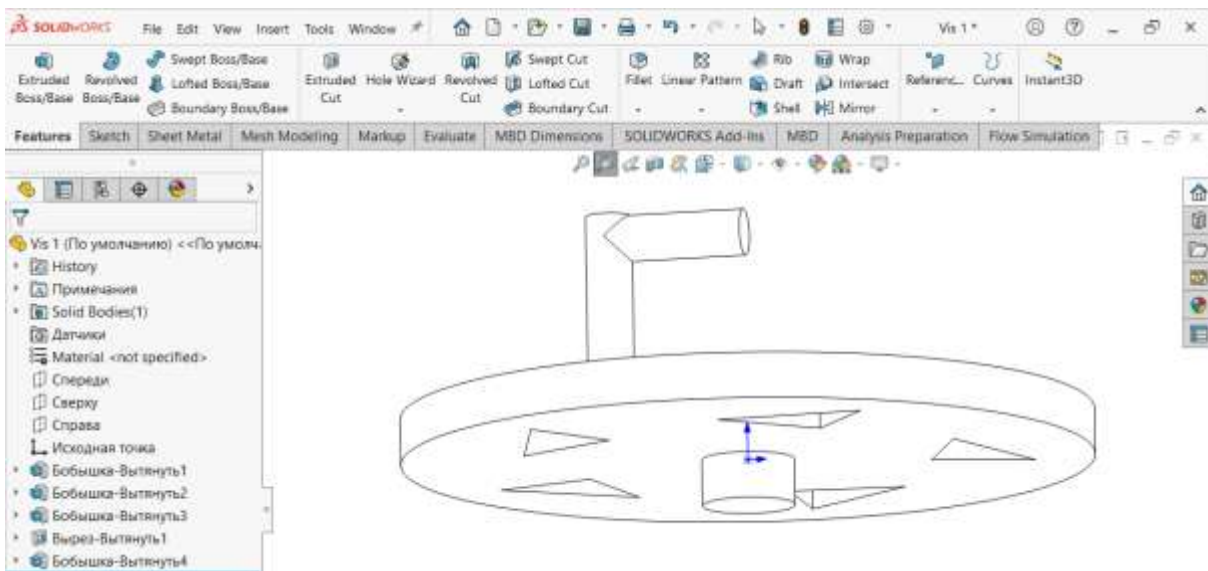


Рисунок 2.9 – Готова модель фрикційного диска

Моделювання крокового двигуна.

Кроковий двигун моделюється в 4 етапи. Отже перший етап витягування циліндра (рис. 2.10) на визначену довжину в 30мм з діаметром 40мм.

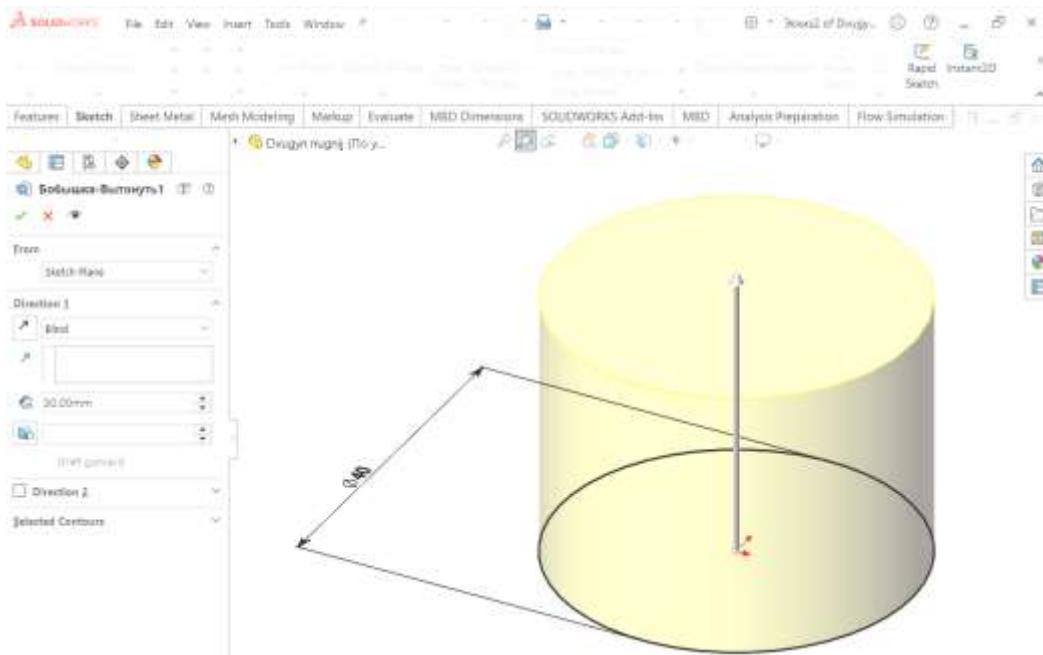


Рисунок 2.10 – Моделювання циліндра

Другий етап – побудова фланця (рис. 2.11) на циліндрі, який витягується на товщину 5 мм з попередньо накресленого квадрата 50 x 50 мм

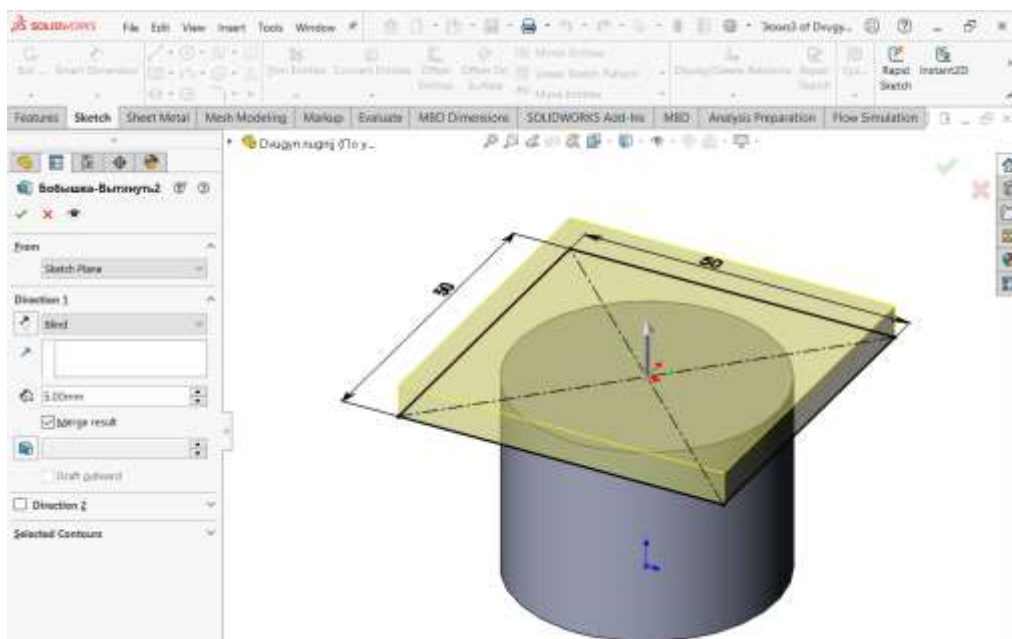


Рисунок 2.11 – Моделювання фланця на циліндрі

Третій етап – моделювання ротора крокового двигуна (рис. 2.12) який витягується на довжину 13 мм з попередньо накресленого кола діаметром 5 мм.

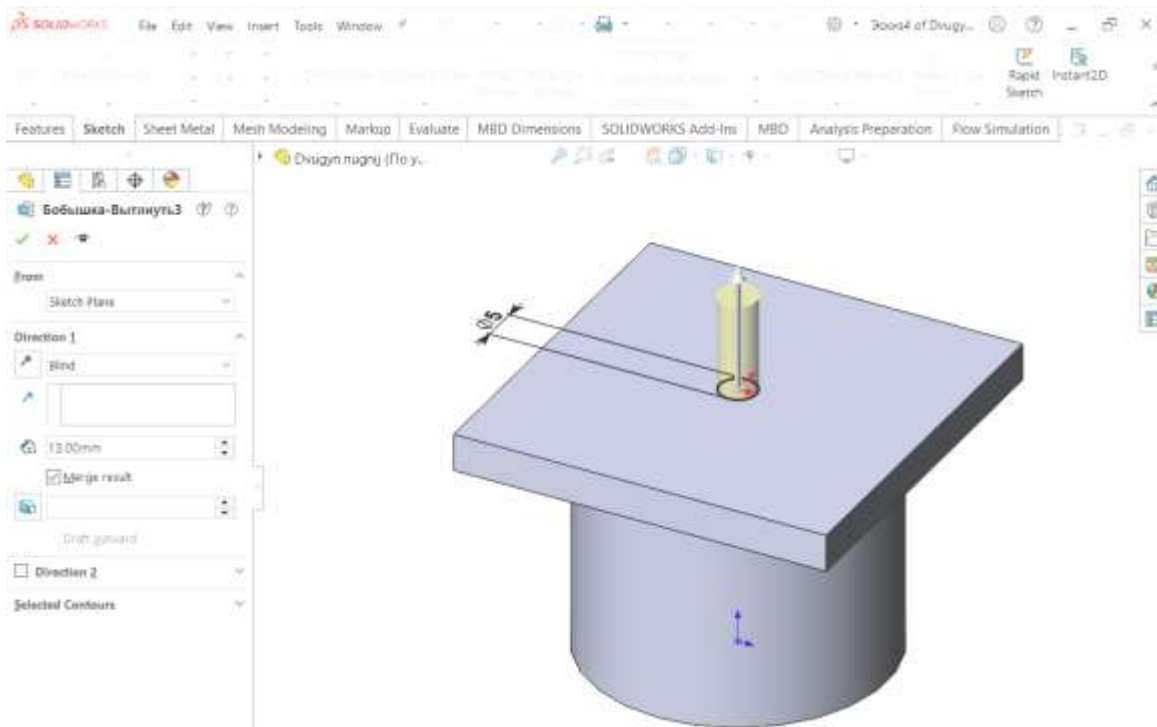


Рисунок 2.12 – Моделювання ротора крокового двигуна

Четвертий етап – вирізка чотирьох наскрізних отворів на квадратному фланці крокового двигуна (рис. 2.13).

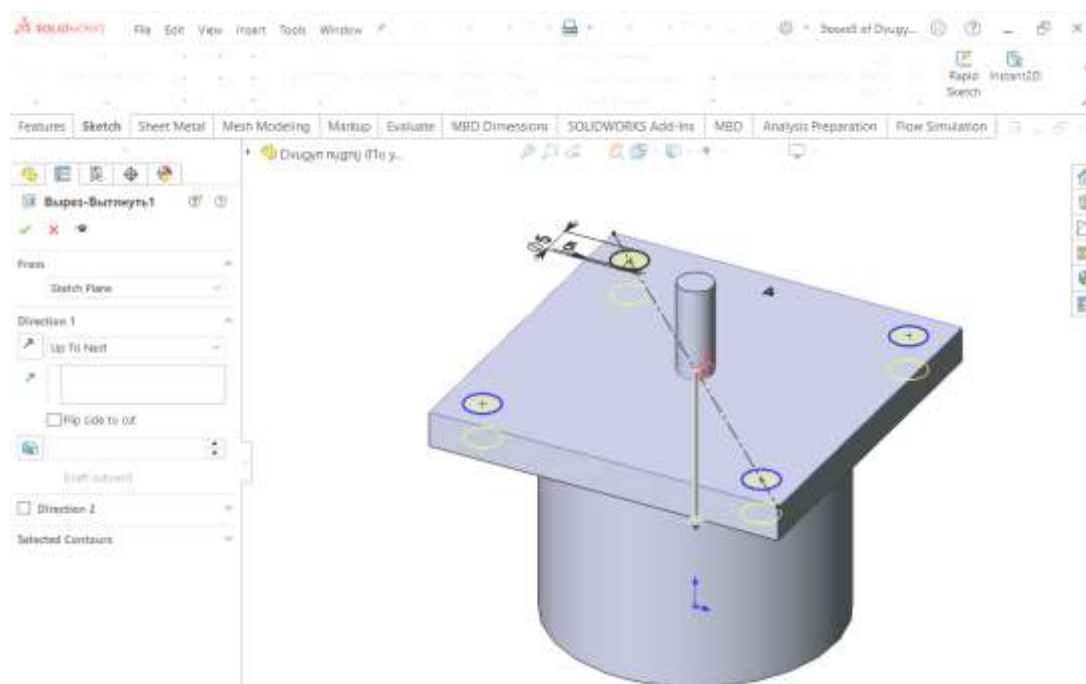


Рисунок 2.13 – Вирізування 4 наскрізних отворів у фланці
Моделювання енкодера.

Моделювання енкодера здійснюється подібним чином як і кроковий двигун, тобто для початку моделюється циліндр (рис. 2.14).

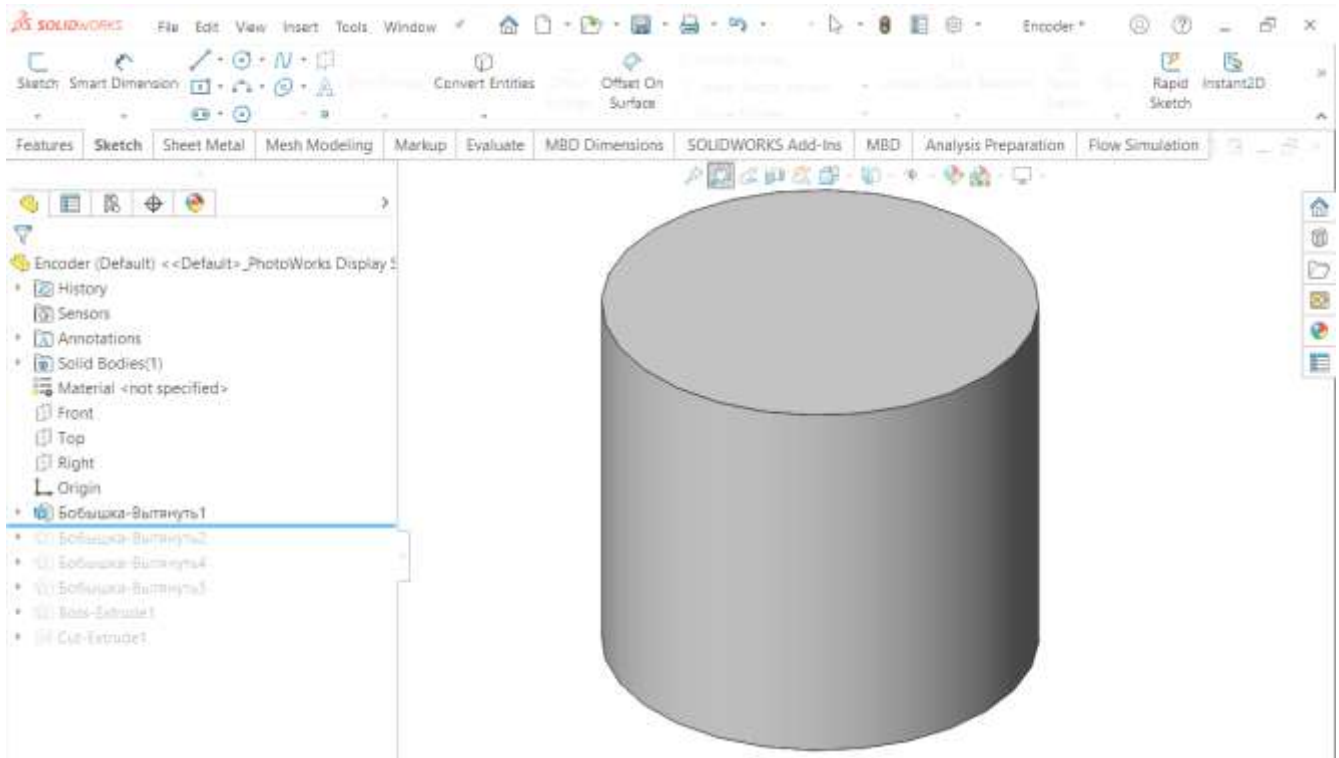


Рисунок 2.14 – Моделювання циліндричного тіла енкодера

Далі на торці циліндра моделюється шайбо подібний нарост який імітує підшипник в корпусі (рис. 2.15).

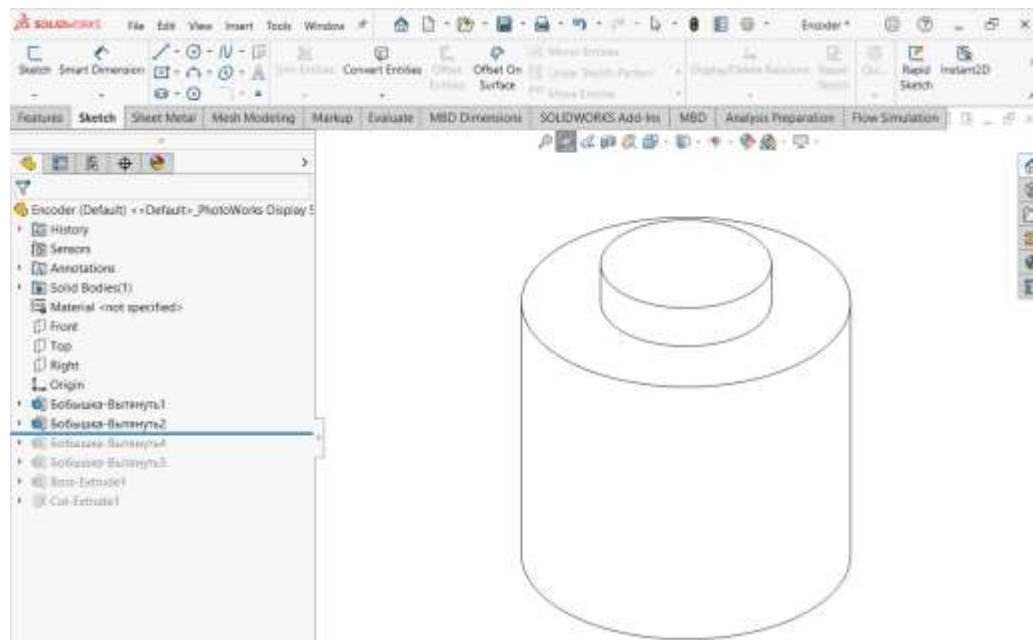


Рисунок 2.15 – Моделювання корпусу для підшипника

Далі знову ж таки методом витягування формується циліндрична шайба на циліндричній частині корпусу енкодера, яка слугує виходом кабеля з енкодера (рис. 2.16).

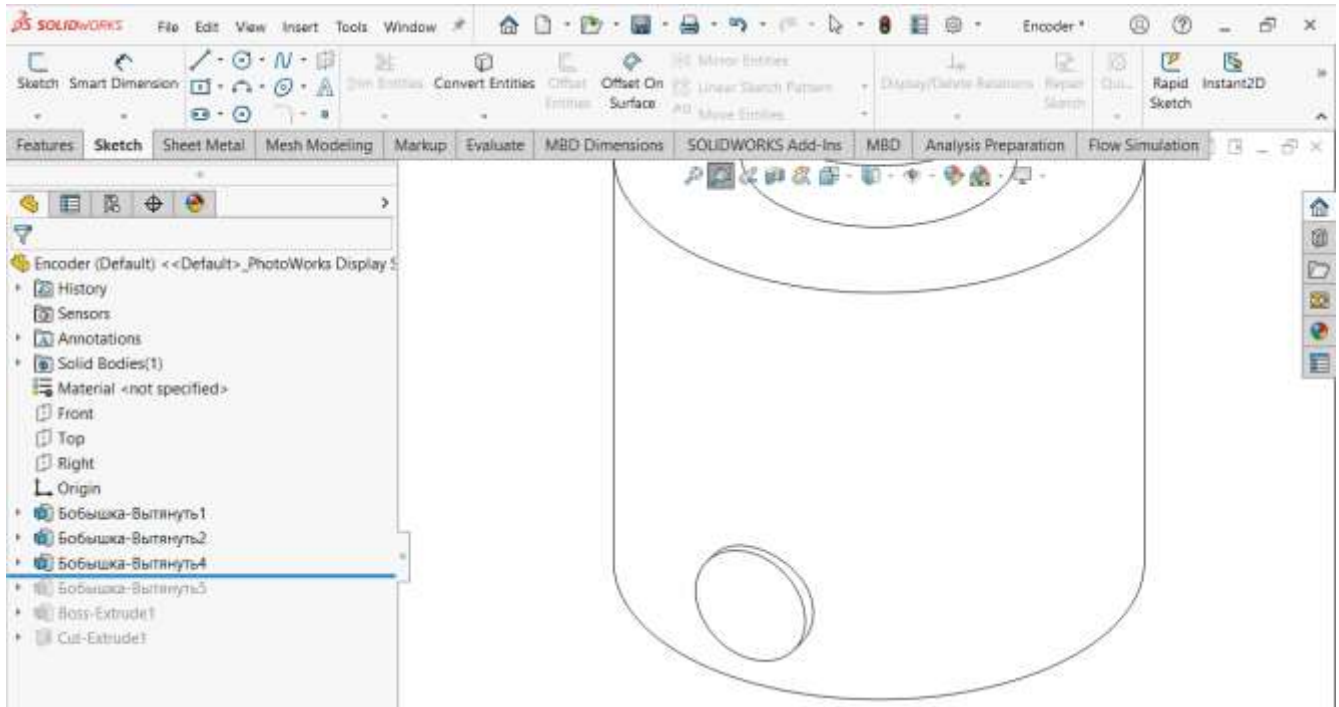


Рисунок 2.16 – Моделювання місця виходу кабелю енкодера

Моделювання фрагменту кабелю представлено на рисунку 2.17.

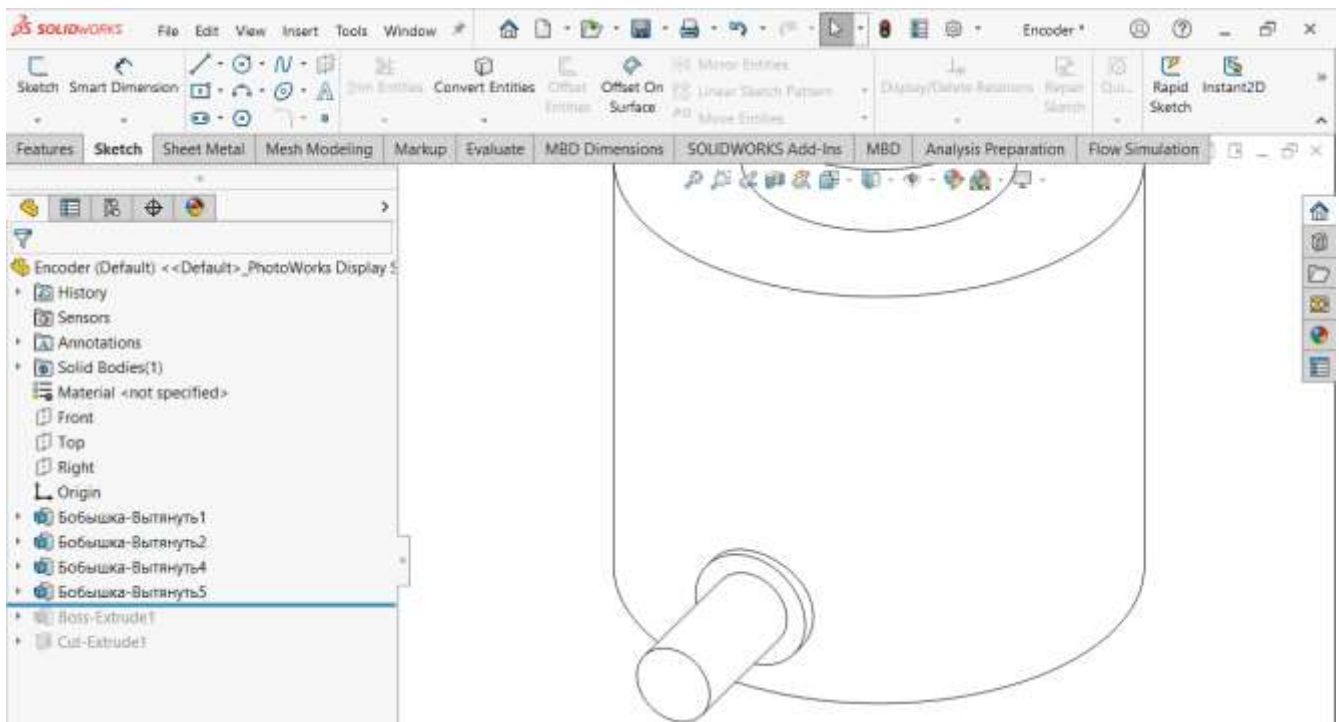


Рисунок 2.17 – Моделювання фрагменту кабелю

І завершальним етапом у моделюванні енкодера є розміщення самого обертального ротора енкодера, який будується також методом витягування кола на необхідну висоту (рис. 2.18).

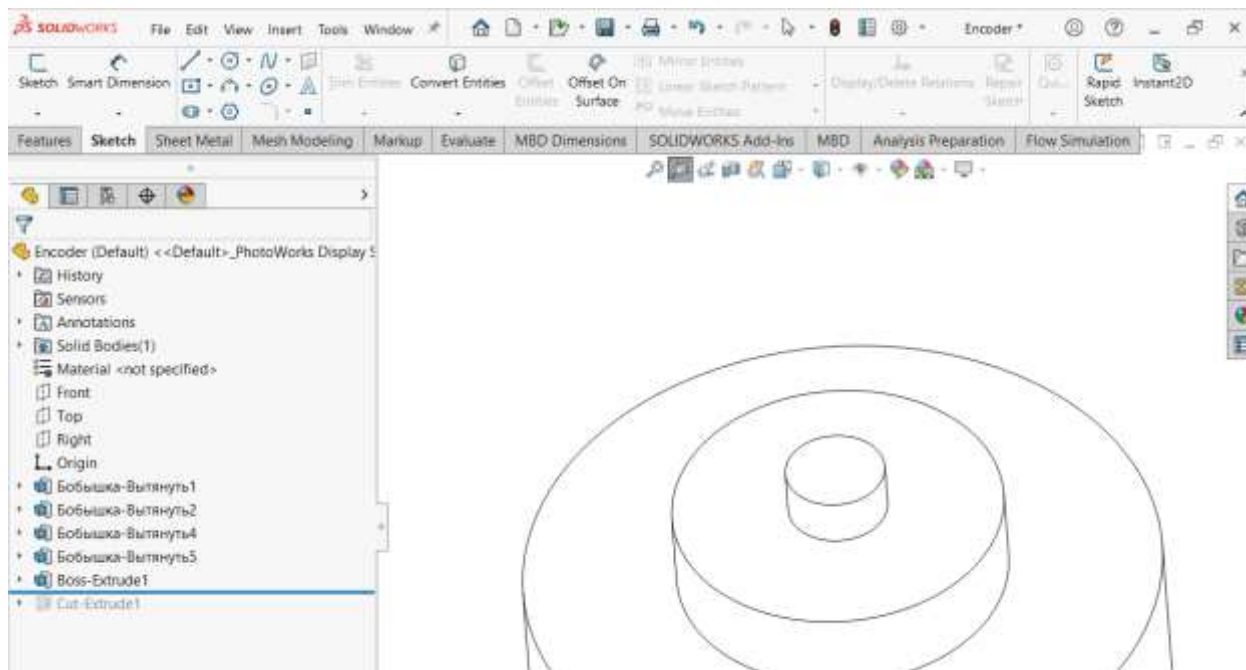


Рисунок 2.18 – Моделювання обертового ротора енкадера

Моделювання малого фрикційного колеса.

Даний елемент будується аналогічно фрикційному колесу повороту, відповідно результат представлено на рисунку 2.19.

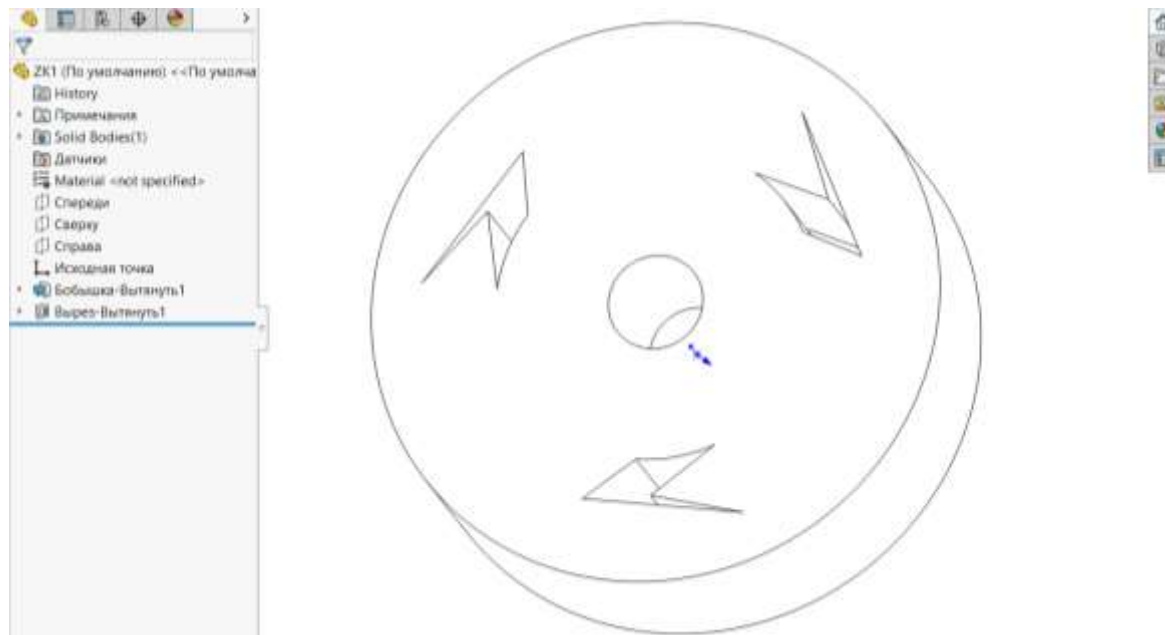


Рисунок 2.19 – Результат моделювання малого фрикційного колеса

Моделювання першої та другої ланок маніпулятора.

Користуючись навичками роботи отриманими в моделюванні попередніх деталей на рисунку представлено результати моделювання двох ланок маніпулятора (рис.2.20 та рис. 2.21 відповідно).

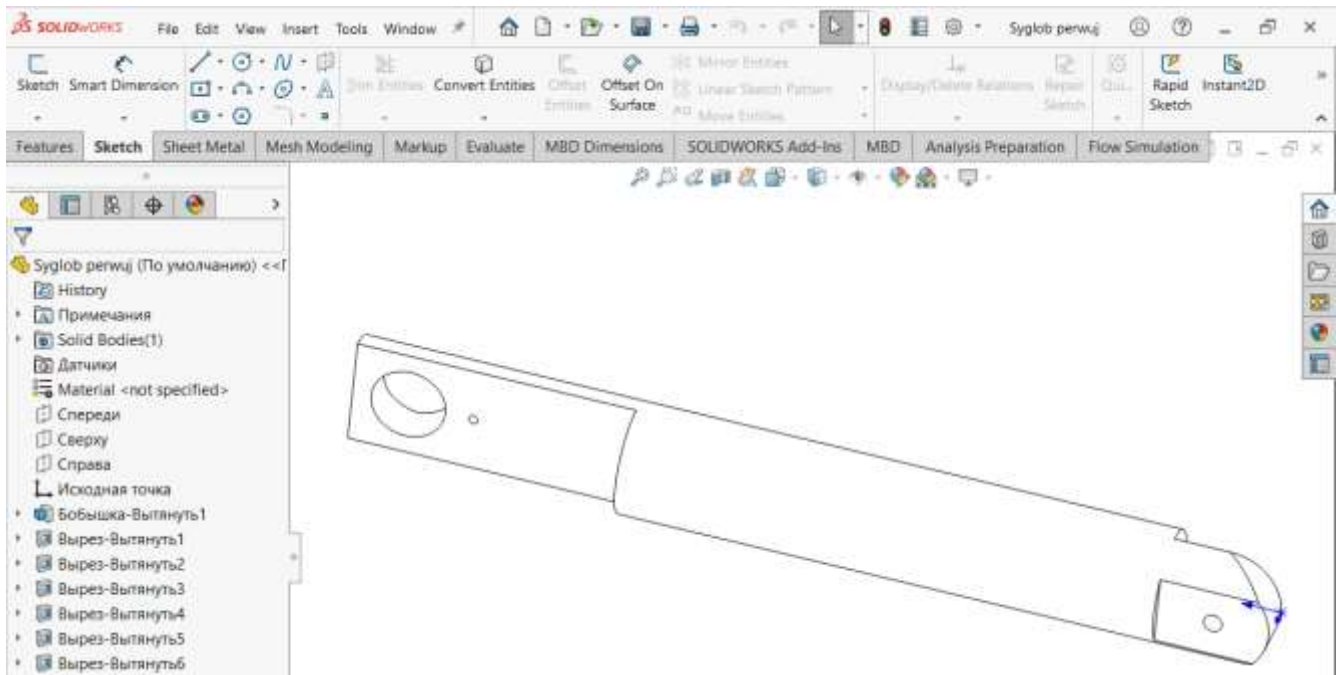


Рисунок 2.20 – Результат моделювання першої ланки маніпулятора

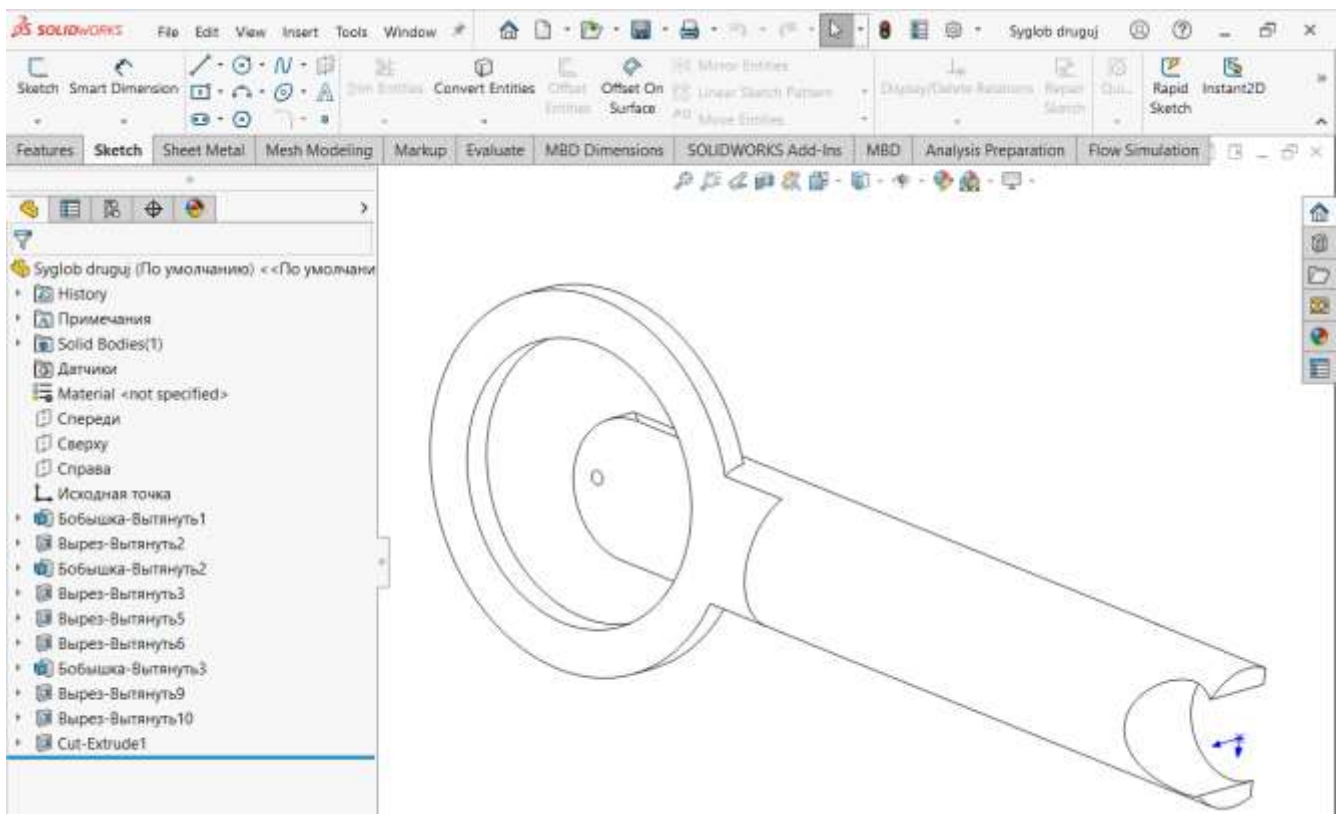


Рисунок 2.21 – Результат моделювання другої ланки маніпулятора

Моделювання шпиндельного вузла.

Процес моделювання шпиндельного вузла проходить аналогічно ланкам маніпулятора (рис.2.22). Проте частина де фреза кріпиться в шпиндель

виконано способом обертання контуру ескізу навколо центральної осі обертання шпинделя (рис. 2.23)

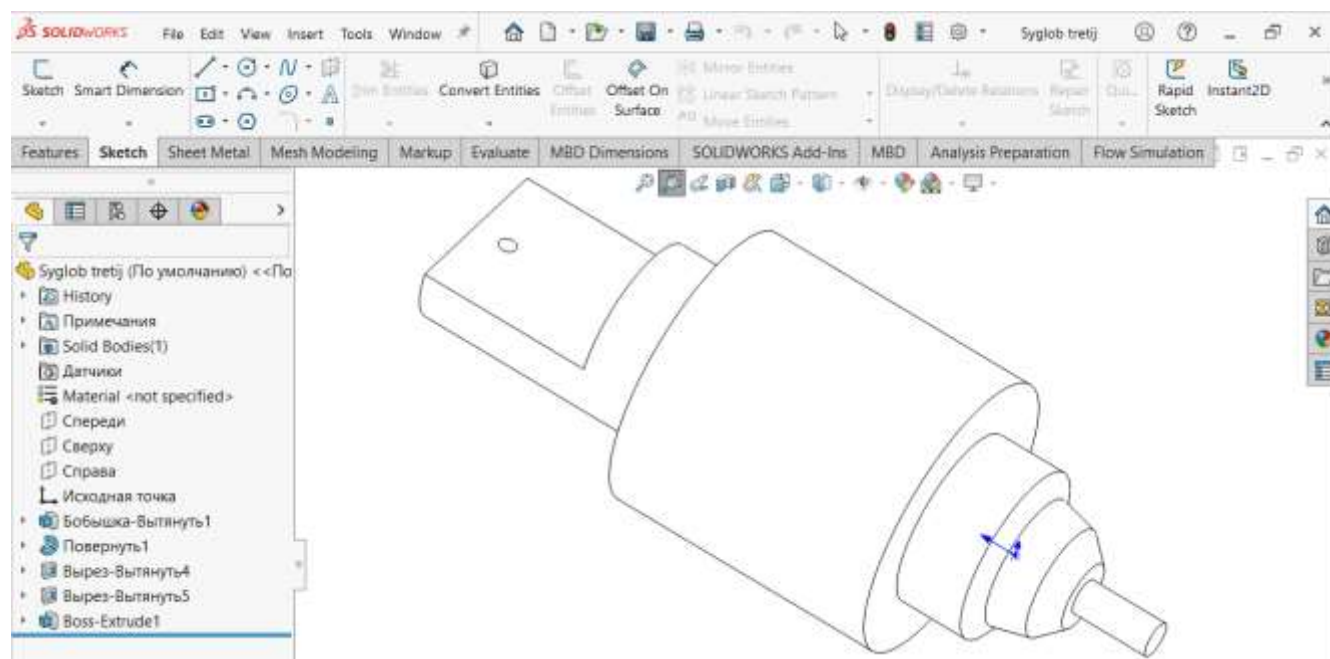


Рисунок 2.22 – Результат моделювання шпиндельного вузла

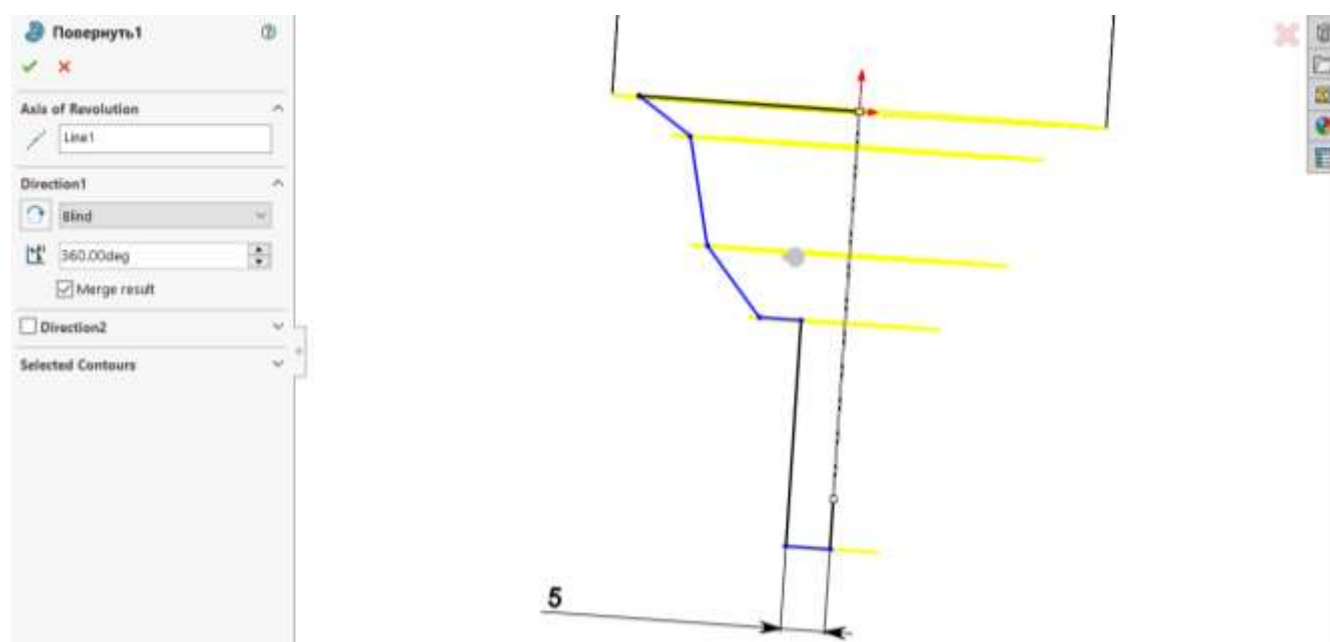


Рисунок 2.23 – Моделювання кріплення та самої фрези методом обертання навколо осі обертання

Моделювання обробної деталі.

Прийmemo, що проeктований маніпулятор призначений для проведення фрезерних операцій, тому як приклад деталі, яка підлягає обробці варто змодельовати таку деталь (рис.2.24).

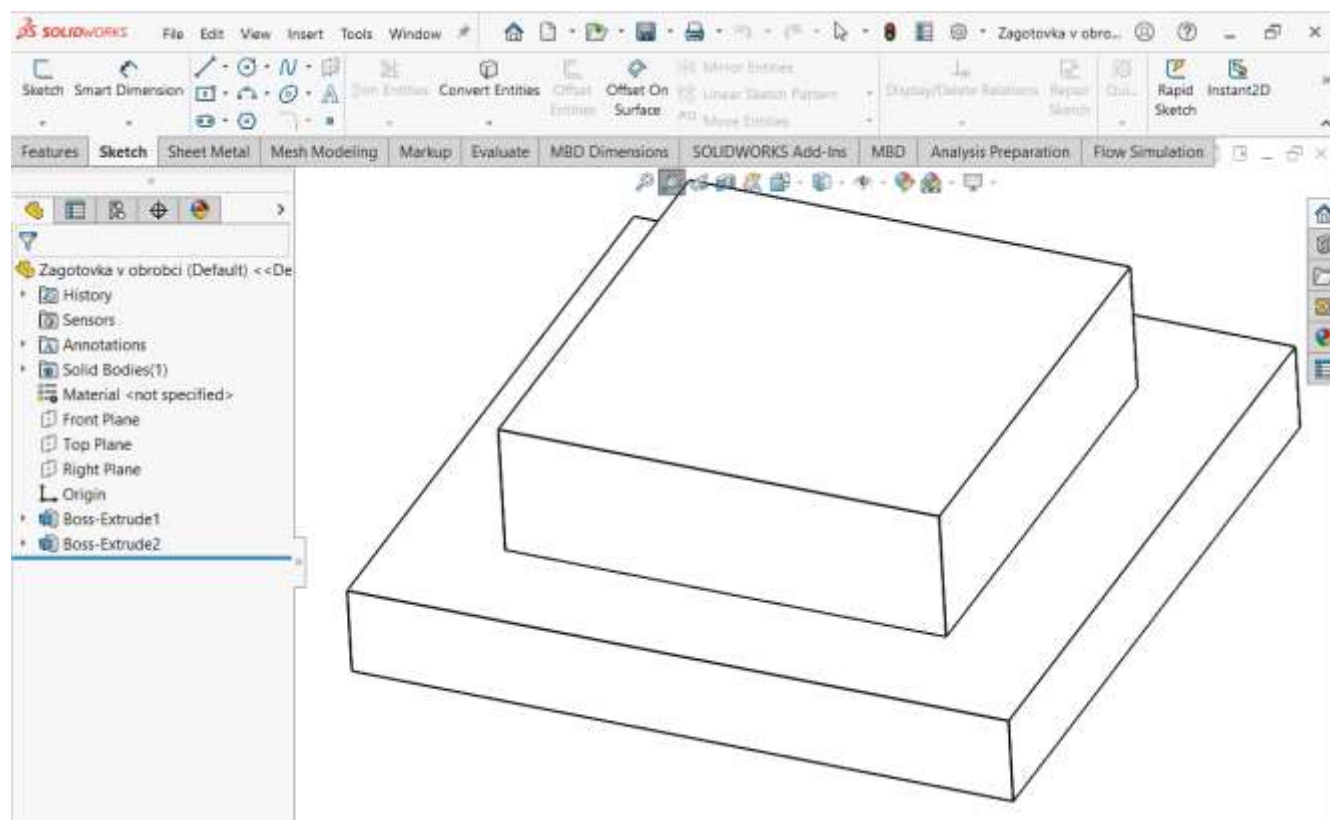


Рисунок 2.24 – Результат моделювання обробної деталі

З вище приведеного рисунка видно, що деталь моделювалася шляхом витягування двох квадратів визначеного розміру і варто відмітити, що елементи розташовані один на одному.

2.2 Моделювання збірки роботизованої системи

В результаті проведених робіт з моделювання усіх необхідних елементів можна приступати до їх об'єднання оскільки лише так можна оцінити кінематичні можливості проeктованого роботизованого маніпулятора.

Сутність створення збірки з змодельованих деталей полягає в розташуванні відповідних поверхонь деталей одна відносно одної таким чином, щоб вони склалися в один цілісний рухомий механізм. Відповідно

деталі якщо вони повинні рухатися одна відносно іншої, то будуть здійснювати рух.

Отже перш за все необхідно в простір програми SolidWorks вставити деталь, яка по суті буде базовою і закріпленою в просторі (рис.2.25). В якості такої деталі слугує основа, відносно якої і будуть відбуватися усі рухи маніпулятора.

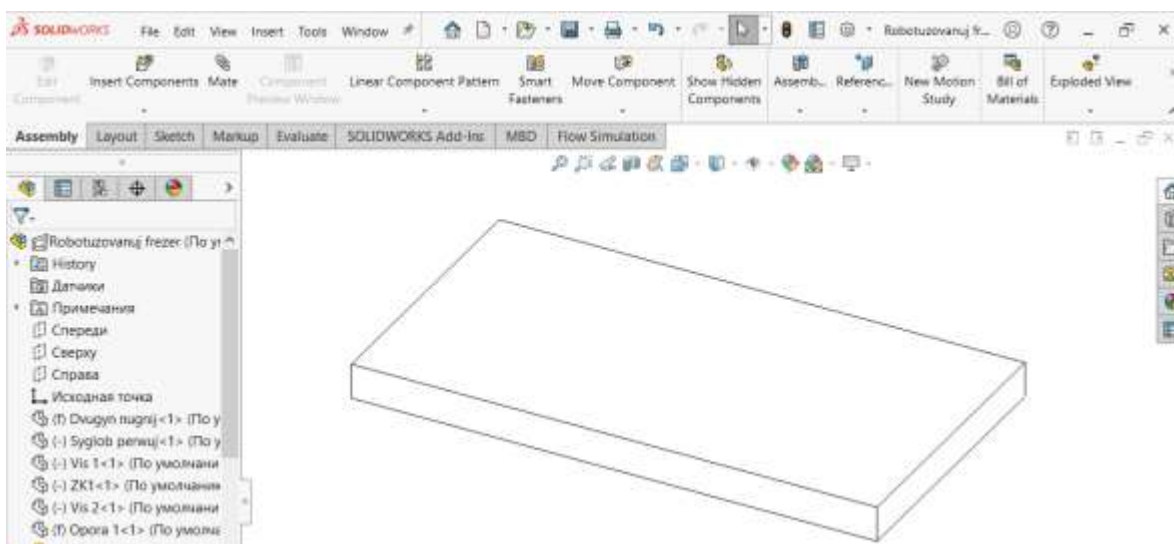


Рисунок 2.25 – Базова нерухома деталь

Далі необхідно вибрати верхню плоску поверхню основи і, попередньо вставивши в простір програми деталь опора, плоску нижню поверхню опори і надати їй властивість суміщення. Відповідно деталь опора розташується на верхній поверхні основ (рис. 2.26).

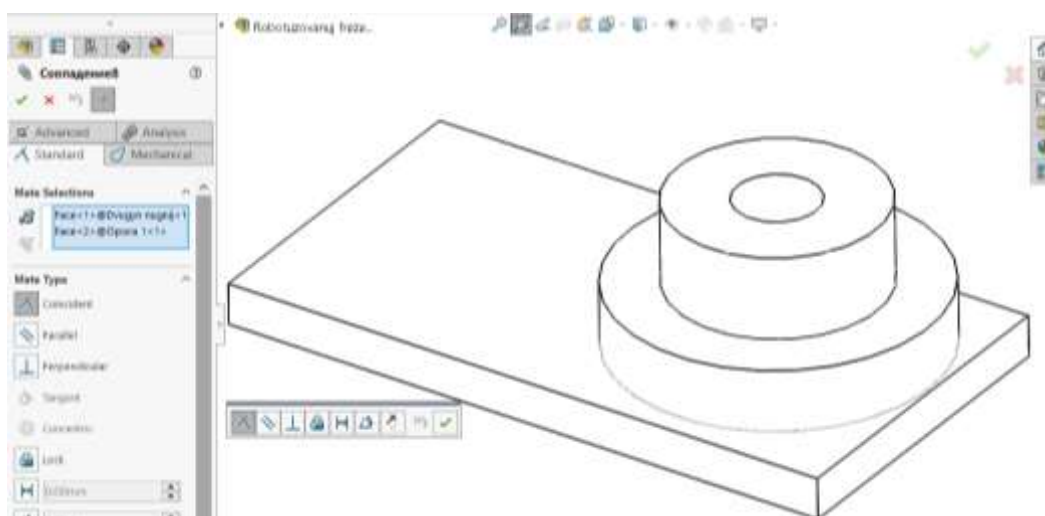


Рисунок 2.26 – Розташування опори на основі

Далі для прикладу розташуємо деталь фрикційне колесо повороту в опорі, для цього необхідно вибрати циліндричний елемент шипа колеса і внутрішню циліндричну поверхню опори і надати їм властивість концентричність (рис.2.27). надалі вибрати торцеву поверхню опори і нижню торцеву велику поверхню фрикційного колеса і надати їм властивість суміщення, тобто дані поверхні будуть розташовані в одній площині, тобто шип вставиться в опору і закріпиться по висоті.

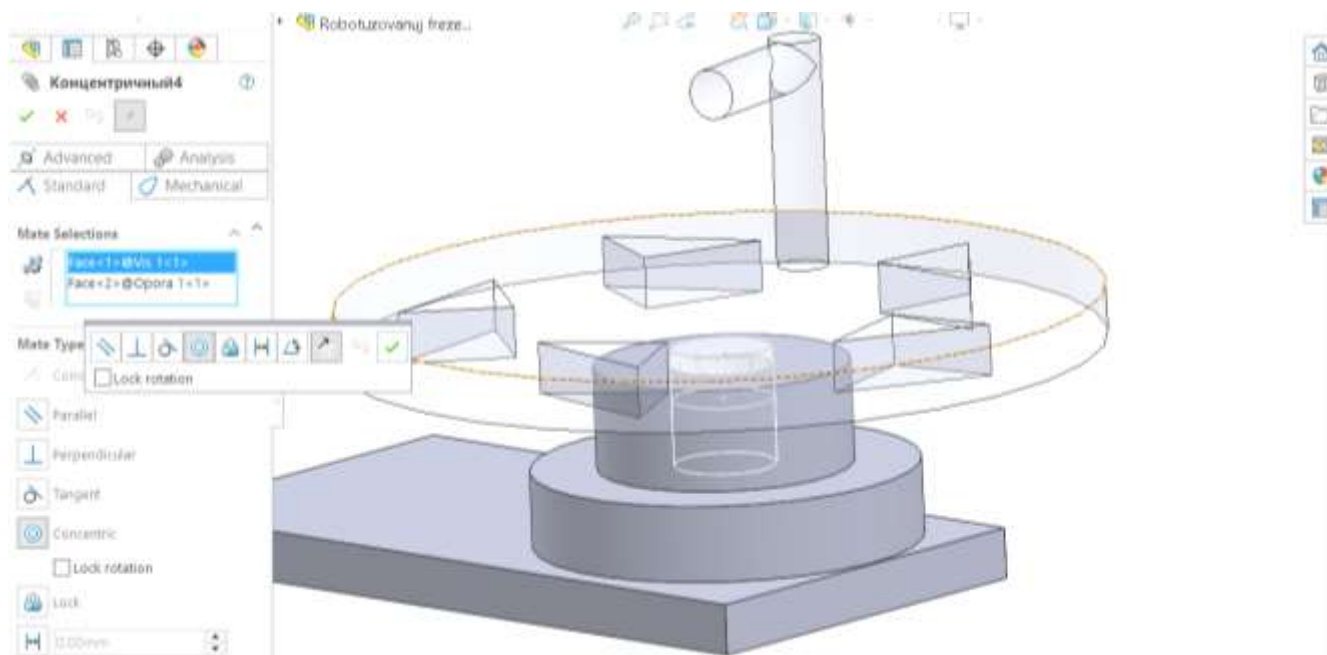


Рисунок 2.27 – Розташування фрикційного колеса повороту в опорі.

Далі для прикладу розглянемо випадок вставки крокового двигуна в першу ланку маніпулятора. Для цього необхідно вибрати внутрішню циліндричну поверхню отвору в ланці і зовнішню циліндричну поверхню крокового двигуна і надати їм властивість концентричність (рис. 2.28). Потім виберемо торцеву поверхню фланця на кроковому двигуні і плоску поверхню «вирізу» на першій ланці і надамо їм властивість суміщення, тобто двигун вставиться в ланку в упор. Далі для того щоб двигун не прокручувався в отворі ланки необхідно бокову поверхню фланця крокового двигуна і торцеву плоску поверхню ланки зробити постійно паралельними одна одній. Таким чином двигун жорстко зафіксується в першій ланці.

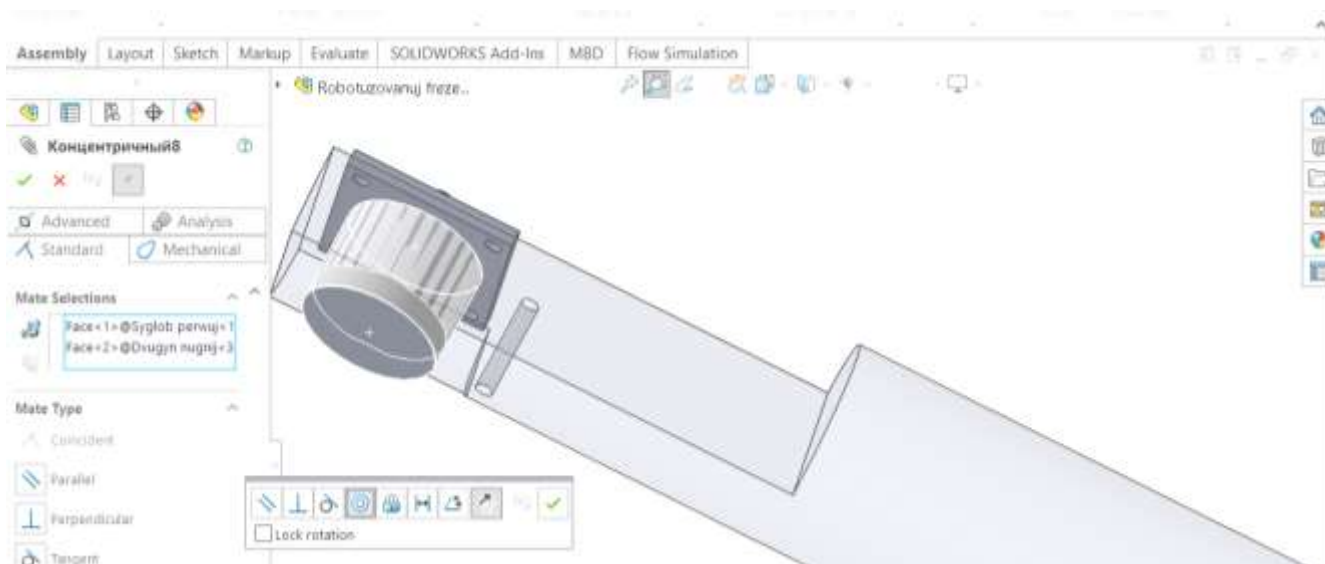


Рисунок 2.28 – Розташування двигуна в першій ланці маніпулятора

Також для прикладу розглянемо випадок зчеплення фрикційних пар, а саме жорстко закріпленого на роторі крокового двигуна фрикційного колеса з кільцеподібним фрикційним елементом, що розташований на першій ланці. Отже необхідно вибрати зовнішню циліндричну поверхню колеса з внутрішньою циліндричною поверхнею кільцеподібного елемента і надати їм механічного суміщення, а саме передаточного числа в нашому випадку 100 до 30 (рис.2.29).

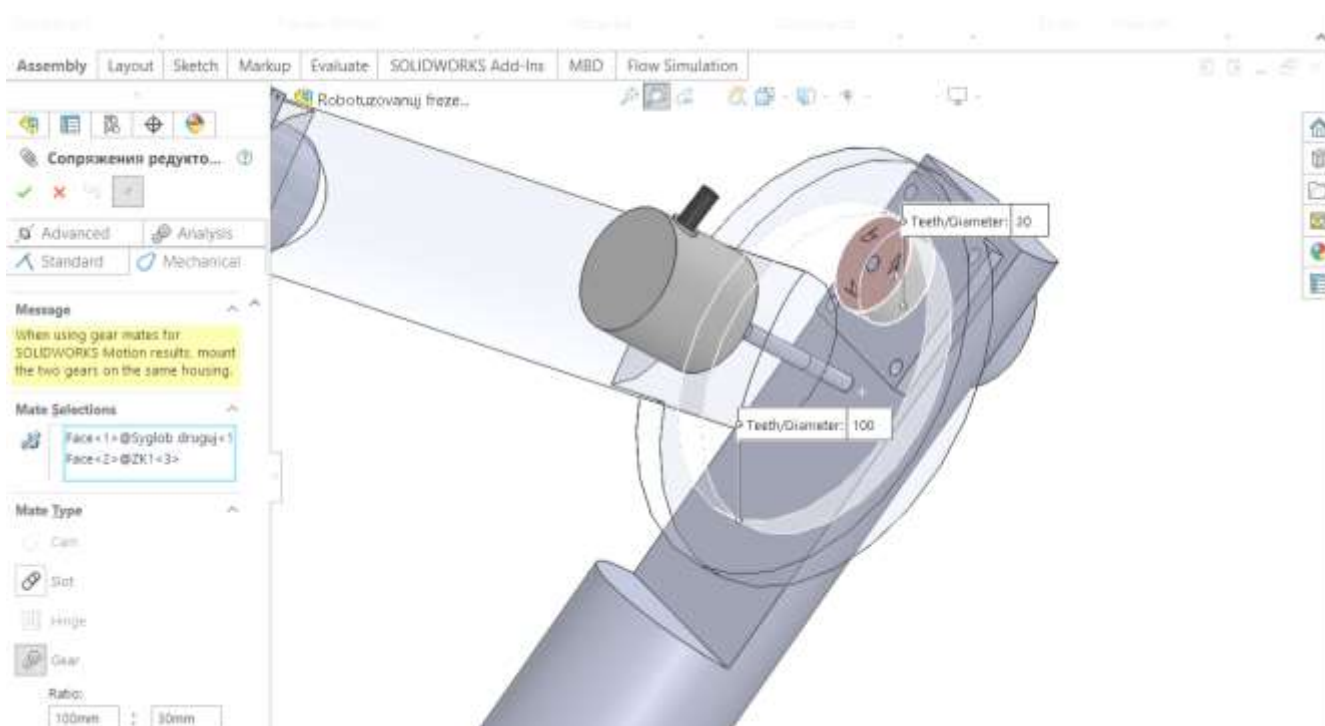


Рисунок 2.29 – Налаштування передаточного числа

Таким чином при прокручуванні колеса ланка за рахунок кільцеподібного елемента буде або підійматися або опускатися враховуючи напрям обертання колеса.

Відповідно подібними встановленнями відношень різноманітних поверхонь деталей було завершено складання збірки (рис. 2.30).

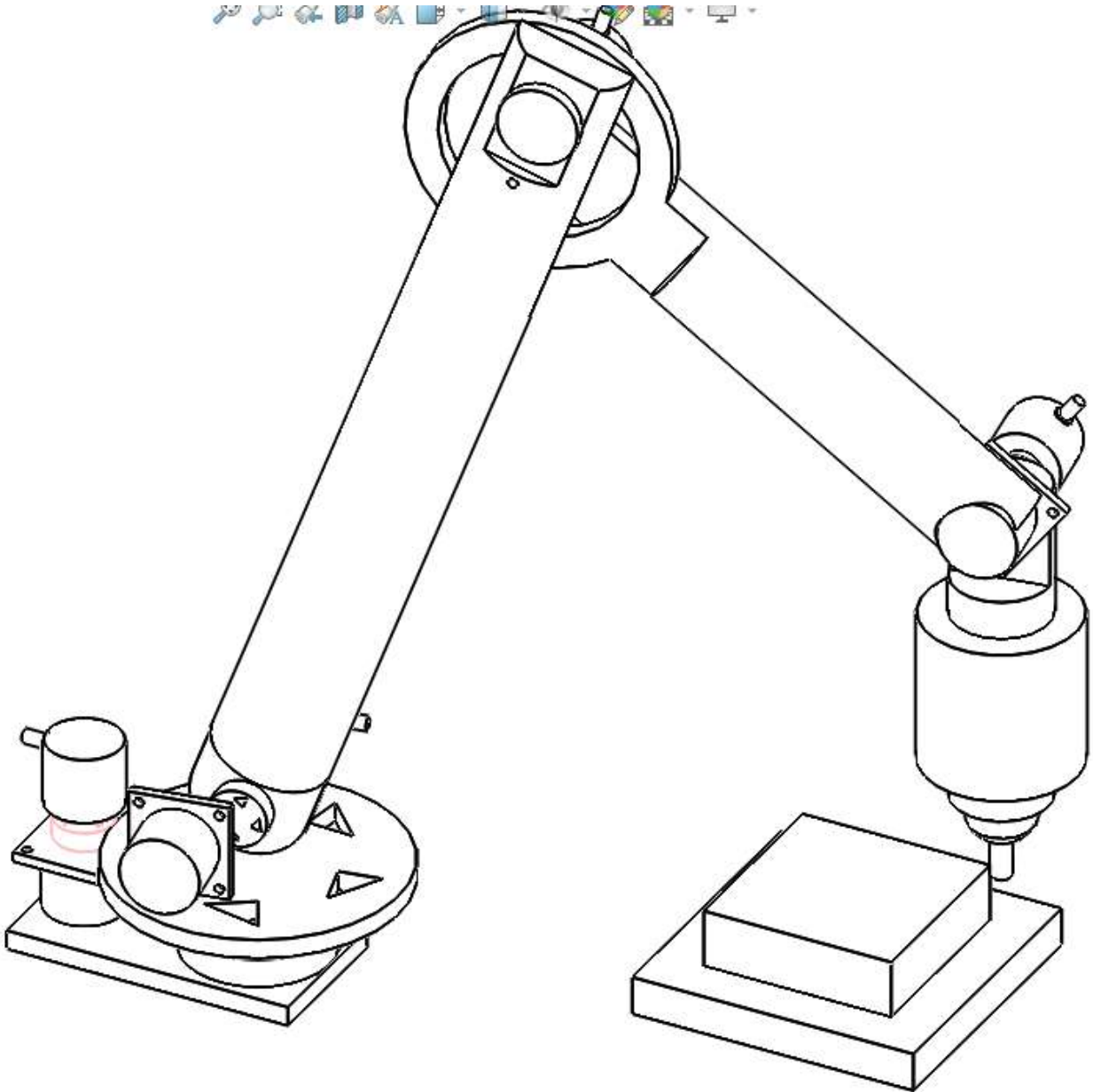


Рисунок 2.30 – Зібраний механізм роботизованого маніпулятора

Варто зауважити, що даний механізм показує приклад компоновки роботизованої системи і на місці його можуть бути найрізноманітніші конструкції та компоновки.

2.3 Моделювання кінематичних рухів роботизованої системи

Здійснивши збірку роботизованої системи в програмному забезпеченні SolidWorks є можливість перевірки руху рухомих елементів. До прикладу на рисунку 2.31 представлено налагодження обертового руху першої ланки, а відповідно і всіх інших елементів що йдуть вище відносно опори, яка розташована на основі.

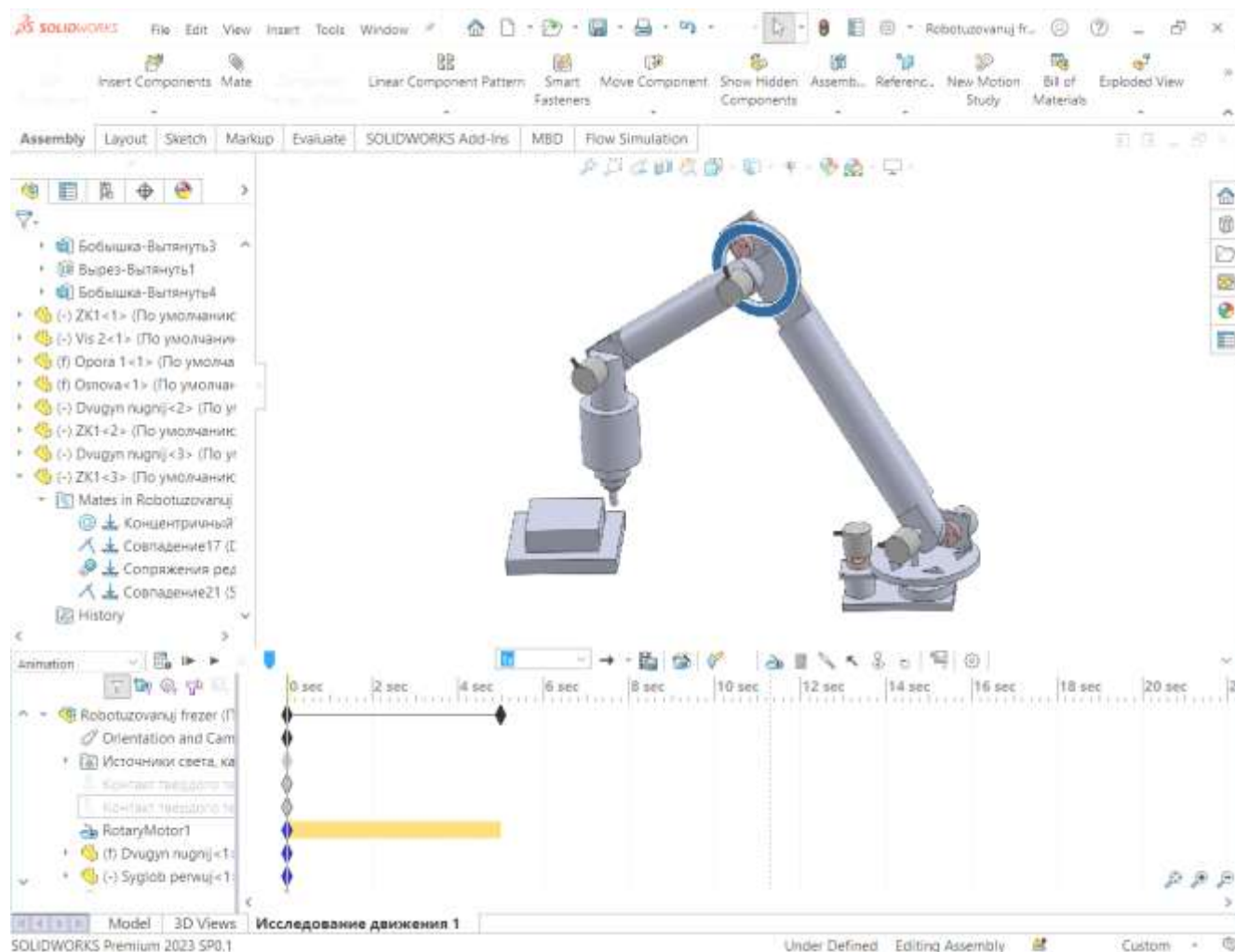


Рисунок 2.31 – Рух маніпулятора

Тобто користуючись таким функціоналом, щодо руху збірки можна проводити віртуальні експерименти і досліджувати кінематичні можливості в даному випадку роботизованого маніпулятора, до прикладу досліджувати його крайні точки, можливі упори елементів одне в одне тощо.

2.4 Висновки щодо розділу

В даному розділі здійснено моделювання усіх необхідних деталей та вузлів з яких складається роботизована система, а саме роботизований маніпулятор. Даний етап важливий, оскільки здійснивши віртуальне проектування можна з великою мірою достовірності знати про позитивний результат реального виготовлення проекту.

Усі змодельовані деталі були зібрані в єдиний функціональний рухомий механізм. При виконанні даного збирання можна судити про правильні геометричні форми усіх елементів збірки, оскільки деталі приєдналися одна до одної.

Ще одним корисним елементом розглянутим в даному розділі є дослідження кінематичних рухів збірки згідно яких можна судити про кінематичні переваги та недоліки запропонованої конструкції.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Підбір комплектуючих для спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням

Для виготовлення дослідного стенду щодо програмування роботизованої системи було обрано наступні необхідні електронні компоненти.

Плата Arduino UNO.

Arduino Uno (рис.) — це мікроконтролерна плата на основі ATmega328P. Він має 14 цифрових входів/виходів (з яких 6 можна використовувати як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, керамічний резонатор 16 МГц (CSTCE16M0V53-R0), USB-з'єднання, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопку скидання. Містить все необхідне для підтримки мікроконтролера; просто підключіть його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або живіть його за допомогою адаптера змінного струму в постійний струм або акумулятора, щоб почати. Ви можете працювати з Uno, не турбуючись про те, що ви зробите щось не так.

«Uno» італійською мовою означає «один» і було вибрано для відзначення випуску програмного забезпечення Arduino (IDE) 1.0. Плата Uno та версія 1.0 програмного забезпечення Arduino (IDE) були еталонними версіями Arduino, які тепер еволюціонували до нових версій. Плата Uno є першою в серії USB-плат Arduino та еталонною моделлю для платформи Arduino [7].

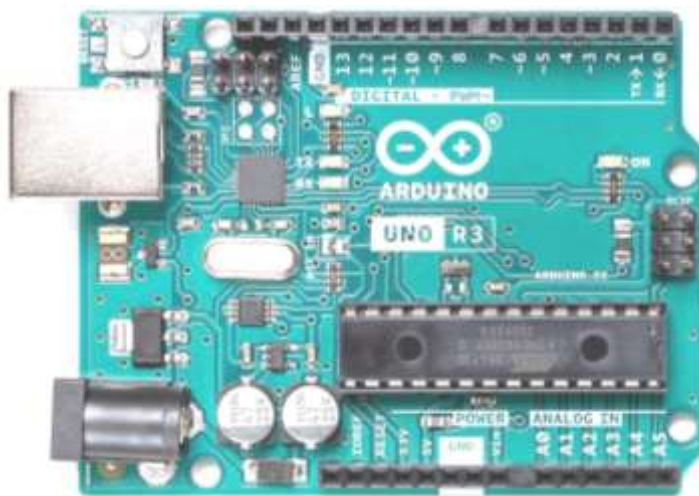


Рисунок 3.1 – Плата Arduino Uno

Важливі технічні характеристики:

Мікроконтролер	АТmega328P
Робоча напруга	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (обмеження)	6-20В
Цифрові контакти вводу/виводу	14 (з яких 6 забезпечують вихід

ШІМ)

Контакти цифрового входу/виводу	ШІМ 6
Аналогові входи	6
Постійний струм на контакт введення/виведення	20 мА
Постійний струм для контакту	3,3 В 50 мА
Флеш-пам'ять	32 КБ (АТmega328P), з яких 0,5 КБ використовується

завантажувачем

SRAM	2 КБ (АТmega328P)
EEPROM	1 КБ (АТmega328P)
Тактова частота	16 МГц
LED_BUILTIN	13
Довжина	68,6 мм
Ширина	53,4 мм
Вага	25 г

Плата Arduino NANO.

Arduino Nano (рис.3.2) — це невелика, повна і зручна для макетної плати плата на основі АТmega328 (Arduino Nano 3.x). Він має більш-менш ті ж функції, що й Arduino Duemilanove, але в іншому пакеті. У нього відсутній лише роз'єм живлення постійного струму, і він працює з USB-кабелем Mini-B замість стандартного [8].

Важливі технічні характеристики:

Мікроконтролер	АТmega328
Архітектура	AVR

Робоча напруга	5 В
Флеш-пам'ять	32 КБ, з яких 2 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ
Тактова частота	16 МГц
Виводи аналогового входу	8
EEPROM	1 КБ
Постійний струм на контакти вводу-виводу 20 мА (контакти вводу-виводу)	
Вхідна напруга	7-12В
Цифрові контакти вводу/виводу	22 (6 з яких ШІМ)
Вихід ШІМ	6
Споживана потужність	19 мА
Розмір друкованої плати	18 x 45 мм
Вага	7 г

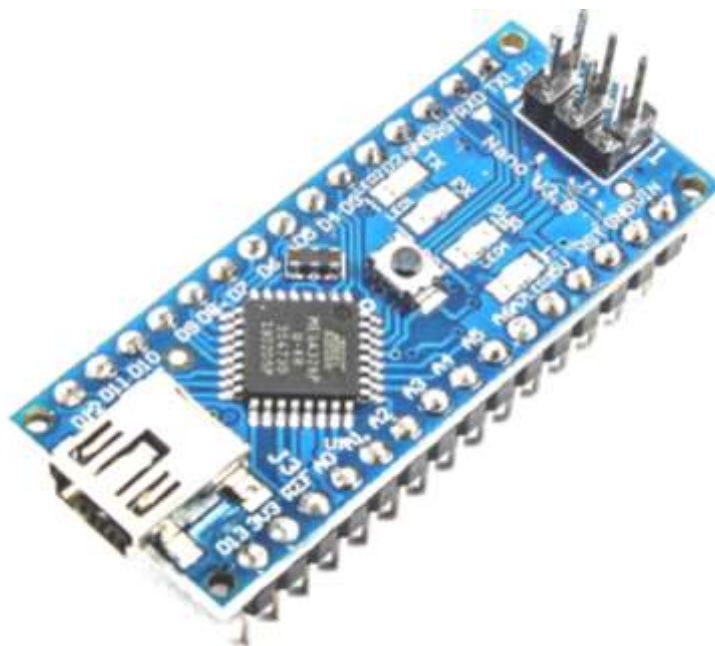


Рисунок 3.2 – Плата Arduino NANO

Плата CNC Shield V3.

Огляд

Плата CNC Shield V3 (рис.3.3) призначена для керування ЧПК або 3D-принтером. Вона може поставлятися з кроковим драйвером A4988 з 4 роз'ємами.

Ця плата має контактні з'єднання Arduino та контакти для двигуна та інших периферійних пристроїв [9].

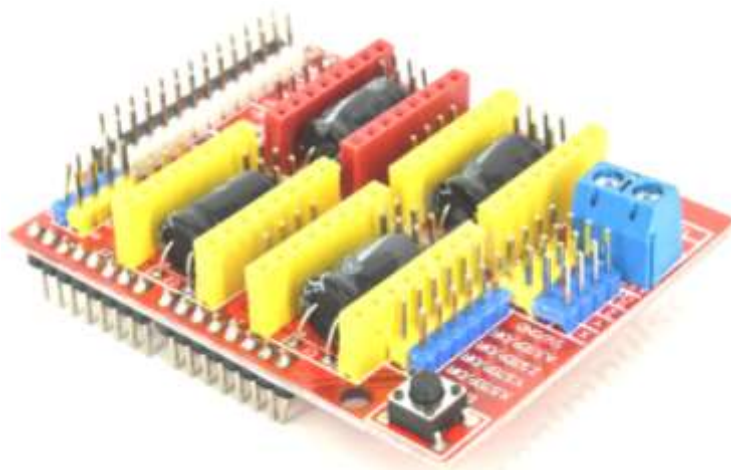


Рисунок 3.3 – Плата CNC Shield V3

Технічні характеристики

Напруга двигуна:	від 8 В до 35 В
Напруга логічних схем:	від 3 В до 5,5 В
Струм:	2 А (МАКС.)
П'ять кроків роздільної здатності:	повна, 1/2, 1/4, 1/8 і 1/16
Захист:	від зниженої напруги, перевантаження по струму і перегріву

Драйвер A4988.

A4988 (рис.3.4) — це повноцінний драйвер мікрокрокового двигуна з вбудованим транслятором для зручності роботи. Драйвер має максимальну вихідну потужність 35 В і ± 2 А. Він може керувати біполярними кроковими двигунами в повному, половинному, четвертому, восьмому та шістнадцятому режимах [10].

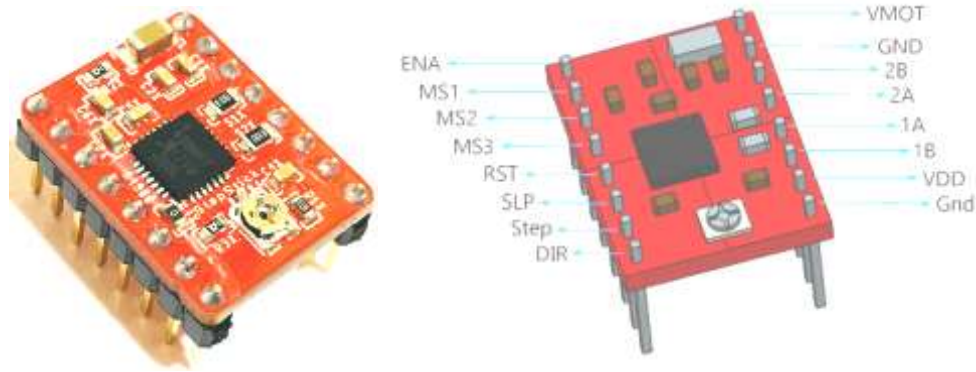


Рисунок 3.4 – Драйвер A4988

Особливості модуля крокового драйвера A4988

Макс. Робоча напруга: 35В

Хв. Робоча напруга: 8В

Макс. Струм на фазу: 2А

Мікрокрокова роздільна здатність: повний крок, 1/2 кроку, 1/4 кроку, 1/8 і 1/16 кроку

Захист від зворотної напруги: Ні

Розміри: 15,5 × 20,5 мм (0,6 дюйма × 0,8 дюйма)

Захист від замикання на землю та замикання навантаження

Низькі вихідні сигнали RDS(ON).

Схема теплового відключення

Інкрементальний енкодер Kasei GTS06-OC-RA200A-2M (рис.3.5).

Інкрементний оптичний поворотний енкодериз валом 6 мм / 400 імпульсів / 1600 квадратурних імпульсів / тип виходу Push Pull / Сигнали АВ



Рисунок 3.5 – Інкрементальний енкодер GTS06-0C-RA200A-2M

Технічні характеристики [12]:

Діаметр елемента	38 мм,
інкрементний поворотний енкодер типу	6 мм
Роздільна здатність (p/rev)	400 ppr / квадратурний імпульс 1600 ppr
Вихідна фаза	АВ фаза
Тип виходу	Push Pull Output
Напруга електроживлення	5-24 В постійного струму
Струм Споживання Макс.	40 мА
Частота відгуку Макс.	20 кГц
Допустимий оберт Макс.	3000 об/хв
Механічний пусковий момент Макс.	20 гс.см (0,002 Н.м)
Ротор Interia Макс.	15г.см ² (1,5*10 ⁻⁶ кг.м ²)
Радіальне навантаження на вал: Макс. Тяга	2 кгс: Макс. 1 кгс
Механічна швидкість Макс.	5000 об/хв
Температура навколишнього середовища	-10~70 (у стані незамерзання), зберігання: -25~85
Вологість навколишнього середовища	35~85%RH, зберігання: 35~90%RH
Захист	IP52 (стандарт IEC)
Вібрація амплітудою 1,5 мм на частоті 10-55 Гц в кожному напрямку X, Y, Z	протягом 2 годин.

Макс.	40G
Приблизна вага пристрою:	180 г
Схвалення	CE ROHS

Кроковий двигун Robotron SPA 52/60–5683 (рис.3.6).

- Тип: SPA 52/60–5683
- Код: КРОС 0321
- Застосування:
 - Принтери Robotron
 - Друкарські машинки Роботрон
- Виробник: Robotron DDR
- Параметри:
 - Обмотка: однополярна двофазна
 - Драйвери: 6:
 - Кроків / оборот: 60
 - Розмір кроку: 6°
 - Напруга: 36 В
 - Струм: 0,6 А
 - Опір обмотки постійного струму: $2 \times 7 \text{ Ом}$
 - Вал: $\phi 6 \text{ мм}$ із шестернею



Рисунок 3.6 – Кроковий двигун Robotron SPA 52/60–5683

Кроковий двигун працює згідно сигнальних імпульсів які йому надсилає драйвер.

3.2 Моделювання спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням

Для виготовлення дослідного стенду, згідно якого можна проводити програмування рухів роботизовано системи адаптивним програмуванням, його для початку необхідно змодельовати в програмному забезпеченні SolidWorks з метою усунення можливих помилок при його реальному виготовленні.

На рисунку 3.7 представлено змодельований стенд.

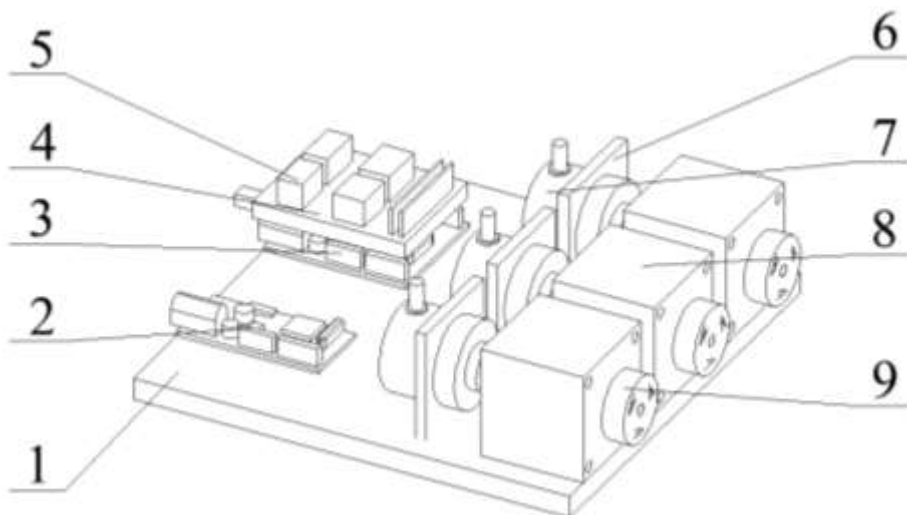


Рисунок 3.7 – Модель стану для адаптивного програмування

Отже стэнд складається з наступних елементів. На основі 1 змонтовано плату 2 Arduino NANO, яка відповідає за запис рухів при адаптивному програмуванні. Плата 3 Arduino UNO в парі з платою 4 CNC Schield V3 на якій змонтовано драйвери 5 A4988 відповідають за управління роботою крокових двигунів 8 Robotron SPA 52/60–5683. Інкрементальні енкодери 7 GTS06-OC-RA200A-2M відповідають за передачу імпульсів які утворюються при обертанні рукою коліс 9 які розташовані на крокових двигунах. На рисунку 3.8 зображено стэнд вид зверху для кращого уявлення про конструкцію

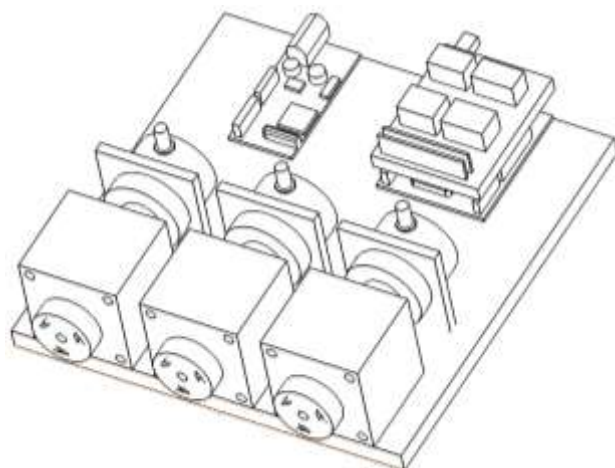


Рисунок 3.8 – Модель стану для адаптивного програмування

Варто відмітити, що елементи стану живляться постійним струмом 5В та 12В.

3.3 Електрична схема роботи спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням

Усі електричні компоненти необхідно об'єднати в електричну схему, зображену на рисунку 3.9, для того щоб стенд міг нормально функціонувати.

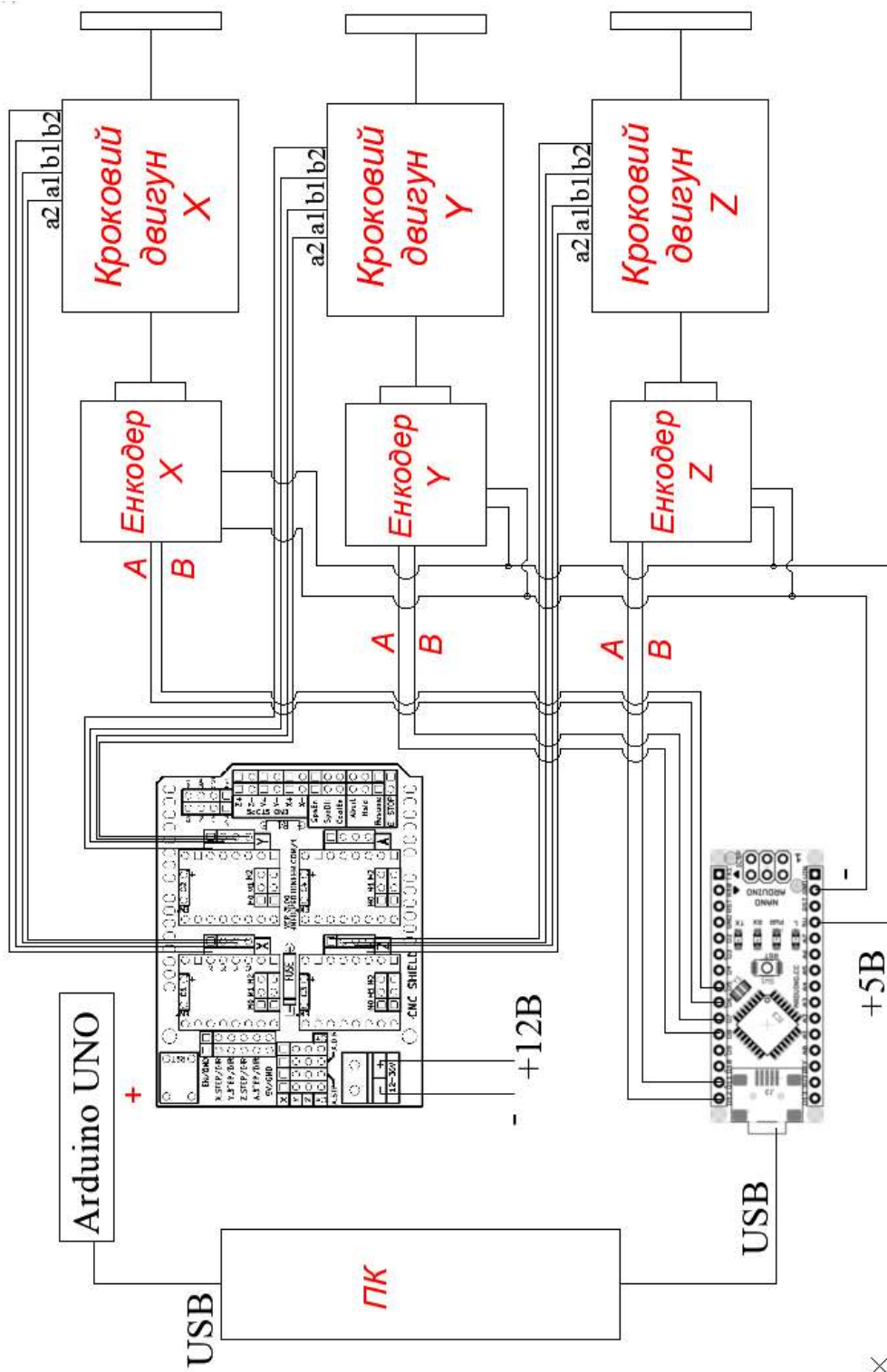


Рисунок 3.9 – Електрична схема стенду

Згідно вище приведеного рисунку можна побачити наступне. Плата Arduino UNO приєднана через сокет з платою CNC Schield V3 на які змонтовано драйвери крокових двигунів A4988. 4 проводи від драйверів йдуть до крокових двигунів. Плата CNC Schield V3 живиться постійним струмом 12В, відповідно таким же струмом живляться і крокові двигуни. Arduino UNO через USB кабель з'єднано з персональним комп'ютером на якому встановлено програмне забезпечення для керування кроковими двигунами. До пінів попарно 12 і 11, 8 і 7, 6 і 5 приєднано відповідні енкодери. Також енкодери живляться постійним струмом 5В, що береться з плати Arduino NANO. Також дана плата приєднана до ПК на якому встановлене програмне забезпечення для запису сигналів рух роторів енкодерів.

3.4 Висновки щодо розділу

В даному розділі здійснено підбір усіх необхідних електричних компонентів для створення роботизованого стенду на якому можна здійснювати адаптивне програмування.

Далі з метою усунення можливих помилок у виготовленні стенду його перш за все було змодельовано в тривимірному просторі в програмному забезпеченні SolidWorks.

Відповідно для правильної роботи стенду було розроблено електричну схему приєднання усіх обраних електронних компонентів.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Монтування спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням та опис її роботи

Усі обрані в попередніх розділах електронні компоненти та згідно електричної схеми їх приєднання було розроблено реальний стенд представлений на рисунку 4.1.

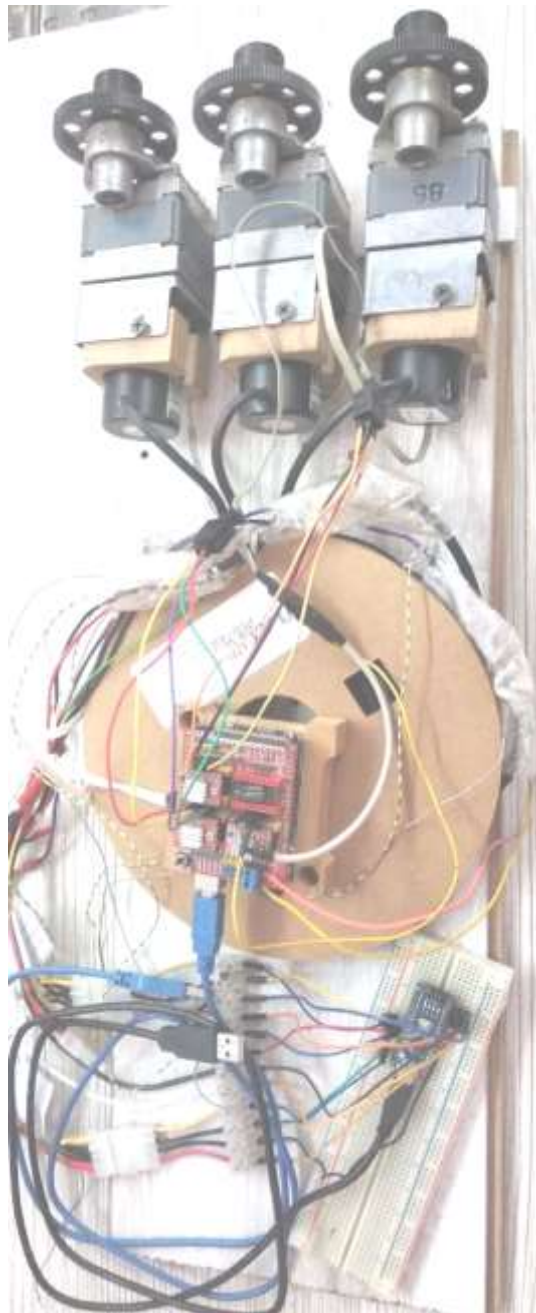


Рисунок 4.1 – Розроблений стенд для програмування роботизованої системи

Ротори енкодерів через гнучкі муфти приєднано до роторів моторів, які в свою чергу містять на собі зубчасті колеса. Дроти крокових двигунів приєднано до відповідних пінів драйверів які розташовані на платі CNC Schield V3, яка через сонет з'єднана з Arduino UNO. Живлення моторів здійснюється через CNC Schield V3. Енкодери приєднано до відповідних пінів плати Arduino NANO, живлення також береться з цієї плати. Обидві Arduino приєднано до ПК за допомогою USB кабелю на якому є необхідне програмне забезпечення.

4.2 Програмування роботи спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням

Для того щоб стенд працював коректно необхідно прошити плату Arduino NANO спеціально розробленою програмою яка і надасть можливість запам'ятовувати рухи роторів енкодерів.

Код програми представлено нажче

```
int clkPin1 = 6;
int dtPin1 = 5;

int clkPin2 = 8;
int dtPin2 = 7;

int clkPin3 = 12;
int dtPin3 = 11;

int count1 = 0;
int clkPinLast1 = LOW;
int clkPinCurrent1 = LOW;

int count2 = 0;
int clkPinLast2 = LOW;
int clkPinCurrent2 = LOW;

int count3 = 0;
```

```
int clkPinLast3 = LOW;
int clkPinCurrent3 = LOW;
```

```
void setup() {
pinMode(clkPin1, INPUT_PULLUP);
pinMode(dtPin1, INPUT_PULLUP);
pinMode(clkPin2, INPUT_PULLUP);
pinMode(dtPin2, INPUT_PULLUP);
pinMode(clkPin3, INPUT_PULLUP);
pinMode(dtPin3, INPUT_PULLUP);
```

```
Serial.begin(1000000);
Serial.println ("G01 F25");
}
```

```
void loop() {
```

```
    clkPinCurrent1 = digitalRead(clkPin1);
    clkPinCurrent2 = digitalRead(clkPin2);
    clkPinCurrent3 = digitalRead(clkPin3);
```

```
    if ((clkPinLast1 == LOW) && (clkPinCurrent1 == HIGH)) {
        if (digitalRead(dtPin1) == HIGH) {
            count1--;
        }
        else {
            count1++;
        }
    }
```

```
    Serial.print ("X;");
    Serial.print (count1);
    Serial.print (" Y;");
    Serial.print (count2);
    Serial.print (" Z;");
    Serial.println (count3);
```

```
}
```

```
if ((clkPinLast2 == LOW) && (clkPinCurrent2 == HIGH)) {  
    if (digitalRead(dtPin2) == HIGH) {  
        count2--;  
    }  
    else {  
        count2++;  
    }  
}
```

```
Serial.print ("X;");  
Serial.print (count1);  
Serial.print (" Y;");  
Serial.print (count2);  
Serial.print (" Z;");  
Serial.println (count3);
```

```
}
```

```
if ((clkPinLast3 == LOW) && (clkPinCurrent3 == HIGH)) {  
    if (digitalRead(dtPin3) == HIGH) {  
        count3--;  
    }  
    else {  
        count3++;  
    }  
}
```

```
Serial.print ("X;");  
Serial.print (count1);  
Serial.print (" Y;");  
Serial.print (count2);  
Serial.print (" Z;");  
Serial.println (count3);
```

```
}
```

```
clkPinLast1 = clkPinCurrent1;  
clkPinLast2 = clkPinCurrent2;  
clkPinLast3 = clkPinCurrent3;  
  
}
```

Дана програма через USB кабель записується в мікроконтролер плати Arduino NANO через програмне середовище Arduino IDE.

4.3 Проведення експериментів функціонування спрощеної роботизованої системи з адаптивним програмуванням

Сутність програмування полягає в наступному. Необхідно рукою прокручувати зубчасте колесо, яке розташовано на роторі двигуна (рис. 4.2), яке в свою чергу з'єднано з ротором енкодера, тобто по суті відбувається прокручування самого валу енкодера.



Рисунок 4.2 – Пара кроковий двигун з енкодером

Обертання можна проводити з різною швидкістю, в різні сторони та одночасно обертати усі 3 пари. Відповідно отримані імпульси від енкодера реєструються Arduino NANO, яка в свою чергу передає їх на ПК в програму Coolterm (рис. 4.3)

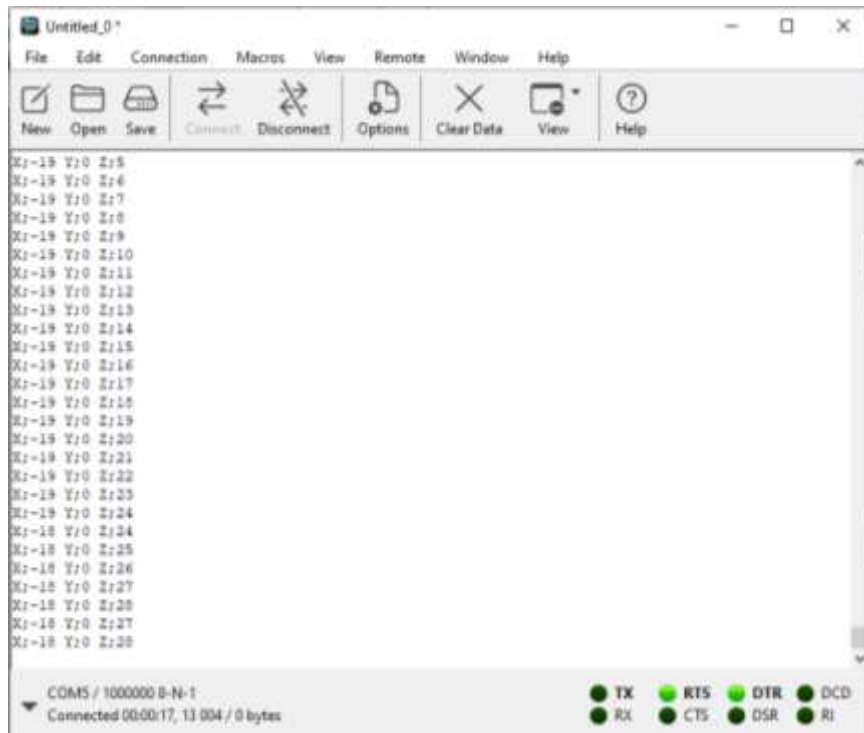


Рисунок 4.3 – Процес запису даних в програмі Coolterm

Приведемо нижче фрагмент отриманих даних

```
...  
X;-19 Y;0 Z;5  
X;-19 Y;0 Z;6  
X;-19 Y;0 Z;7  
X;-19 Y;0 Z;8  
X;-19 Y;0 Z;9  
X;-19 Y;0 Z;10  
X;-19 Y;0 Z;11  
X;-19 Y;0 Z;12  
X;-19 Y;0 Z;13  
X;-19 Y;0 Z;14  
X;-19 Y;0 Z;15  
X;-19 Y;0 Z;16  
X;-19 Y;0 Z;17  
X;-19 Y;0 Z;18  
X;-19 Y;0 Z;19  
X;-19 Y;0 Z;20  
X;-19 Y;0 Z;21  
X;-19 Y;0 Z;22  
X;-19 Y;0 Z;23  
X;-19 Y;0 Z;24  
X;-18 Y;0 Z;24  
X;-18 Y;0 Z;25  
X;-18 Y;0 Z;26  
X;-18 Y;0 Z;27
```

X;-18 Y;0 Z;28
X;-18 Y;0 Z;27
X;-18 Y;0 Z;28
...

Як можна побачити з вигляду отримані дані виглядають так само як мова програмування G-код за допомогою якої можна програмувати крокові двигуни які є частиною роботизованих маніпуляторів.

Відповідно після невеликої правки отриманої інформації можна сформуванати файл який необхідно відкрити в програмному забезпеченні яке напряду керує кроковими двигунами і відповідно вони виконують роботу яка закодовано в файлі. В нашому випадку було застосовано програмне забезпечення Universal Gcode Sender 20240201 (рис.4.4).

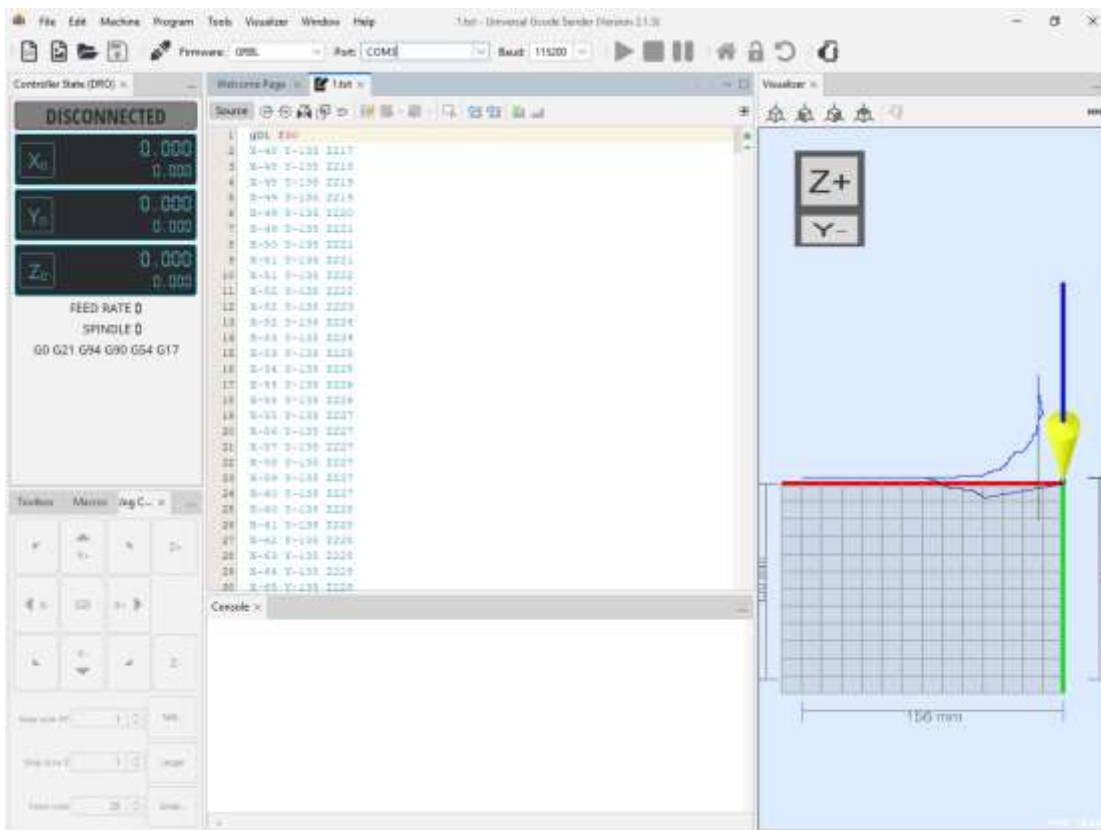


Рисунок 4.4 – Universal Gcode Sender і процес відтворення рухів моторами

Як бачимо з рисунку в програмі Universal Gcode Sender відкривається файл з попередньо записаними рухами, які утворювалися обертанням зубчатого колеса від руки.

Тобто таким чином можна здійснювати програмування роботизованих систем. Причому кількість виконавчих приводів (моторів) може бути найрізноманітнішою. Як наслідок попередньо змодельований роботизований маніпулятор який призначений для фрезерування можна програмувати за вище описаною методикою.

4.4 Висновки щодо розділу

В даному розділі проведено монтування усіх елементів, що в результаті утворили стенд для адаптивного програмування роботизованих систем.

Для успішної роботи стенду плату Arduino NANO було прошиито для можливості виконання роботи по запису імпульсів що йдуть від енкодерів при їх обертанні.

Як наслідок виконаної роботи було проведено експеримент згідно якого відбулося адаптивне програмування. Для цього було застосовано програми Coolterm (для запису інформації від енкодерів) та Universal Gcode Sender (для відтворення рухів кроковими двигунами).

ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено огляд різноманітних роботів маніпуляторів що виконують роботи різноманітного призначення. Також в наступному пункті деталь описано принципіві конструкції та компоновки роботизованих маніпуляторів які призначені для виконання найрізноманітніших технологічних операцій.

В другому розділі здійснено моделювання усіх необхідних деталей та вузлів з яких складається роботизовано система, а саме роботизований маніпулятор. Даний етап важливий, оскільки здійснивши віртуальне проектування можна з великою мірою достовірності знати про позитивний результат реального виготовлення проекту.

Усі змодельовані деталі були зібрані в єдиний функціональний рухомий механізм. При виконанні даного збирання можна судити про правильні геометричні форми усіх елементів збірки, оскільки деталі приєдналися одна до одної.

Ще одним корисним елементом розглянутим в даному розділі є дослідження кінематичних рухів збірки згідно яких можна судити про кінематичні переваги та недоліки запропонованої конструкції.

В третьому розділі здійснено підбір усіх необхідних електричних компонентів для створення роботизованого стенду на якому можна здійснювати адаптивне програмування.

Далі з метою усунення можливих помилок у виготовленні стенду його перш за все було змодельовано в тривимірному просторі в програмному забезпеченні SolidWorks.

Відповідно для правильної роботи стенду було розроблено електричну схему приєднання усіх обраних електронних компонентів.

В четвертому розділі проведено монтування усіх елементів, що в результаті утворили стенд для адаптивного програмування роботизованих систем.

Для успішної роботи стенду плати Arduino NANO було прошиито для можливості виконання роботи по запису імпульсів що йдуть від енкодерів при їх обертанні.

Як наслідок виконаної роботи було проведено експеримент згідно якого відбулося адаптивне програмування. Для цього було застосовано програми Coolterm (для запису інформації від енкодерів) та Universal Gcode Sender (для відтворення рухів кроковими двигунами).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали за посиланням https://www.yuedatech.com/products/6-Axis-Industrial-Welding-Robot-Arm.html?campaignid=15840611028&adgroupid=127254339050&feeditemid=&targetid=kwd-296079212590&device=c&creative=573961834697&keyword=industrial%20robot%20system&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyJqzBhBaEiwAWDRJVOB0YHgZQp-IUUDiXYZLAASwBry-5phBmBDIqUesvze5qe1hP72LrhoC3aoQAvD_BwE
2. Матеріали за посиланням <https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-1100>.
3. Матеріали за посиланням <https://www.haascnc.com/machines/automation-systems/automation-models/robot-redirect-3/robot-package-3.html>
4. Матеріали за посиланням <https://en.wikipedia.org/wiki/SCARA>.
5. Матеріали за посиланням <https://howtorobot.com/expert-insight/parallel-robots>.
6. Матеріали за посиланням <https://www.automate-uk.com/our-associations/bara/expert-advice/robots-explained/robot-programming-methods/>.
7. Матеріали за посиланням <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>.
8. Матеріали за посиланням <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>.
9. Матеріали за посиланням <https://www.openimpulse.com/blog/products-page/product-category/a4988-cnc-shield-v3-arduino/>
10. Матеріали за посиланням <https://components101.com/modules/a4988-stepper-motor-driver-module>
11. Матеріали за посиланням <https://vallder.com/product/gts06-op-ra400a-2m/>
12. Матеріали за посиланням <http://bbelmix.is-best.net/detail/show/3200038?i=1>
13. Матеріали за посиланням <https://en.wikipedia.org/wiki/Robotics>