

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування

комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

Дипломний проект

здобувача освіти денної форми навчання

КС.58.17.000.ДП

***СКАРЕЦЬКОГО
ДЕНИСА АНДРІЙОВИЧА***

**м. Одеса
2025 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

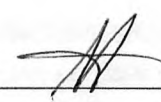
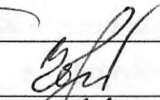
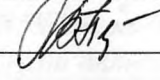

до дипломного проекту на тему:

Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 75 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 17 аркушах (слайдах)

Дипломник  (Скарецький Д.А.)
Керівник  (Кривченко Ю.В.)

Консультанти:

з економічного розділу  (Канський М.Ю.)
з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)
з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)
старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)
Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист «20» червня 2025 р. Протокол ЕК № 1

Оцінка ЕК 5 (відмінно) / 92.5

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 

Беркань І.В.

« 12 » 05 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

Здобувачеві (здобувачці) освіти Скарецькому Денису Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій

затверджена наказом по коледжу від «14» 11 2024 р. № 246

2. Термін здачі закінченого проекту 16.05.25.

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. У якості платформи використовувати Arduino UNO;

2. Передбачити виконання захвату та переміщення на базі серводвигунів MS90G;

3. Передбачити 5 ступенів свободи для маніпулятора; 4. Передбачити керування кутом повороту для маніпулятора за допомогою потенціометрів; 5. Передбачити живлення маніпулятора від низьковольтного джерела; 6. Передбачити автоматизацію виконання дій маніпулятора для приготування чаю

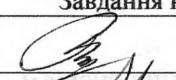
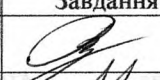


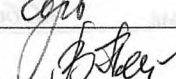
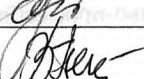
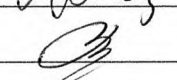
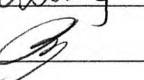
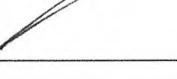
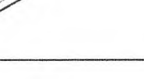
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

Аналіз досягнень у галузі автоматизації технологічних процесів; Побудова моделі захвату маніпулятора; Розробка структурної схеми та 3D-моделі маніпулятора; Підключення компонентів до блоку керування; Створення макету маніпулятора; Розробка програмного забезпечення маніпулятора; Економічні розрахунки; Охорона праці та техніка безпеки

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

Система координат маніпулятора та залежність кутів повороту; Схема роботи кінематичного механізму роботу-маніпулятора; Розрахунок захвату для маніпулятора з рухомими щелепами; Структурна схема організації роботи робота-маніпулятора; 3D-модель маніпулятора з розташуванням серводвигунів; Модель підключення до плати керування серводвигунів та потенціометрів; Принципова схема підключення серводвигунів та потенціометрів; Блок-схема алгоритму роботи маніпулятора; Макет маніпулятора

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

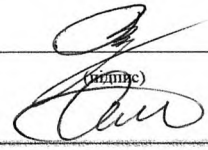
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Кривченко Ю.В.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання

15.05.25

Керівник

Кривченко Ю.В.


(підпис)

Завдання прийняв до виконання

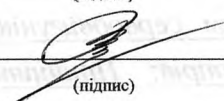
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	14.05.25	Виконано
2.	Аналіз технічного завдання та загальна концепція	15.05.25	Виконано
3.	Проведення аналітичного огляду маніпуляторів	16.05.25	Виконано
4.	Визначення основних характеристик маніпуляторів	17.05.25	Виконано
5.	Огляд існуючих промислових маніпуляторів	18.06.25	Виконано
6.	Аналіз програмного забезпечення маніпуляторів	20.05.25	Виконано
7.	Опис апаратних засобів Arduino UNO	22.05.25	Виконано
8.	Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів	24.05.25	Виконано
9.	Вибір елементної бази та аналіз компонентів	25.05.25	Виконано
10.	Розробка схеми підключення компонентів пристрою	26.05.25	Виконано
11.	Розробка програмного забезпечення для Arduino	01.06.25	Виконано
12.	Створення макету пристрою, підключення	02.06.25	Виконано
13.	Налаштування та випробування маніпулятора	03.06.25	Виконано
14.	Виконання економічних розрахунків	04.06.25	Виконано
15.	Розробка заходів з охорони праці	05.06.25	Виконано
16.	Виконання графічної частини проекту	06.06.25	Виконано

Дипломник


(підпис)

Керівник


(підпис)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Скарецького Дениса Андрійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Юрій Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 75 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 17 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений розробці робота-маніпулятора на платформі Arduino, а також його програмного забезпечення, і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналіз досягнень у галузі автоматизації технологічних процесів; Побудова моделі захвату маніпулятора; Розробка структурної схеми та 3D-моделі маніпулятора; Підключення компонентів до блоку керування; Створення макету маніпулятора; Розробка програмного забезпечення маніпулятора), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, принципіві та функціональні схеми, фото моделі маніпулятора, блок-схеми алгоритмів, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основний розділ.....	8
1.1 Аналіз досягнень у галузі автоматизації технологічних процесів.....	8
1.1.1 Огляд промислових роботів-маніпуляторів.....	9
1.1.2 Огляд побутових роботів-маніпуляторів.....	18
1.1.3 Аналітичний огляд методів і засобів програмування роботів- маніпуляторів.....	23
1.2 Побудова моделі захвату маніпулятора.....	28
1.2.1 Ступені свободи маніпулятора.....	28
1.2.2 Кінематична модель маніпулятора.....	29
1.2.3 Фізична реалізація маніпулятора.....	31
1.3 Розробка структурної схеми та 3D-моделі маніпулятора.....	32
1.3.1 Структурна схема маніпулятора.....	32
1.3.2 Розробка 3D-моделі маніпулятора.....	34
1.4 Підключення компонентів до блоку керування.....	36
1.4.1 Огляд основних електронних компонентів системи.....	37
1.4.2 Схема підключення компонентів схеми маніпулятора.....	38
1.5 Створення макету маніпулятора.....	43
1.6 Розробка програмного забезпечення маніпулятора.....	46
2 Економічна частина.....	51
2.1 Розрахунок трудомісткості виконання науково- дослідницької розробки (НДР)	53
2.2. Оцінка тривалості виконання робіт.....	54
2.3 Розрахунок собівартості виконання НДР.....	55
2.4 Розрахунок ціни виконання НДР.....	56
3 Охорона праці.....	56
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	56
3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	56
3.2.1 Освітлення.....	57

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3.2.2	Вимоги до організації робочого місця працівника.....	57
3.2.3	Мікроклімат.....	59
3.3	Пожежна безпека.....	60
	Висновки.....	61
	Перелік використаних інформаційних джерел.....	62
	Додаток А. Код програми мовою С++ для автоматизації виконуваних маніпулятором дій.....	63
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	67

ВСТУП

Розвиток технологій автоматизації та робототехніки є одним із ключових напрямів сучасної науки та інженерії, що охоплює різні сфери людської діяльності – від промислового виробництва до побутових завдань. В умовах стрімкого зростання кількості рутинних та повторюваних завдань, що виконуються людиною, все більшої актуальності набувають системи, здатні автоматизувати ці процеси, забезпечуючи економію часу, підвищення точності та ефективності. Особливо це стосується роботизованих систем, призначених для виконання завдань, які потребують високого рівня точності та акуратності.

Роботизовані маніпулятори, що здатні виконувати певний набір завдань замість людини, активно впроваджуються як у промисловість, так і в повсякденне життя. Вони використовуються для виконання операцій, які вимагають тонкої моторики, чіткої послідовності дій і точної обробки. Завдяки розвитку програмованих платформ і доступних електронних компонентів, таких як мікроконтролери і сервоприводи, можливості створення подібних автоматизованих систем значно розширилися.

Одним із перспективних рішень у сфері робототехніки є створення моделей роботизованих маніпуляторів, які можуть виконувати різні дії за допомогою програмного керування. Використання відкритих апаратних платформ, таких як Arduino, значно спрощує розробку подібних систем, роблячи їх доступними для широкого кола дослідників та інженерів. Такі платформи дозволяють створювати проекти із застосуванням різних датчиків, моторів і модулів для виконання складних дій.

Метою цього дипломного проекту є розробка та реалізація моделі маніпулятора, що здатен автоматизувати виконання певних дій у рамках конкретного сценарію. В якості основи для створення маніпулятора буде використано платформу Arduino Uno R3 та серводвигуни, які забезпечать рухомість усіх ланок системи. Проект передбачає дослідження процесів автоматизації, керування маніпуляторами, а також інтеграцію програмної і апаратної частин для досягнення заданої мети.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз досягнень у галузі автоматизації технологічних процесів

Автоматизація технологічних процесів є одним із ключових напрямків сучасної інженерної науки, який охоплює широке коло галузей — від промисловості до побутових застосувань. Вона спрямована на зниження впливу людського фактора на виробничі та технологічні процеси, що дозволяє забезпечити високу продуктивність, точність та надійність роботи обладнання. Від часу першого застосування автоматичних систем управління розвиток автоматизації значно просунувся, і сьогодні на ринку доступні різноманітні рішення, що охоплюють як великі виробничі системи, так і побутові прилади.

Автоматизація технологічних процесів у промисловості розпочалася з впровадження елементарних автоматичних пристроїв для управління машинами та механізмами. Однак завдяки розвитку мікроелектроніки та програмного забезпечення з'явилася можливість створювати складні автоматизовані системи, здатні виконувати багатозадачні операції. Такі системи, як програмовані логічні контролери (PLC) та мікроконтролери, стали основою сучасної автоматизації, оскільки дозволяють налаштовувати процеси з високою точністю, відстежувати стан обладнання і здійснювати миттєве коригування параметрів виробничого процесу.

Іншою важливою віхою розвитку автоматизації є впровадження роботизованих систем. Промислові роботи на сьогоднішній день стали невід'ємною частиною виробничих ліній у багатьох галузях. Вони здатні виконувати такі завдання, як складання, зварювання, фарбування, пакування тощо, з надзвичайною точністю і повторюваністю. Важливим аспектом сучасної автоматизації є розвиток систем штучного інтелекту та машинного навчання, що дозволяє роботам виконувати завдання в умовах мінливих виробничих параметрів та непередбачуваних ситуацій.

У побутовій сфері автоматизація також стрімко розвивається. З'являються все більш складні системи «розумного будинку», що забезпечують автоматичне

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

керування освітленням, опаленням, системами безпеки тощо. Крім того, побутові роботи, такі як пилососи або кухонні прилади, також стають дедалі більш автономними, що полегшує життя споживачам. Системи керування на базі мікроконтролерів, такі як Arduino, широко застосовуються для створення прототипів та виготовлення невеликих автоматизованих рішень як для побуту, так і для наукових цілей.

Одним із найважливіших аспектів сучасної автоматизації є інтерфейси взаємодії між людиною і машиною (Human-Machine Interface, HMI), які дозволяють операторам контролювати та налаштовувати процеси за допомогою зрозумілих і зручних інструментів. Це значно підвищує ефективність роботи та знижує ризик виникнення помилок. Важливою складовою сучасних автоматизованих систем є також датчики та сенсори, що забезпечують збирання даних у режимі реального часу і дозволяють системі автоматично адаптуватися до змінних умов.

1.1.1 Огляд промислових роботів-маніпуляторів

Роботи-маніпулятори є невід'ємною частиною сучасної промисловості, оскільки вони забезпечують автоматизацію широкого спектру виробничих процесів. Вони виконують різноманітні завдання, такі як складання, зварювання, фарбування, пакування, що дозволяє підприємствам досягати високої продуктивності, точності та економії ресурсів. Сучасні роботи-маніпулятори мають різну конструкцію, рівень автономності та функціональні можливості. У цьому підрозділі розглянемо п'ять найбільш поширених та важливих моделей промислових роботів-маніпуляторів від провідних світових виробників.

Перший робот, який заслуговує на увагу, — це ABB IRB 6700, один з провідних промислових маніпуляторів на ринку. Він належить до важкого класу роботів і призначений для виконання завдань, пов'язаних з великими навантаженнями. Цей робот здатний піднімати вантажі до 300 кг і має радіус дії до 3 метрів, що робить його ідеальним для використання на автомобільних і металообробних підприємствах. IRB 6700 відзначається високою точністю (до 0,04

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

мм), що дозволяє використовувати його для робіт, які вимагають найвищої якості.

Однією з головних переваг цієї моделі є її енергоефективність, оскільки він споживає на 15% менше енергії, ніж попередні моделі АВВ. Крім того, IRB 6700 має модульну конструкцію, що спрощує його обслуговування і ремонт, знижуючи витрати на експлуатацію.



Рисунок 1.1. Промисловий маніпулятор АВВ IRB 6700

Другий робот у нашому огляді — KUKA KR QUANTEC, робот-маніпулятор, відомий своєю універсальністю та надійністю. Він розроблений для роботи в різних умовах і підходить для широкого спектра завдань, включаючи зварювання, обробку матеріалів, пакування та складання. Робот доступний у кількох варіантах з вантажопідйомністю від 90 до 300 кг і радіусом дії до 3,1 метра.

KR QUANTEC оснащений передовими системами контролю руху, що забезпечує надзвичайно точне і швидке переміщення в просторі. Він також може працювати в умовах високих температур і запилення, що дозволяє використовувати його в важких промислових умовах. Цей маніпулятор також сумісний із системами віртуальної реальності для моделювання та тестування виробничих процесів.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рисунок 1.2. Робот-маніпулятор KUKA KR QUANTEC

FANUC M-20iA — це робот-маніпулятор середнього класу, який широко використовується на підприємствах, що спеціалізуються на складанні, фарбуванні та обробці матеріалів. Його вантажопідйомність складає 20 кг, а максимальний радіус дії — 1,81 метра, що робить його зручним для використання на невеликих або середніх виробничих лініях.



Рисунок 1.3. Промисловий робот FANUC M-20iA

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Один із ключових аспектів FANUC M-20iA — це його висока швидкість роботи та надзвичайна точність позиціонування. Завдяки технології iRVision робот може виконувати операції в умовах мінімальної видимості, що дозволяє ефективно працювати з нестандартними об'єктами та матеріалами. Крім того, цей робот має покращену систему кабельного менеджменту, що збільшує надійність під час тривалого використання.

Ще один потужний робот, який слід розглянути, — Yaskawa Motoman MH24. Цей робот характеризується високою вантажопідйомністю (до 24 кг) і великим радіусом дії (до 1,73 метра). Завдяки цьому він може виконувати завдання, що вимагають перенесення важких об'єктів і працювати з високою точністю у різноманітних виробничих середовищах.



Рисунок 1.4. Робот Yaskawa Motoman MH24

Однією з ключових особливостей MH24 є його гнучкість, оскільки він має 6 ступенів свободи, що дозволяє виконувати складні маніпуляції в обмеженому просторі. Цей робот також має високу стійкість до зовнішніх впливів і може працювати в умовах підвищеної вологості або запилення. Робот широко застосовується в автомобільній промисловості, де він використовується для зварювальних та складальних операцій.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Ще один робот Universal Robots UR10e є представником класу колаборативних роботів (коботів), які можуть безпечно працювати поруч із людьми без потреби у встановленні захисних бар'єрів. Ця модель має вантажопідйомність до 10 кг і радіус дії до 1,3 метра, що робить її придатною для виконання завдань, які потребують високої точності, таких як складання, пакування або тестування виробів.

UR10e вирізняється своєю зручністю у програмуванні, що дозволяє легко налаштувати його на виконання різноманітних завдань без спеціальних навичок у програмуванні. Крім того, цей робот має вдосконалені системи безпеки, включаючи датчики руху і сили, що дозволяє йому миттєво зупинитися у разі контакту з людиною.

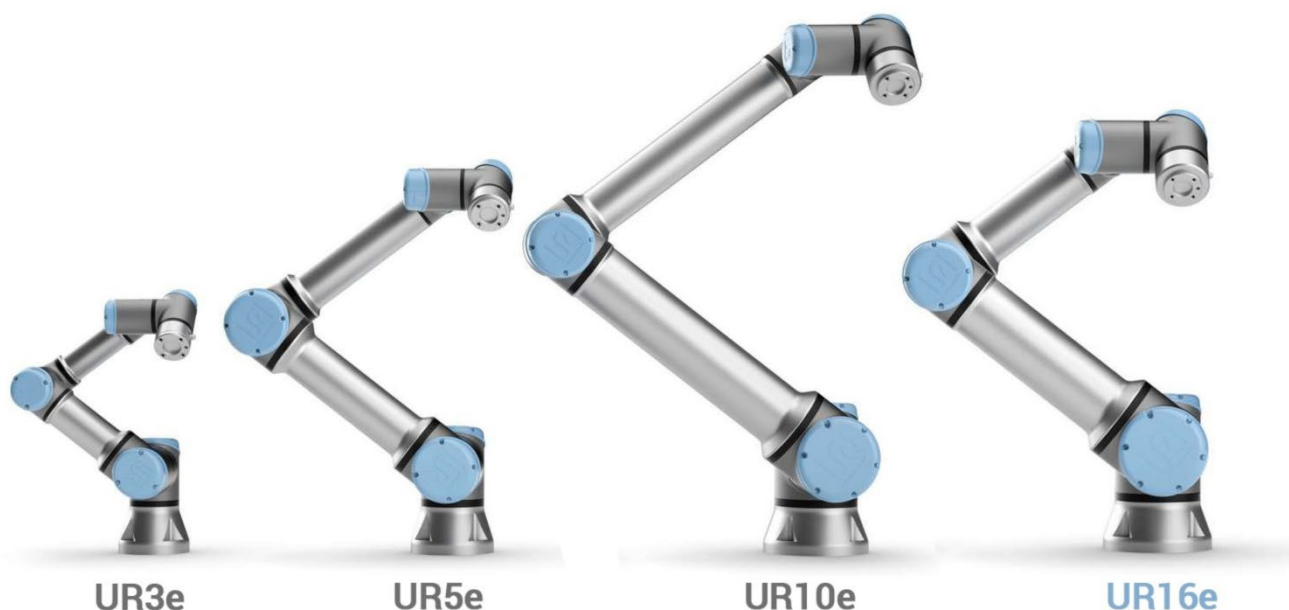


Рисунок 1.5. Колаборативні роботи Universal Robots, зокрема UR10e

Наступною моделлю у нашому огляді є Kawasaki RS007N — це компактний робот-маніпулятор, який вирізняється високою швидкістю та точністю. З вантажопідйомністю до 7 кг і радіусом дії 730 мм, RS007N ідеально підходить для швидких виробничих ліній, де потрібна велика продуктивність і мінімальний час простою. Особливістю цієї моделі є її підвищена продуктивність завдяки короткому циклу часу, що забезпечує прискорене виконання виробничих процесів.

Цей робот також має покращену конструкцію, яка мінімізує вплив зовнішніх сил, що дозволяє досягати високої точності навіть при високих швидкостях

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

роботи. Kawasaki RS007N використовується переважно для автоматизації складальних та зварювальних процесів.



Рисунок 1.6. Промисловий маніпулятор Kawasaki RS007N

Stäubli TX2-90 — це робот, відомий своєю надійністю та здатністю працювати у суворих виробничих умовах. Він має вантажопідйомність до 20 кг і радіус дії до 1,45 метра, що робить його придатним для виконання складальних, пакувальних і зварювальних операцій. Однією з основних характеристик цього робота є його здатність до високошвидкісного переміщення з одночасним забезпеченням виняткової точності.



Рисунок 1.7. Робот-маніпулятор Stäubli TX2-90

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Stäubli TX2-90 також оснащений передовими системами безпеки, що дозволяє йому використовуватися у середовищах, де безпека людей є критично важливою. Ця модель активно застосовується у фармацевтичній, харчовій та електронній промисловості.

Наступний робот — Epson VT6L. Це доступний шестишаровий робот-маніпулятор, що спеціалізується на автоматизації простих завдань, таких як складання, завантаження і розвантаження, пакування та сортування. Його вантажопідйомність становить 6 кг, а радіус дії сягає 900 мм. Epson VT6L був створений для малих і середніх підприємств, що потребують економічно вигідних рішень для автоматизації виробничих процесів.

Одна з ключових переваг VT6L — це його простота у встановленні та програмуванні, що дозволяє швидко інтегрувати його у виробничі лінії. Крім того, робот оснащений сучасними системами безпеки та контролю руху, що дозволяє йому виконувати точні операції у невеликих просторах.



Рисунок 1.8. Промисловий маніпулятор Epson VT6L

Denso VS-087 — це робот-маніпулятор з високою швидкістю і точністю, який вирізняється компактними розмірами та гнучкістю. Цей робот має вантажопідйомність до 7 кг і радіус дії до 900 мм, що дозволяє йому виконувати точні операції на невеликих просторах. Він широко використовується для завдань,

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

що вимагають високої швидкості, таких як складання електронних компонентів або точне маніпулювання об'єктами.



Рисунок 1.9. Промисловий маніпулятор Denso VS-087

Особливістю Denso VS-087 є його компактність і маневреність, що дозволяє інтегрувати його навіть у обмежені виробничі простори. Крім того, цей робот має передову систему контролю руху, що дозволяє йому досягати високої точності при виконанні складних завдань.



Рисунок 1.10. Робот-маніпулятор Mitsubishi RV-2FR

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

16

Останній робот у огляді — Mitsubishi RV-2FR, ще один представник компактних промислових роботів, що спеціалізується на високоточних завданнях. Ця модель має вантажопідйомність до 2 кг і радіус дії 504 мм, що робить її ідеальною для виконання невеликих, але критично важливих завдань на виробничих лініях, таких як точне складання або маніпуляція з делікатними компонентами.

RV-2FR має вбудовану систему контролю руху, що дозволяє досягати точності позиціонування до 0,02 мм. Робот також сумісний з різними сенсорами і зовнішніми системами контролю, що робить його гнучким інструментом для автоматизації різних завдань.

Аналізуючи представлені моделі роботів-маніпуляторів, можна відзначити значне різноманіття в їхніх характеристиках та можливостях. Роботи від ABB, KUKA, FANUC та Yaskawa представляють потужні важкі моделі, які спеціалізуються на великих виробничих завданнях, де потрібна велика вантажопідйомність, стійкість та точність. ABB IRB 6700 та KUKA KR QUANTEC мають найбільший радіус дії та вантажопідйомність, що робить їх ідеальними для важкої промисловості та автомобільного виробництва.

Середній клас, представлений FANUC M-20iA та Yaskawa Motoman MH24, пропонує універсальність та високу швидкість, що дозволяє застосовувати їх у складальних та обробних операціях. Водночас роботи Kawasaki RS007N, Stäubli TX2-90 та Epson VT6L відзначаються своїми компактними розмірами та високою продуктивністю на виробничих лініях із середньою вантажопідйомністю. Stäubli TX2-90 та Denso VS-087 особливо виділяються у сфері високої точності, що робить їх ідеальними для електроніки та фармацевтики.

Колаборативні роботи, такі як Universal Robots UR10e, демонструють нові тенденції в робототехніці, де взаємодія роботів із людьми стає все більш поширеною. Ця модель робота-маніпулятора має меншу вантажопідйомність, але дозволяє працювати поруч із людьми без захисних бар'єрів, що значно підвищує безпеку на виробництві.

Порівнюючи всі моделі, можна зробити висновок, що вибір робота-

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

маніпулятора залежить від конкретних потреб виробництва. Важкі промислові моделі, такі як ABB IRB 6700 або KUKA KR QUANTEC, підходять для великомасштабних задач, тоді як компактні роботи, як-от Mitsubishi RV-2FR чи Epson VT6L, будуть ідеальними для точних і швидких операцій у меншому масштабі. Кожна модель має свої унікальні переваги, і сучасні технології робототехніки дозволяють підібрати рішення, яке найкраще відповідає вимогам конкретного виробництва, забезпечуючи ефективність, точність та безпеку.

1.1.2 Огляд побутових роботів-маніпуляторів

У сучасному світі побутові роботи-маніпулятори знаходять широке застосування в різних аспектах життя, допомагаючи людям виконувати рутинні чи складні завдання в домашніх умовах. Ці пристрої забезпечують зручність і автоматизацію процесів, які раніше вимагали людської праці. У цьому розділі буде проведено огляд декількох побутових роботів-маніпуляторів різної функціональності, їх технічних характеристик, застосування та можливостей.

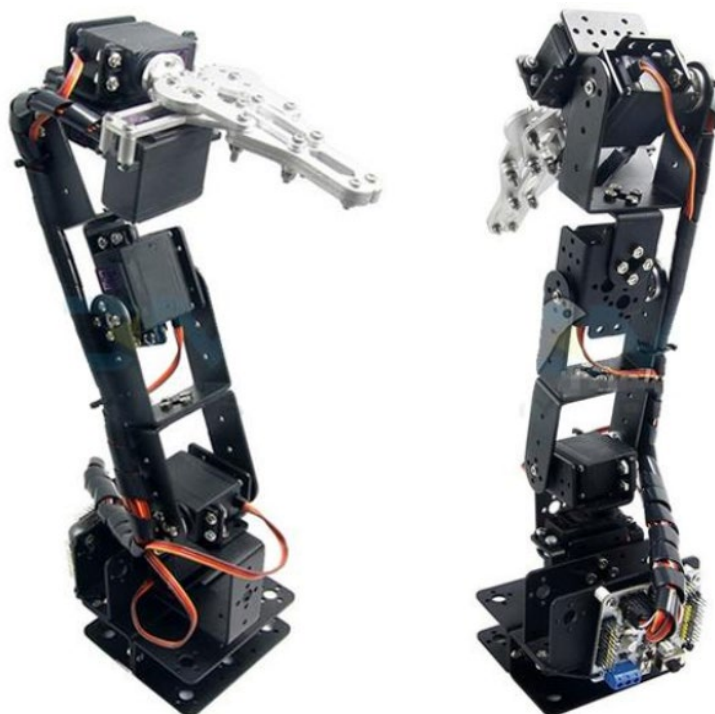


Рисунок 1.11. Роботизована рука BauTech Robotic Arm Kit

Однією з найпоширеніших моделей у побутовому сегменті є Robotic Arm Kit від BauTech. Цей набір призначений для ентузіастів робототехніки і дозволяє збирати та програмувати маніпулятор для виконання простих завдань, таких як

переміщення предметів чи виконання базових операцій з дрібними об'єктами.

Основні технічні характеристики Robotic Arm Kit:

- Кількість осей: 4;
- Вантажопідйомність: 500 г;
- Матеріал: алюмінієвий сплав;
- Джерело живлення: 5V USB;
- Контроль: через Arduino або мікроконтролер.

Цей робот-маніпулятор може бути використаний для навчання основам робототехніки, а також для автоматизації простих домашніх завдань. Наприклад, він може переносити невеликі об'єкти, сортувати предмети або навіть виконувати функції помічника на робочому столі.

Ще одним цікавим прикладом побутового робота є UFactory xArm 5 Lite. Цей маніпулятор розроблений для виконання більш складних завдань і може використовуватися як у домашніх, так і в освітніх цілях. Робот підтримує управління через різні програмні платформи, включаючи Python, що дозволяє його інтегрувати у різні проєкти з автоматизації.

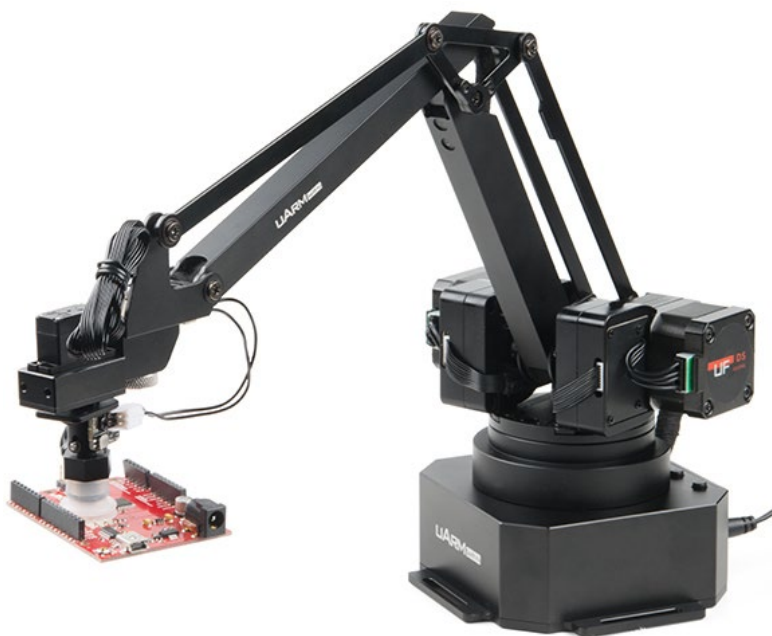


Рисунок 1.12. Побутовий робот-маніпулятор UFactory xArm 5 Lite

Технічні характеристики UFactory xArm 5 Lite:

- Кількість осей: 5;
- Вантажопідйомність: 1,2 кг;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

19

- Радіус дії: 700 мм;
- Точність: до 0,1 мм;
- Інтерфейс: Ethernet, USB.

Ця модель є відмінним інструментом для автоматизації домашніх завдань, таких як приготування їжі, змішування інгредієнтів або навіть допомога людям з обмеженими можливостями у виконанні щоденних завдань. Маніпулятор має компактний дизайн та високу точність, що дозволяє йому працювати з крихкими предметами.

Dobot Magician — це багатофункціональний робот-маніпулятор, що знайшов популярність у побуті та навчальних закладах завдяки своїй доступності та багатофункціональності. Він може виконувати цілий ряд завдань, від 3D-друку до простих монтажних робіт, і навіть писати або малювати на плоских поверхнях.

Основні технічні характеристики Dobot Magician:

- Кількість осей: 4;
- Вантажопідйомність: 500 г;
- Точність: 0,2 мм;
- Радіус дії: 320 мм;
- Додаткові функції: 3D-принтер, лазерний різак.

Dobot Magician також широко використовується для освітніх проєктів завдяки простоті програмування. Він ідеально підходить для початківців, що хочуть навчитися керувати маніпуляторами, а також для домашніх ентузіастів, які бажають автоматизувати повсякденні процеси.



Рисунок 1.13. Робот-маніпулятор Dobot Magician.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Інноваційною моделлю є Festo Robotino XT, що поєднує мобільність та функціональність робота-маніпулятора. Ця система використовується як у навчальних цілях, так і для виконання складних завдань у побуті. Робот може пересуватися по дому або робочій зоні та виконувати автоматизовані операції, такі як транспортування предметів або прибирання.

Технічні характеристики Festo Robotino XT:

- Кількість осей: 6;
- Вантажопідйомність: 2 кг;
- Радіус дії: 1200 мм;
- Точність: 0,1 мм;
- Мобільність: повнофункціональна платформа з колісним приводом.

Robotino XT є особливо корисним у ситуаціях, де потрібно автоматизувати процес переміщення об'єктів у межах одного приміщення. Це може бути корисним для людей з обмеженими можливостями або для виконання рутинних завдань, таких як доставка предметів або автоматичне транспортування об'єктів.



Рисунок 1.14. Робот-маніпулятор Festo Robotino XT

Один із найбільш революційних роботів у побуті — це Moley Kitchen Robot. Цей роботизований маніпулятор інтегрований у кухонну систему і здатний повністю автоматизувати процес приготування їжі. Він може готувати за задалегідь програмованими рецептами, керуючи кухонними приладами, такими як плита та духовка.

Технічні характеристики Moley Kitchen Robot:

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Кількість осей: 7;
- Вантажопідйомність: до 5 кг;
- Точність: 0,05 мм;
- Програмовані режими: приготування, очищення, організація інгредієнтів;
- Інтеграція: повнофункціональна кухня.

Цей робот спеціалізується на автоматизації процесів на кухні, що робить його незамінним помічником у домогосподарстві. Він може приготувати складні страви, використовуючи програмовані рецепти, та забезпечує точність приготування завдяки сенсорам і високоточним механізмам. Moley Kitchen Robot є прикладом того, як сучасні технології здатні змінювати побутове життя, надаючи більше часу для інших справ.



Рисунок 1.15. Робот Moley Kitchen Robot

Аналізуючи розглянуті моделі, можна зробити висновок, що побутові роботи-маніпулятори пропонують різноманітний функціонал, від базових задач до повної автоматизації процесів у побуті. Моделі BauTech і Dobot Magician орієнтовані на ентузіастів та навчальні цілі, тоді як UFactory xArm 5 Lite і Festo Robotino XT пропонують більш серйозні можливості для автоматизації домашніх завдань. Moley Kitchen Robot представляє вершину побутової робототехніки,

повністю автоматизуючи процеси приготування їжі та надаючи новий рівень зручності. Нижче наведена таблиця технічних характеристик роботів.

Таблиця 1.1. Порівняння технічних характеристик побутових роботів

<i>Модель</i>	<i>Кількість осей</i>	<i>Вантажо-підйомність</i>	<i>Радіус дії</i>	<i>Точність</i>	<i>Додаткові функції</i>
BauTech Robotic Arm Kit	4	500 г	400 мм	0,5 мм	Проста збірка, керування через Arduino
UFactory xArm 5 Lite	5	1,2 кг	700 мм	0,1 мм	Підтримка Python, Ethernet
Dobot Magician	4	500 г	320 мм	0,2 мм	3D-друк, лазерне різання
Festo Robotino XT	6	2 кг	1200 мм	0,1 мм	Мобільність, колісний привід
Moley Kitchen Robot	7	5 кг	N/A	0,05 мм	Приготування їжі, керування кухнею

1.1.3 Аналітичний огляд методів і засобів програмування роботів-маніпуляторів

Програмування роботів-маніпуляторів є ключовим етапом у створенні автоматизованих систем, що виконують задані операції з високою точністю. Залежно від рівня складності завдань, використовуються різні підходи до програмування, починаючи від простих скриптів до складних алгоритмів керування рухами.

1. Мови програмування та середовища розробки. Сучасні маніпулятори програмуються мовами високого рівня, такими як C/C++, Python, JavaScript. Найпоширенішими середовищами для розробки є:

- Arduino IDE – використовується для програмування пристроїв на базі Arduino, зокрема й для керування серводвигунами через бібліотеку Servo.h;
- ROS (Robot Operating System) – модульна платформа, що забезпечує взаємодію між різними компонентами робота та підтримує багато мов програмування;
- Matlab/Simulink – застосовується для математичного моделювання та симуляції систем керування маніпуляторами;
- Processing – використовується для візуалізації та обробки даних, особливо у

випадках, коли маніпулятор працює з камерою або сенсорами.

2. Методи програмування. Методи програмування маніпуляторів поділяються на наступні підходи:

- Пряме програмування (жорстке кодування) – передбачає написання програми з фіксованими координатами та послідовностями рухів. Цей метод підходить для простих маніпуляторів, таких як той, що використовується у даному проєкті;
- Програмування за траєкторією – маніпулятор виконує рухи відповідно до заданої траєкторії, використовуючи інтерполяцію між точками;
- Навчання за зразком – оператор вручну демонструє необхідні рухи, а система запам'ятовує їх та відтворює;
- Зворотна кінематика – застосовується для складних маніпуляторів, коли потрібно розрахувати оптимальну траєкторію руху з урахуванням обмежень.

3. Засоби програмного керування. Для забезпечення точності рухів застосовуються алгоритми:

- PID-регулювання – використовується для стабілізації положення серводвигунів;
- Контроль обмежень швидкості та прискорення – необхідний для плавності рухів;
- Системи зворотного зв'язку – реалізуються через датчики положення та сили.

У процесі розробки маніпуляторів широко використовуються мови програмування високого рівня, такі як C++, Python та спеціалізовані платформи, наприклад, ROS (Robot Operating System).

Для простих маніпуляторів, які базуються на контролерах Arduino, найчастіше застосовується мова C++ разом із середовищем Arduino IDE. Ця платформа дозволяє реалізувати базові алгоритми керування рухами шляхом використання бібліотек, таких як Servo.h, яка забезпечує керування кутовими положеннями сервоприводів. Процес програмування контролера представлений на рисунку 1.16.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

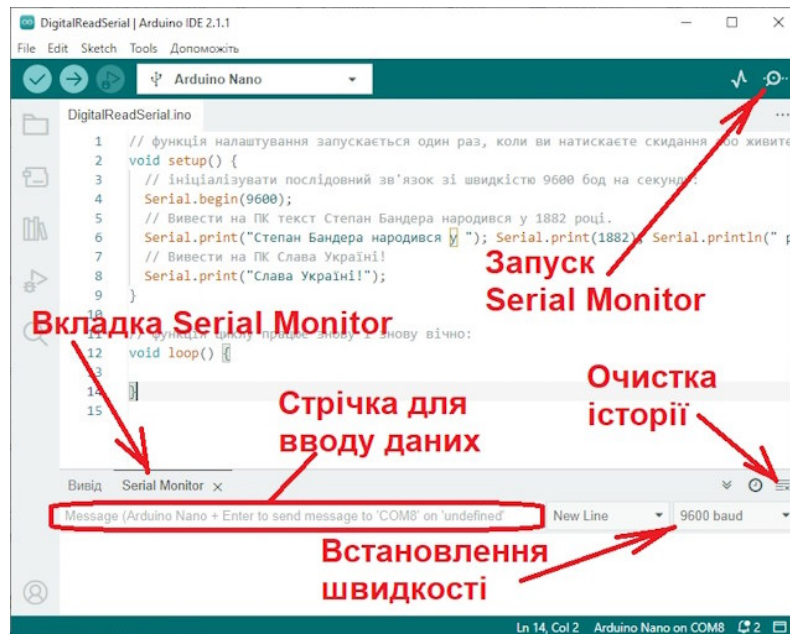


Рисунок 1.16. Процес програмування контролера у ICP Arduino IDE

Для складніших роботизованих систем застосовують ROS, який забезпечує модульне управління різними підсистемами роботи, такими як система бачення, зворотного зв'язку та автономного прийняття рішень. Використання Python у рамках ROS дозволяє організувати комунікацію між сенсорами, виконувати обробку сигналів та приймати рішення в режимі реального часу. Важливою перевагою ROS є можливість моделювання рухів у середовищі Gazebo, що дає змогу тестувати алгоритми перед їхньою реалізацією на реальному обладнанні (рис. 1.17).

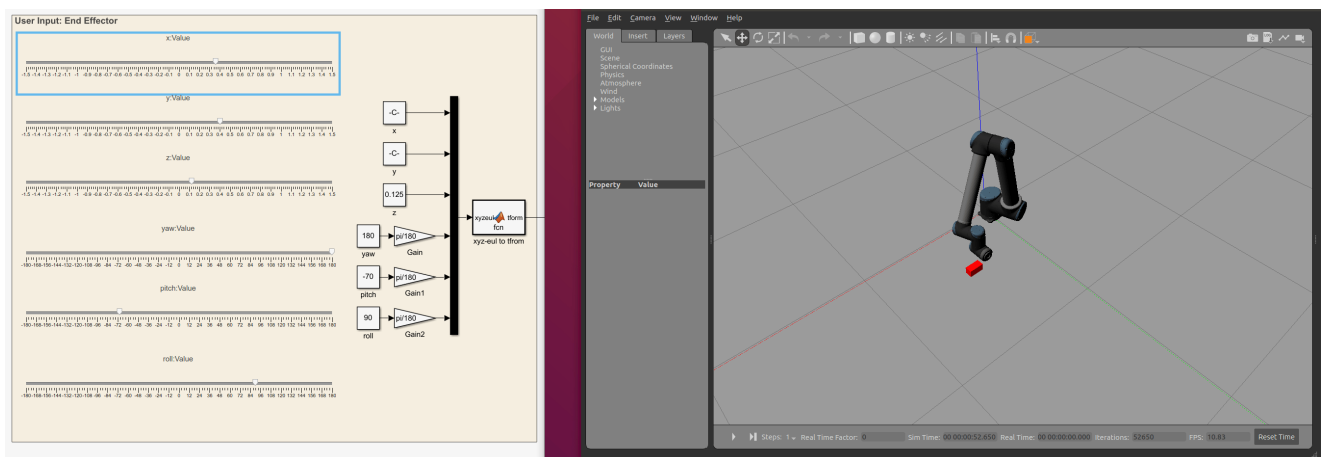


Рисунок 1.17. Віртуальна модель маніпулятора в Gazebo

Методи програмування маніпуляторів поділяються на кілька основних підходів. Найпростішим є жорстке кодування рухів, коли кожен рух задається у

вигляді фіксованої послідовності команд. Наприклад, для виконання завдання заварювання чаю можна запрограмувати певну послідовність переміщень серводвигунів для опускання пакетика в чашку, очікування заданого часу та подальшого його витягування. Цей метод підходить для систем, у яких траєкторія не змінюється і не потребує адаптації.

Іншим підходом є програмування за траєкторією, коли рухи маніпулятора визначаються через інтерполяцію між ключовими точками. Наприклад, якщо маніпулятор повинен плавно перемістити ложку для розмішування чаю, використовуються алгоритми лінійної або сплайнової інтерполяції, що забезпечують плавний рух без різких змін швидкості (рис.1.18).

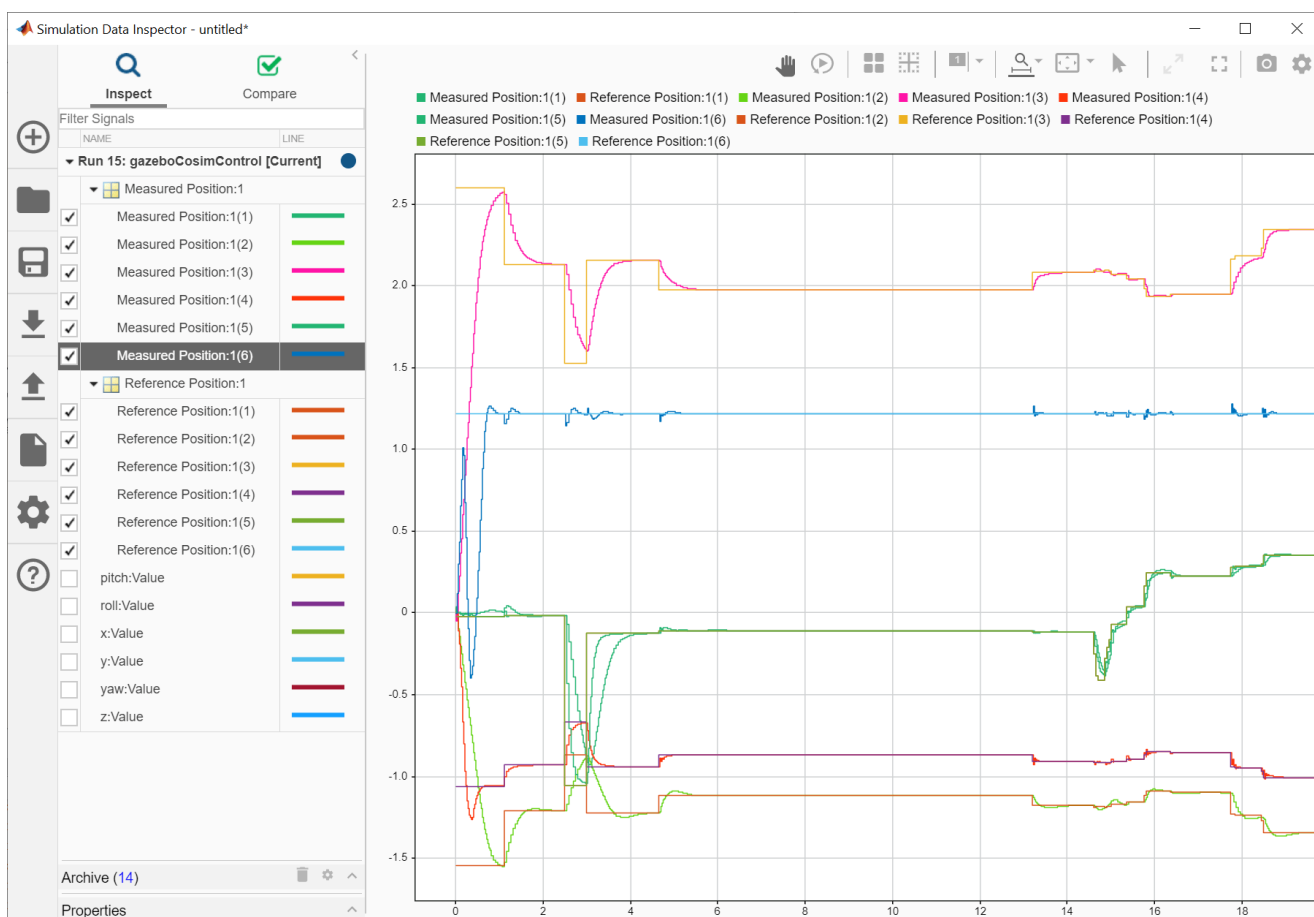


Рисунок 1.18. Графік інтерполяції траєкторії руху маніпулятора

Більш складний метод — зворотна кінематика, що дозволяє визначити положення кожної ланки маніпулятора залежно від бажаного положення кінцевого ефектора. Для реалізації цього підходу використовують спеціалізовані бібліотеки, такі як IKFast або MoveIt!, які розраховують необхідні кути повороту

сервоприводів на основі кінцевих координат інструменту. У маніпуляторі, який буде використовуватися в даному проєкті, зворотна кінематика не є обов'язковою, оскільки всі рухи можуть бути реалізовані шляхом простого управління кутами сервоприводів.

Ефективність програмного керування маніпулятором залежить від алгоритмів стабілізації та обмеження швидкості. Одним із найпоширеніших методів є PID-регулювання, що використовується для коригування положення маніпулятора залежно від поточного стану системи. Це особливо важливо, коли необхідно уникнути різких ривків або забезпечити плавність рухів (рис.1.19).

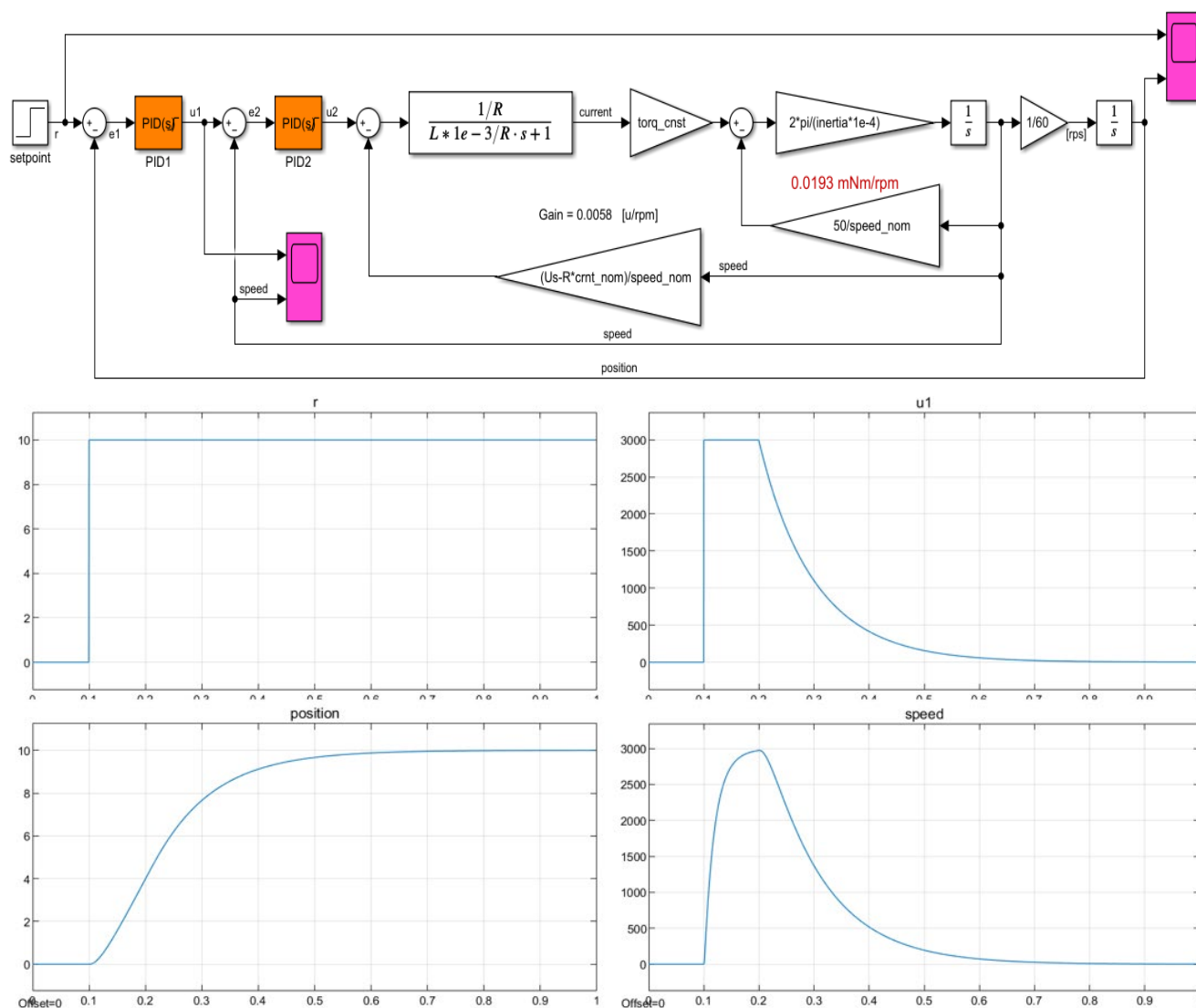


Рисунок 1.19. Графік PID-регулювання для стабілізації положення серводвигуна

Дані про використання різних методів керування маніпуляторами наведено в таблиці 1.2.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 1.2. Порівняння методів керування маніпуляторами

Метод програмування	Переваги	Недоліки
Жорстке кодування рухів	Простота реалізації, швидкість роботи	Відсутність гнучкості, неможливість адаптації до змін
Програмування за траєкторією	Плавність рухів, точність	Потребує розрахунків і точного налаштування
Зворотна кінематика	Гнучкість, можливість складних маніпуляцій	Висока обчислювальна складність, потребує потужного контролера
PID-регулювання	Стабільність, плавність рухів	Потребує налаштування коефіцієнтів для конкретного маніпулятора

Таким чином, вибір методів та засобів програмування залежить від складності завдань маніпулятора. Для даного проекту оптимальним підходом є програмування на C++ в середовищі Arduino IDE із застосуванням бібліотек для керування серводвигунами, що дозволить ефективно реалізувати процеси заварювання чаю, додавання цукру та розмішування.

1.2 Побудова моделі захвату маніпулятора

Проектований маніпулятор має п'ять ступенів свободи, що забезпечує можливість виконання складних маніпуляцій з об'єктами. Основні рухи досягаються за допомогою п'яти серводвигунів MS90G, встановлених у ключових позиціях.

1.2.1 Ступені свободи маніпулятора

Ступені свободи визначають можливі напрямки руху маніпулятора та їхню взаємодію:

1. Обертання основи (θ_1) – забезпечує поворот маніпулятора навколо вертикальної осі;
2. Підйом/опускання плеча (θ_2) – змінює висоту маніпулятора, керуючи головним важелем;
3. Рух передпліччя (θ_3) – дозволяє змінювати радіус дії маніпулятора;
4. Обертання захвату (θ_4) – забезпечує необхідну орієнтацію кінцевого ефектора;
5. Захват об'єкта (θ_5) – регулює відкриття та закриття механічного захвата.

Всі ці рухи реалізуються за допомогою серводвигунів, у якості яких обрано

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

MS90G, що мають високий крутний момент і точність керування. Схематичне розташування сервоприводів представлено на рис. 1.20.

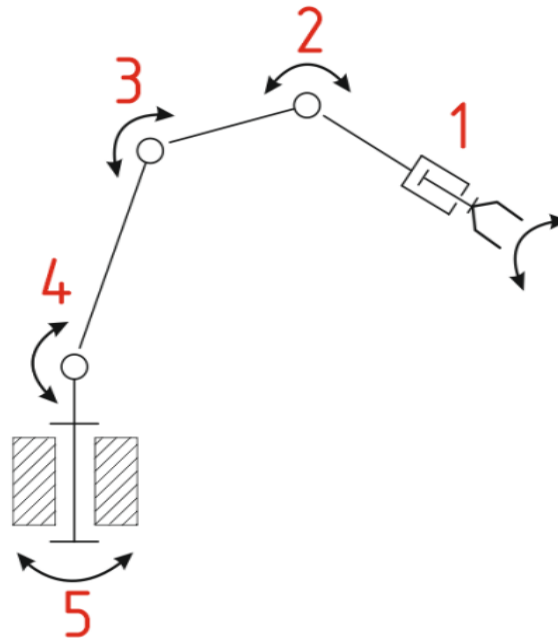


Рисунок 1.20. Кінематична схема маніпулятора

1.2.2 Кінематична модель маніпулятора

Розрахунок кінематики маніпулятора здійснюється на основі прямої та зворотної кінематики. Пряма кінематика дозволяє визначити положення кінцевого ефектора (захвата) за відомими кутами обертання всіх ланок. Для цього використовується рівняння:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) + L_3 \cos (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \\ L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) + L_3 \sin (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \\ h + d_1 + d_2 + d_3 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

де:

- L_1, L_2, L_3 – довжини ланок маніпулятора,
- $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ – кути повороту ланок,
- h – висота основи,
- d_1, d_2, d_3 – відстані між з'єднаннями.

Зворотна кінематика дозволяє знайти кути обертання кожного суглоба для досягнення заданого положення кінцевого ефектора. Основні рівняння для визначення кутів:

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$\theta_2 = \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 + (z - h)^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2}\right)$$

$$\theta_3 = \arctan\left(\frac{z - h}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) - \theta_2$$

(1.2)

Для визначення кутів обертання захвату (θ_4) та його положення (θ_5) використовуються додаткові параметри, що залежать від необхідної орієнтації маніпулятора (рис. 1.21).

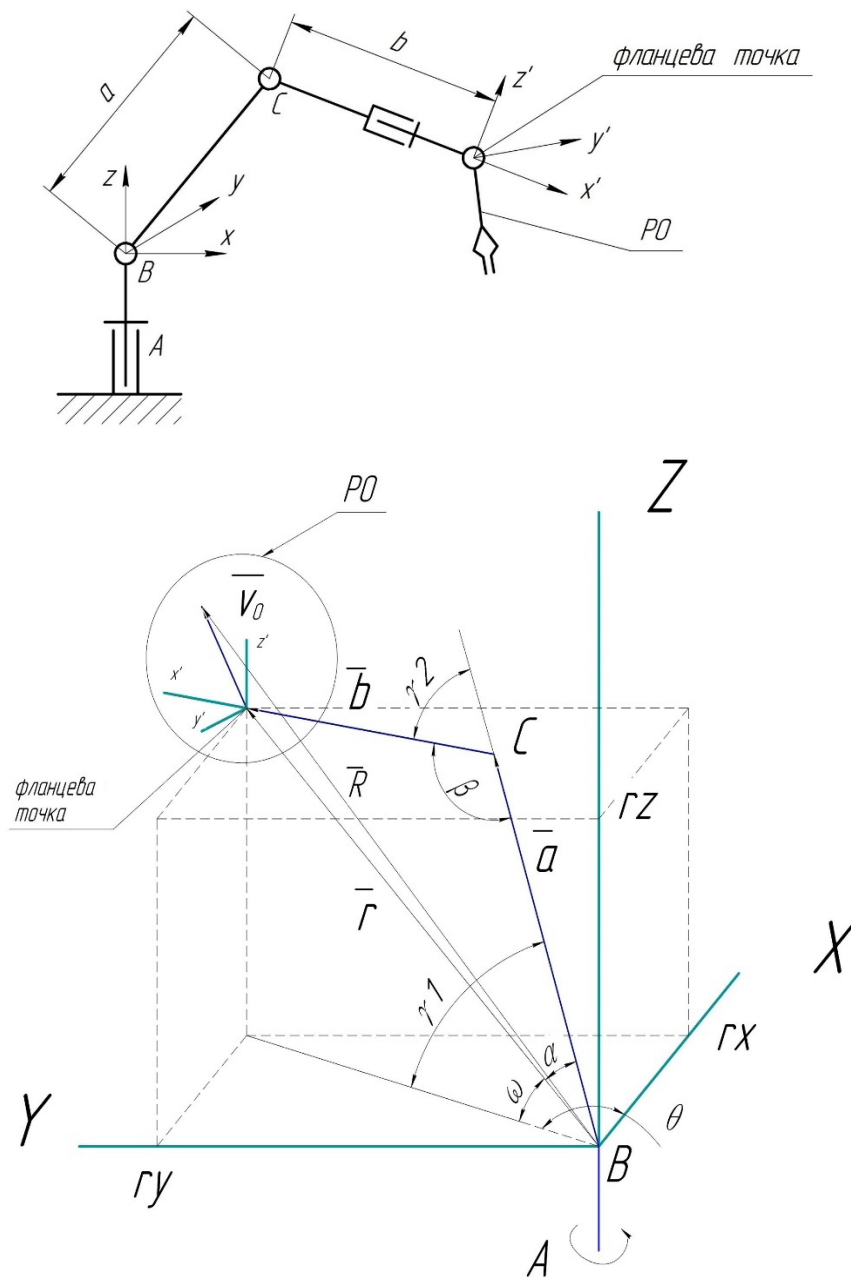


Рисунок 1.21. Система координат маніпулятора та залежність кутів повороту

1.2.3 Фізична реалізація маніпулятора

Основні параметри механічної частини маніпулятора наведено в таблиці 1.3.

Фізична конструкція маніпулятора має бути легкою, але міцною, тому для каркасу може бути використаний алюміній або 3D-друкований пластик. Захват маніпулятора розроблено з урахуванням можливості роботи з малими об'єктами, такими як чайні пакетики та кубики цукру (рис. 1.22).

Таблиця 1.3. Основні параметри механічної частини маніпулятора

Ланка	Довжина (мм)	Керований параметр
Основа (L_0)	50	Обертання (θ_1)
Плече (L_1)	100	Кут нахилу (θ_2)
Передпліччя (L_2)	80	Кут нахилу (θ_3)
Захват (L_3)	50	Обертання (θ_4) та захват (θ_5)

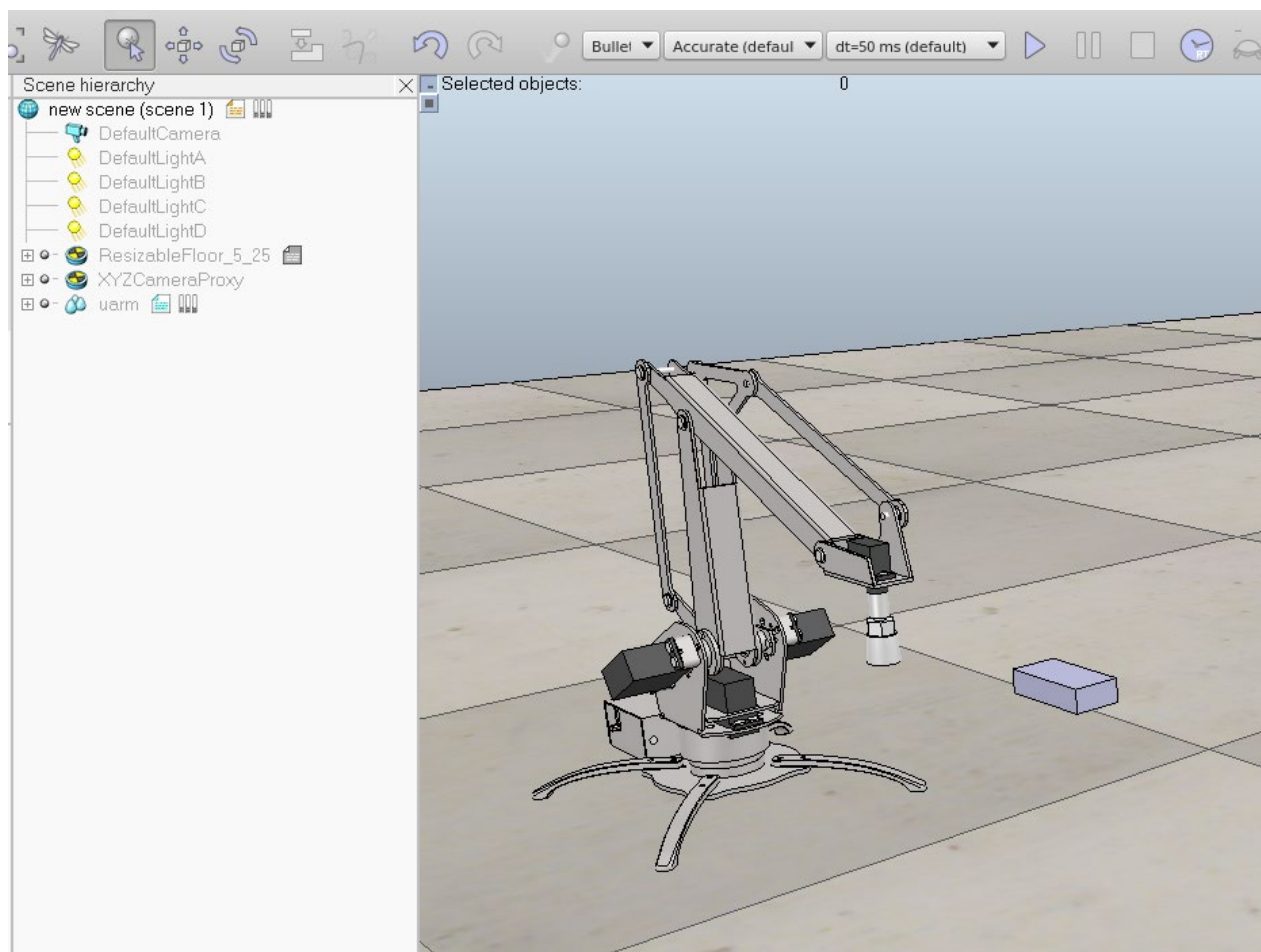


Рисунок 1.22. Розрахунок захвату для маніпулятора з рухомими щелепами

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

31

1.3 Розробка структурної схеми та 3D-моделі маніпулятора

Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій у даному проекті передбачає створення структурної схеми робота-маніпулятора, що демонструє логічні зв'язки між усіма основними компонентами системи, а також 3D-моделі, яка дає уявлення про конструктивні особливості пристрою, розташування виконавчих механізмів та загальний вигляд маніпулятора.

1.3.1 Структурна схема маніпулятора

Структурна схема є базовим етапом проектування, оскільки вона дозволяє визначити взаємозв'язки між усіма ключовими елементами системи керування маніпулятором. Основна мета такої схеми – забезпечити наочність та зрозумілість принципів роботи маніпулятора, а також дати можливість у майбутньому легко змінювати або вдосконалювати систему.

У процесі розробки було визначено, що система включає такі основні функціональні блоки:

1. Пристрій керування (контролер на базі Arduino Uno R3 та плата керування серводвигунами)

- Виконує обробку команд користувача, отриманих через пульт керування;
- Генерує керуючі сигнали для всіх п'яти серводвигунів;
- Взаємодіє з потенціометрами для визначення бажаного положення маніпулятора;
- Контролює живлення двигунів і забезпечує захист від перевантаження;

2. Пульт ручного керування

- Складається з чотирьох потенціометрів, які відповідають за зміну положення ключових ланок маніпулятора;
- Передає аналогові значення контролеру, що дозволяє оператору задавати бажані кути повороту кожного ступеня свободи;
- Додатково може містити кнопки для перемикання режимів роботи;

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3. Маніпулятор

- Складається з механічних ланок (плеча, передпліччя та захвата), що забезпечують необхідну рухомість;
- Реалізує п'ять ступенів свободи, дозволяючи виконувати завдання із захоплення та переміщення об'єктів;

4. Привідна система (серводвигуни MS90G, 5 шт.)

- Відповідає за керування рухом усіх механічних частин;
- Дозволяє точно регулювати положення кожного ступеня свободи завдяки високій точності кутового зміщення;

5. Робоча зона

- Це область, у межах якої маніпулятор здійснює роботу.
- Включає платформу, на якій розташовані об'єкти маніпулювання (наприклад, чашка з чаєм, цукор, ложка);

6. Джерело живлення

- Забезпечує стабільну подачу електроенергії для всіх компонентів системи;
- Складається з блоку живлення на 5V для серводвигунів та USB-живлення для контролера Arduino.

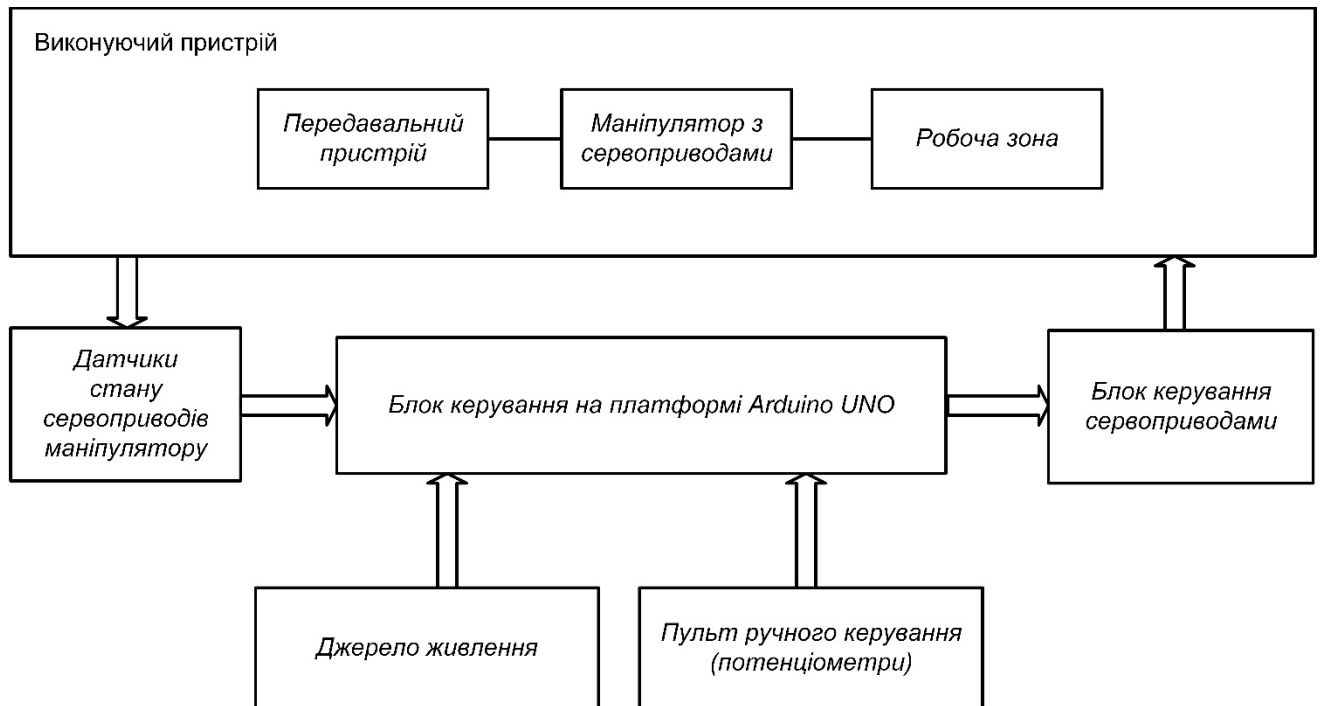


Рисунок 1.23. Структурна схема організації роботи робота-маніпулятора

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

33

Структурна схема організації роботи робота-маніпулятора наведена на рис. 1.23.

1.3.2 Розробка 3D-моделі маніпулятора

Після побудови структурної схеми організації роботи робота-маніпулятора було розроблено 3D-модель маніпулятора, що дозволяє детально уявити конструкцію пристрою та забезпечити правильне розташування всіх його компонентів.

Основні етапи створення 3D-моделі:

1. Проектування базової платформи
 - Основа маніпулятора повинна бути міцною та стабільною, тому обрано матеріали алюміній або пластик (3D-друк);
 - Висота основи 50 мм, що дозволяє розмістити електроніку та дроти без ризику пошкоджень;
2. Розрахунок розмірів плеча та передпліччя
 - Загальна довжина маніпулятора 230 мм, що дозволяє йому виконувати необхідні операції;
 - Довжина плеча – 100 мм, довжина передпліччя – 80 мм;
3. Розташування серводвигунів MS90G. У маніпуляторі п'ять серводвигунів встановлені у ключових точках для реалізації рухомості:
 - Основа – серводвигун для повороту всієї конструкції;
 - Плече – серводвигун для підйому та опускання;
 - Передпліччя – серводвигун для зміни кута нахилу;
 - Захват – серводвигун для обертання об'єкта;
 - Кінцевий захват – серводвигун для стискання та розтискання;
4. Проектування кінцевого ефектора (захвата)
 - Використано механізм з рухомими щелепами, що дозволяє захоплювати різні об'єкти;
 - Для обертання об'єкта передбачено окремий привід;
5. Фінальне збирання та візуалізація
 - Всі компоненти зібрані у єдину модель, що відображає конструкцію

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

маніпулятора у реальному масштабі.

Загальна макетна 3D-модель маніпулятора, розроблена включаючи місця кріплення серводвигунів (позиції 1-5), представлена на рисунку 1.24.

Для створення 3D-моделі маніпулятора було використано Autodesk Fusion 360 (версія 2.0.18364) – сучасне програмне забезпечення для 3D-моделювання, що підтримує параметричний дизайн і моделювання складних механічних конструкцій. Основні етапи розробки 3D-моделі були такими:

1. Створення базової платформи – моделювання основи, на якій кріпляться всі компоненти;
2. Розрахунок та проектування ланок – створення плеча, передпліччя та захвата з урахуванням геометричних параметрів;
3. Інтеграція серводвигунів MS90G – визначення точок кріплення двигунів для забезпечення рухливості конструкції;
4. Проектування захвата – розробка механізму кінцевого ефектора з можливістю відкривання/закривання;
5. Перевірка кінематики – тестування рухомих елементів у віртуальному середовищі Fusion 360.

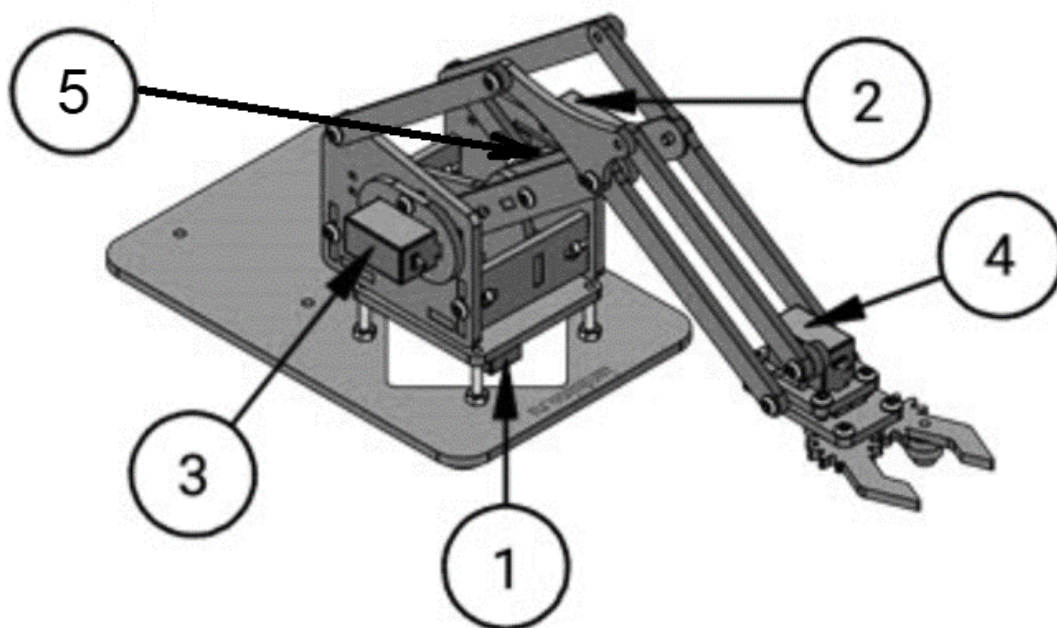


Рисунок 1.24. 3D-модель маніпулятора з розташуванням серводвигунів

Отримана 3D-модель може бути використана для:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

35

- 3D-друку окремих деталей, що значно скорочує час на створення механічної частини;
- Лазерного різання металевих компонентів, що підвищує міцність конструкції;
- Попередньої візуалізації та тестування кінематики рухів за допомогою симуляції у спеціалізованих програмах.

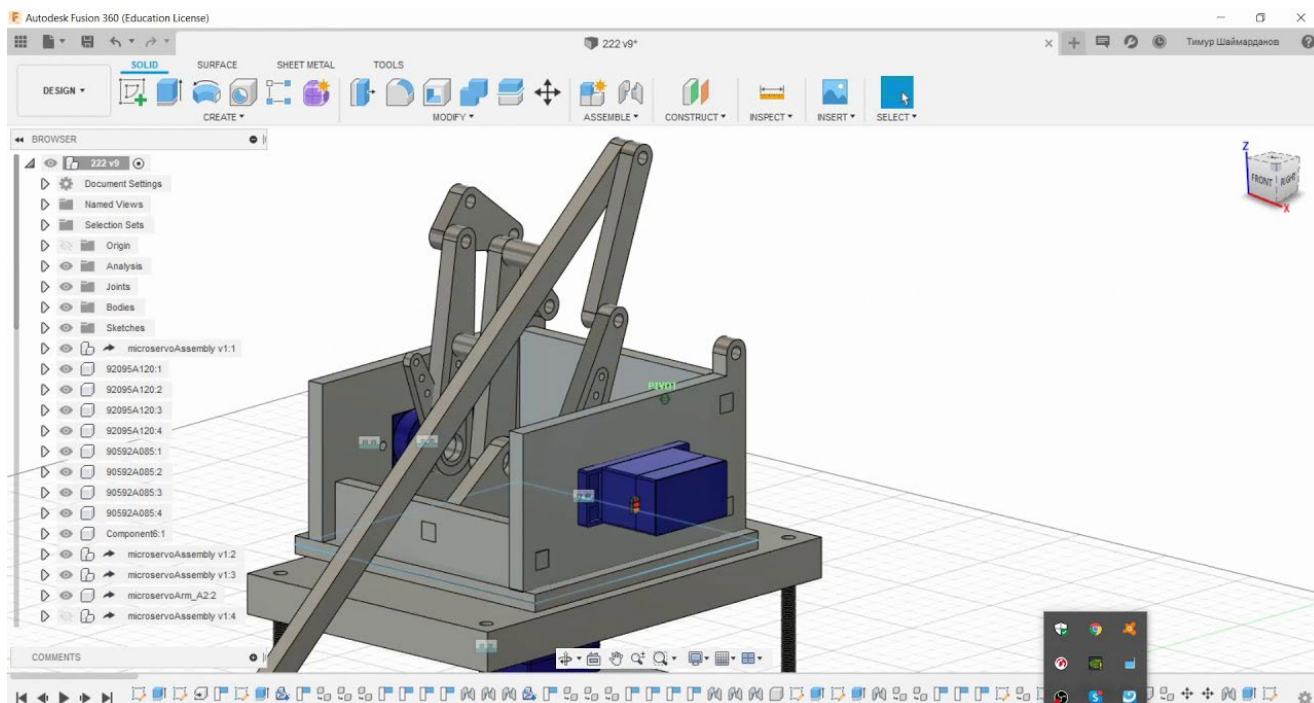


Рисунок 1.32. Інтерфейс Autodesk Fusion 360 та процес створення 3D-моделі

Розроблена структурна схема дозволяє чітко визначити взаємозв'язки між усіма компонентами маніпулятора та забезпечити їхню правильну взаємодію. 3D-модель маніпулятора створена з урахуванням усіх конструктивних вимог та дозволяє реалізувати механічну частину пристрою. Завдяки використанню серводвигунів MS90G та контролера Arduino Uno R3 система є простою у керуванні, модифікації та масштабуванні. 3D-модель також забезпечує можливість перевірки працездатності маніпулятора ще до початку виготовлення реального пристрою.

1.4 Підключення компонентів до блоку керування

Для забезпечення керування маніпулятором використовується контролер Arduino Uno R3, який здійснює обробку вхідних сигналів із пульта керування та

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

генерує команди для приводу механічних частин. Основними виконавчими елементами системи є серводвигуни MS90G, що відповідають за рухомість окремих ланок маніпулятора.

1.4.1 Огляд основних електронних компонентів системи

Arduino Uno R3 – це мікроконтролерна плата на базі ATmega328P, яка має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, тактову частоту 16 МГц та підтримує живлення від USB або зовнішнього джерела 7-12V (рис.1.33).

Основні особливості Arduino Uno R3:

- Використання інтерфейсу PWM (широтно-імпульсна модуляція) для керування серводвигунами;
- Простота підключення та програмування через Arduino IDE;
- Підтримка бібліотеки Servo.h для роботи із сервомоторами.

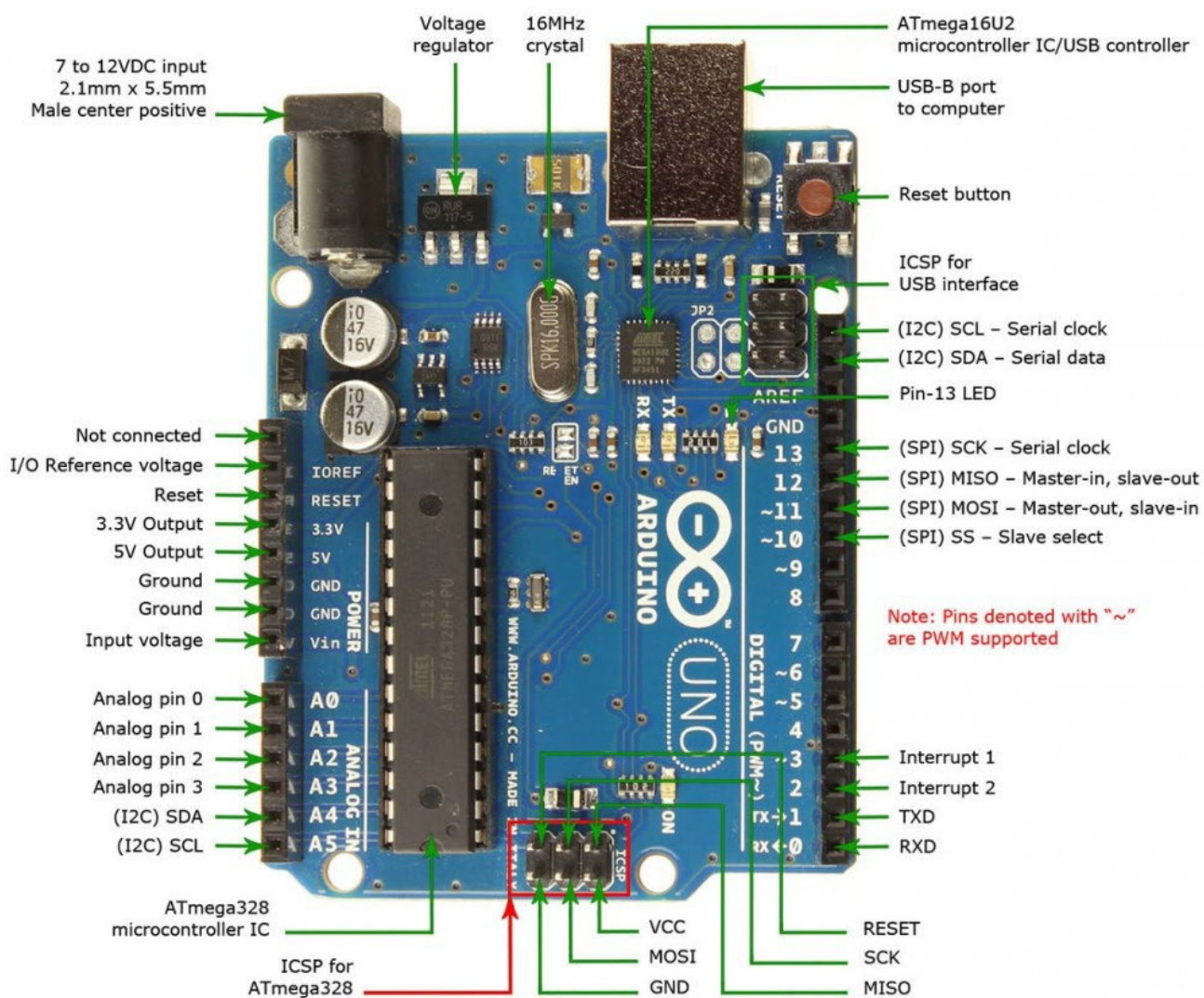


Рисунок 1.33. Плата Arduino Uno R3 та її основні компоненти

Серводвигуни MS90G (5 шт.) використовуються для реалізації рухомих ступенів свободи маніпулятора (рис.1.34). Вони працюють від 5V, мають максимальний крутний момент 2.2 кг·см та можуть повертатися на 180°.

Основні характеристики MS90G:

- Напруга живлення: 4.8V – 6V;
- Робочий струм: до 500 мА;
- Сигнальний вхід: PWM-сигнал 50 Гц.

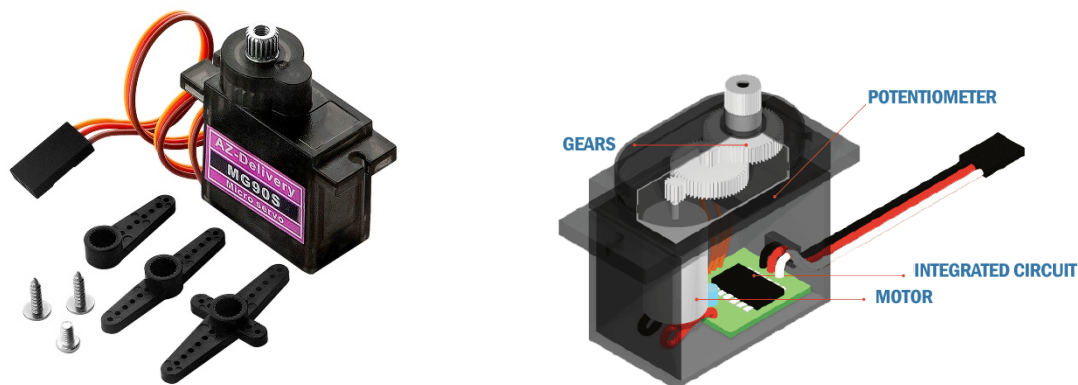


Рисунок 1.34. Серводвигун MS90G для маніпулятору

Для задання положень маніпулятора використовується пульт керування з чотирма потенціометрами, які передають значення кута повороту на аналогові входи Arduino.

Основні характеристики потенціометрів:

- Опір 10 кОм;
- Живлення 5V;
- Вихідний сигнал аналогове значення від 0 до 1023 (10-бітний ADC Arduino).

1.4.2 Схема підключення компонентів схеми маніпулятору

Оскільки Arduino обмежене за потужністю, серводвигуни підключаються до зовнішнього джерела живлення (5V, 2A). Загальна схема живлення передбачає спільну "масу" (GND) для всіх компонентів.

Сигнальні контакти серводвигунів підключаються до PWM-виходів Arduino:

- D3 – двигун основи;
- D5 – двигун плеча;

- D6 – двигун передпліччя;
- D9 – двигун захвата;
- D10 – двигун повороту захвата.

Аналогові виходи потенціометрів підключаються до А0 – А3 Arduino для зчитування положення:

- А0 – керування основою.
- А1 – керування плечем.
- А2 – керування передпліччям.
- А3 – керування захватом.

САПР TinkerCAD дозволяє моделювати електронні схеми та програмувати Arduino у середовищі, що імітує реальне підключення. У моделі було реалізовано:

- Підключення 5 серводвигунів MS90G до Arduino Uno R3 через PWM-виходи;
- З'єднання 4 потенціометрів з аналоговими входами контролера;
- Зовнішнє живлення для сервомоторів для запобігання перевантаженню Arduino.

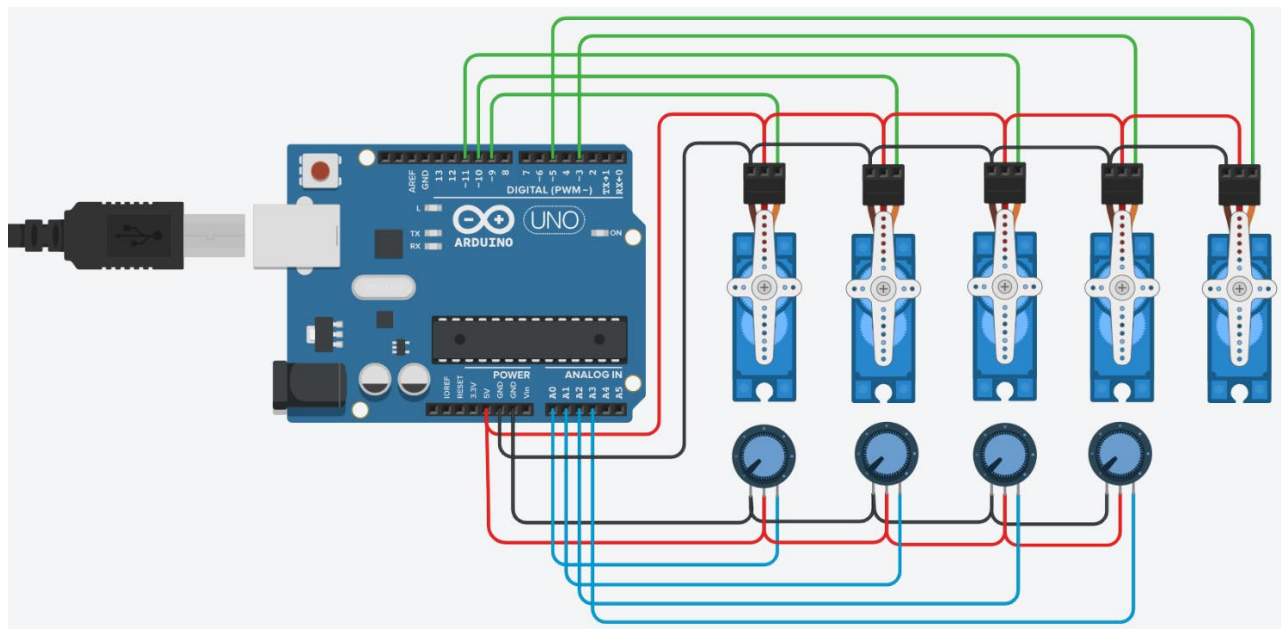


Рисунок 1.35. Віртуальне підключення компонентів у TinkerCAD

Кожен серводвигун MS90G має три контакти:

- Червоний (VCC, 5V) – підключається до зовнішнього джерела живлення;
- Чорний (GND) – з'єднується із загальною "масою" системи;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

39

- Зелений (Signal) – підключається до відповідного PWM-виходу Arduino.
- У TinkerCAD підключення сервоприводів здійснюється до таких контактів:
- D3 – основа;
 - D5 – плече;
 - D6 – передпліччя;
 - D9 – захват;
 - D10 – обертання захвата;

Для керування положенням маніпулятора використовується 4 потенціометри (10 кОм), які передають значення кутів повороту до мікроконтролера.

- Лівий контакт (GND) – загальний "нуль";
- Правий контакт (+5V) – живлення потенціометра;
- Середній контакт (Signal) – підключається до аналогового входу Arduino.

Вхідні канали потенціометрів у TinkerCAD підключаються до:

- A0 – основа;
- A1 – плече;
- A2 – передпліччя;
- A3 – захват.

Після підключення всіх елементів у середовищі TinkerCAD (рис.1.35, 1.36) була створена тестова програма для керування серводвигунами відповідно до положень потенціометрів. Програма виконує наступні дії:

1. Зчитує аналогові значення з потенціометрів;
2. Перетворює їх у відповідний діапазон кутів (0-180°);
3. Передає сигнал на серводвигуни для зміни їхнього положення.

Потенціометри передають значення аналогових сигналів A0-A3 на плату Arduino, яка інтерпретує їх як значення кутів повороту. Отримані дані перетворюються у значення ШІМ-сигналу (широотно-імпульсної модуляції), що формується за допомогою бібліотеки Servo.h. Arduino відправляє ШІМ-сигнали через PWM-виходи (D3, D5, D6, D9, D10) на плату керування, яка розподіляє їх на відповідні серводвигуни. Плата керування забезпечує коректне підключення живлення серводвигунів, запобігаючи перевантаженню Arduino Uno R3 (рис.1.37).

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

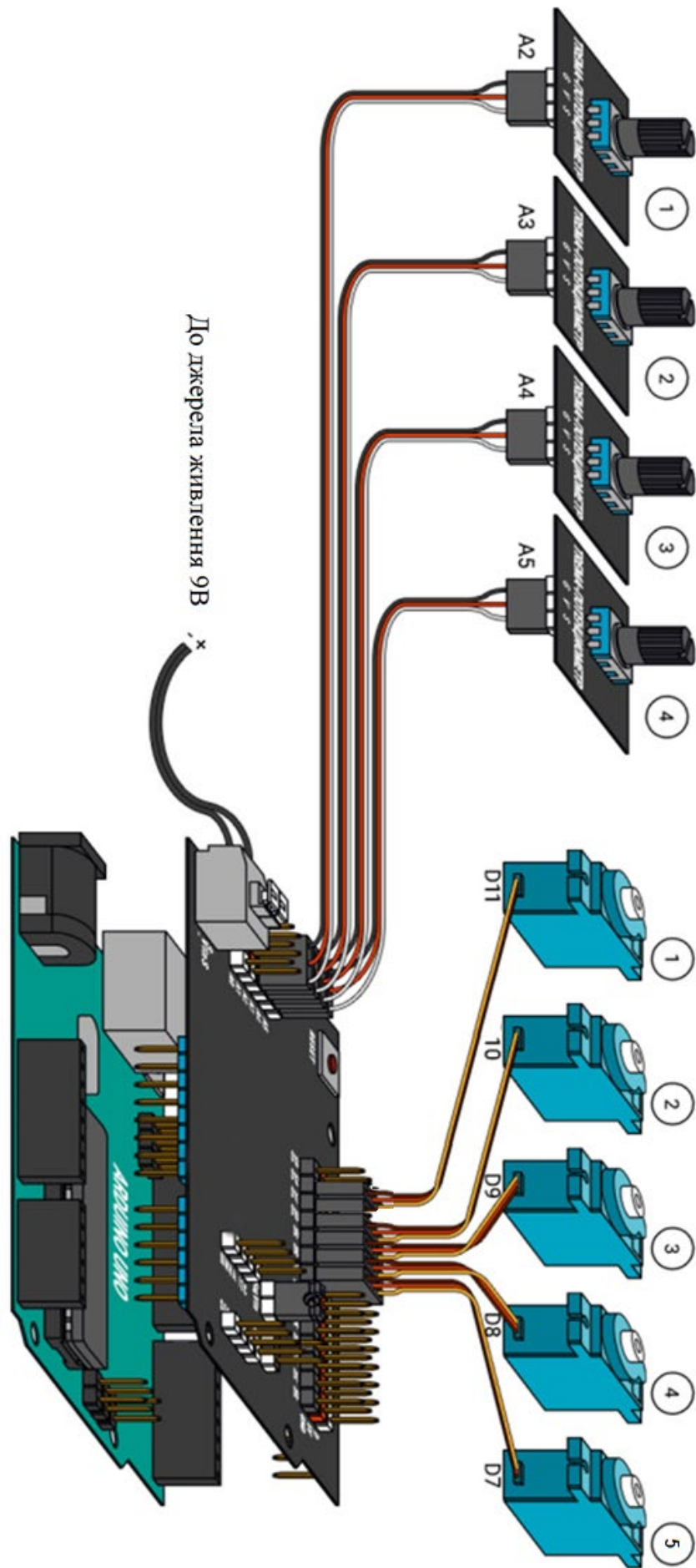


Рисунок 1.36. 3D-модель підключення компонентів до плати керування

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

41

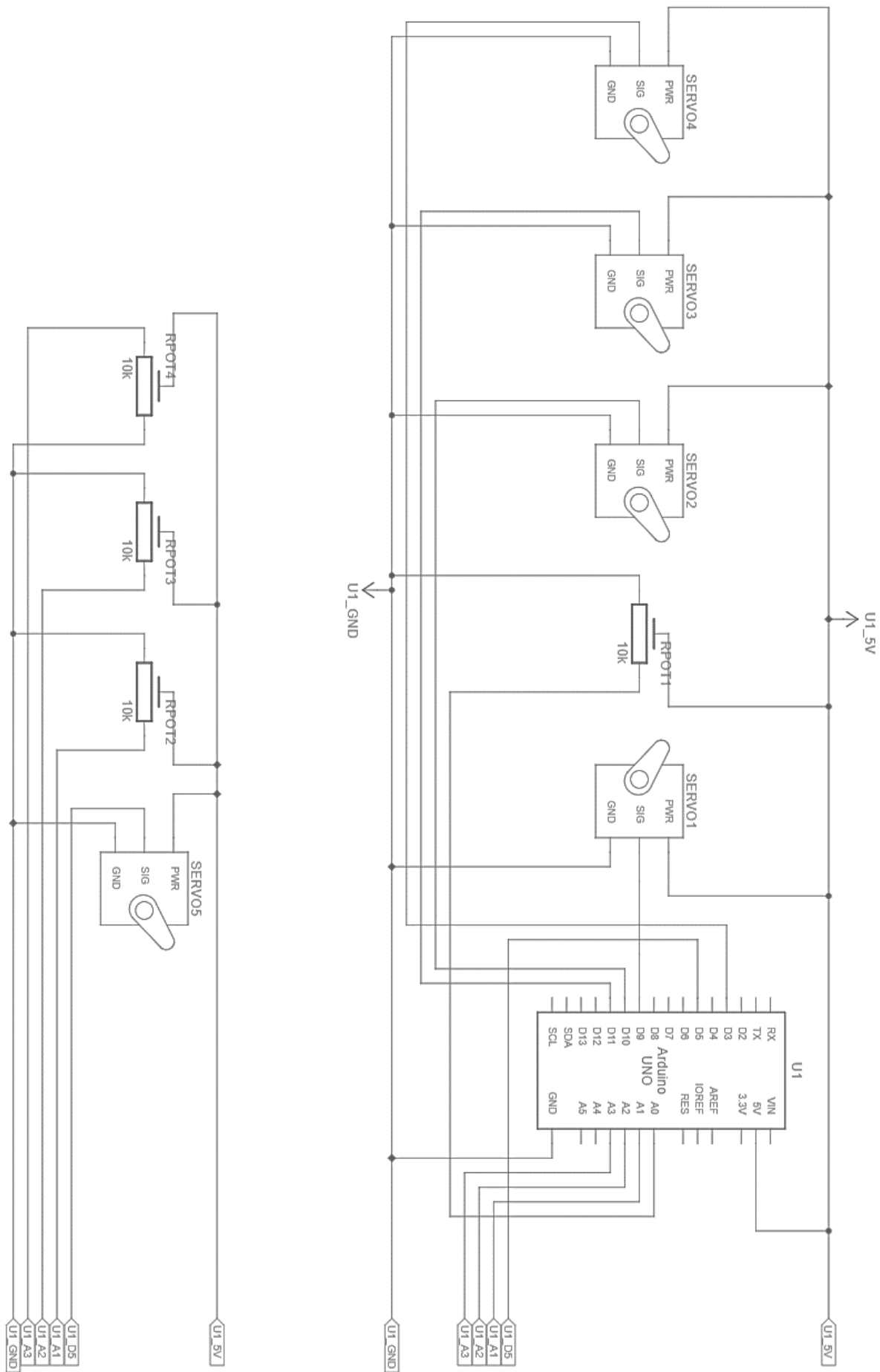


Рисунок 1.37. Принципова схема підключення серводвигунів та потенціометрів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

1.5 Створення макету маніпулятора

Створення макету маніпулятора розпочалося з виготовлення його механічних частин за допомогою 3D-друку. Усі основні деталі, такі як основа, важелі, кронштейни для серводвигунів та захват, були змодельовані у спеціалізованому програмному забезпеченні та надруковані на 3D-принтері. Для друку використовувався матеріал PLA, який забезпечує необхідну міцність при збереженні малої ваги деталей. Товщина шару друку становила 0.2 мм, а температура екструдера була встановлена на рівні 200°C, що дозволило отримати якісні поверхні без значних деформацій. Друк виконувався з урахуванням необхідності підтримок для складних геометричних форм, після чого деталі очищалися та шліфувалися (рис.1.38).

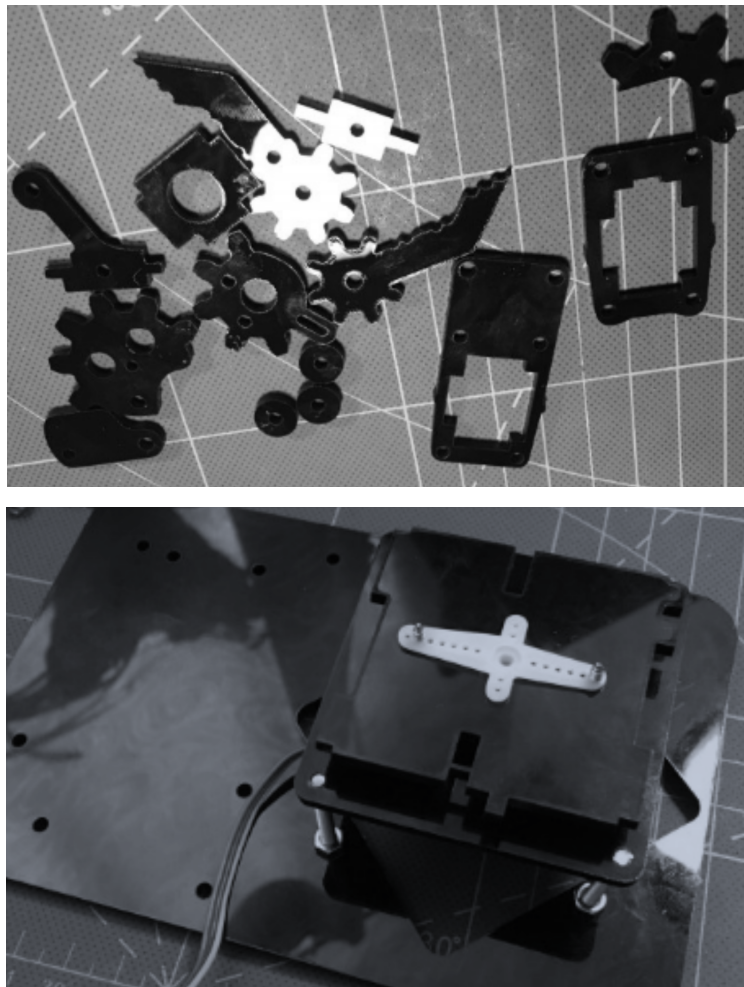


Рисунок 1.38. Деталі для макету маніпулятора

Після завершення друку всі елементи були ретельно перевірені на відповідність кресленням та підігнані для забезпечення точного з'єднання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

43

Особливу увагу приділили з'єднувальному вузлу, які мали шарнірну конструкцію для реалізації рухливості маніпулятора. Наступним кроком стало складання каркасу, яке здійснювалося поступово шляхом з'єднання платформи, сегментів плеча, передпліччя та механізму захвату. Кріплення виконувалося за допомогою гвинтів М3, що забезпечило надійну фіксацію деталей та можливість їх подальшого обслуговування. Для шарнірних з'єднань використовувалися спеціальні осі, які зменшували тертя та забезпечували плавність руху.

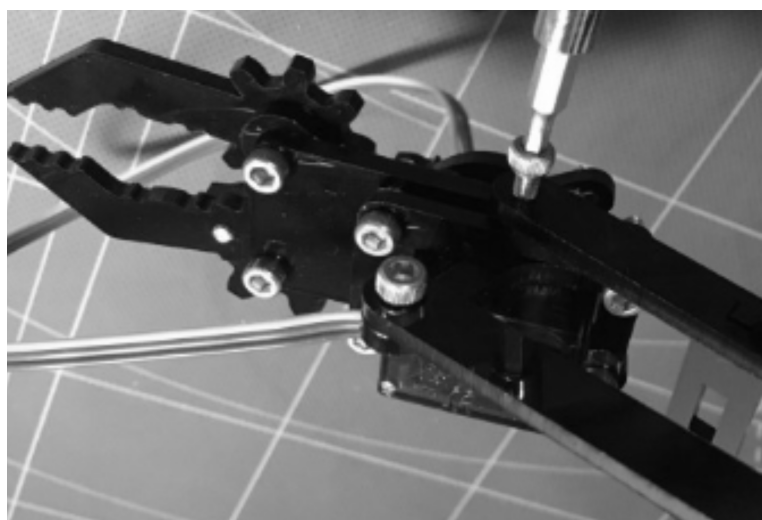
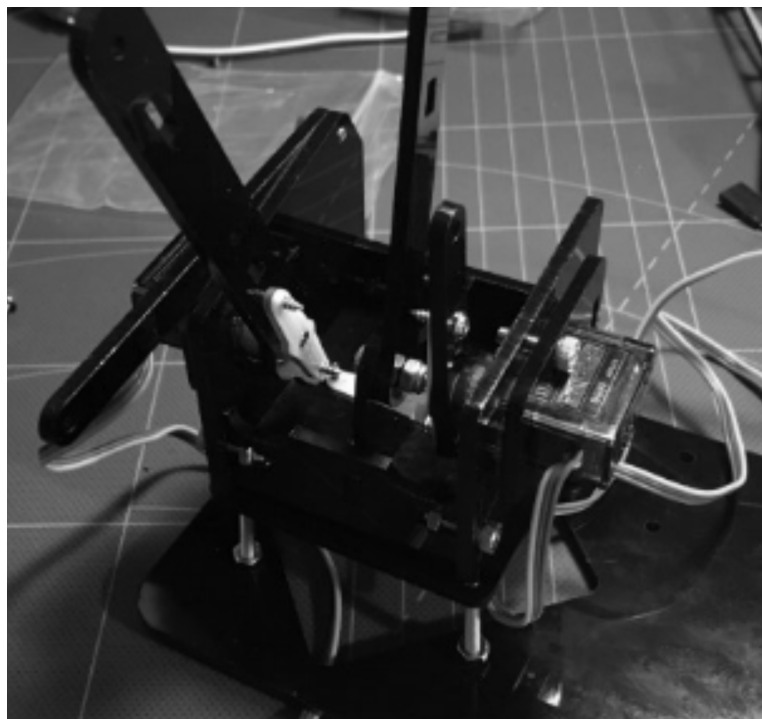


Рисунок 1.39. Шарнірні з'єднання та осі маніпулятора

Після механічного складання було розпочато встановлення сервоприводів. У конструкцію інтегрували п'ять серводвигунів MS90G, які відповідали за всі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

44

необхідні рухи маніпулятора: один для обертання основи, два для керування плечем та передпліччям, один для обертання захвата та ще один для його стискання. Кожен двигун був закріплений у відповідних кронштейнах та з'єднаний з рухомими частинами. Усі серводвигуни потребували підключення до плати керування, яка розташовувалася окремо для забезпечення зручності монтажу.

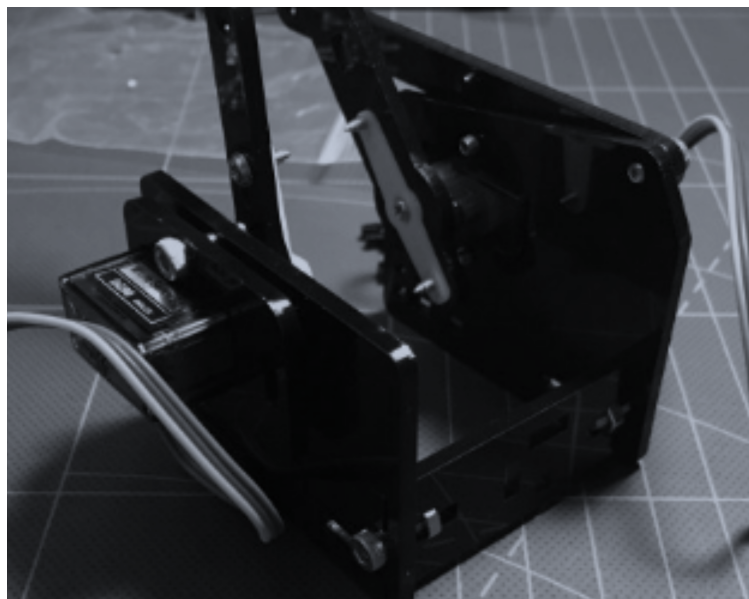


Рисунок 1.40. Встановлення сервоприводів маніпулятору

На наступному етапі виконувалося з'єднання всіх електронних компонентів. Потенціометри, що використовувалися для ручного керування рухами маніпулятора, були змонтовані на окремій панелі, звідки їхні сигнали передавалися на мікроконтролер Arduino Uno R3. Живлення подавалося від стабілізованого джерела 5V, а сигнальні дроти акуратно прокладалися та закріплювалися для уникнення перешкод під час руху. Остаточне складання передбачало тестування кожного окремого вузла, після чого відбувалося повне випробування моделі в дії. Було перевірено, як серводвигуни реагують на сигнали, чи правильно передаються команди з потенціометрів, а також наскільки точно реалізуються рухи відповідно до розрахунків (рис.1.41).

Результатом стала повністю функціональна модель маніпулятора, яка здатна виконувати запрограмовані дії та реагувати на команди в реальному часі. Використання 3D-друку дозволило отримати деталі з високою точністю, а завдяки модульному підходу стало можливим подальше покращення конструкції без

необхідності значних змін у загальній схемі. Макет повністю відповідає попередньо розробленим моделям та підтвердив свою працездатність під час тестових випробувань.

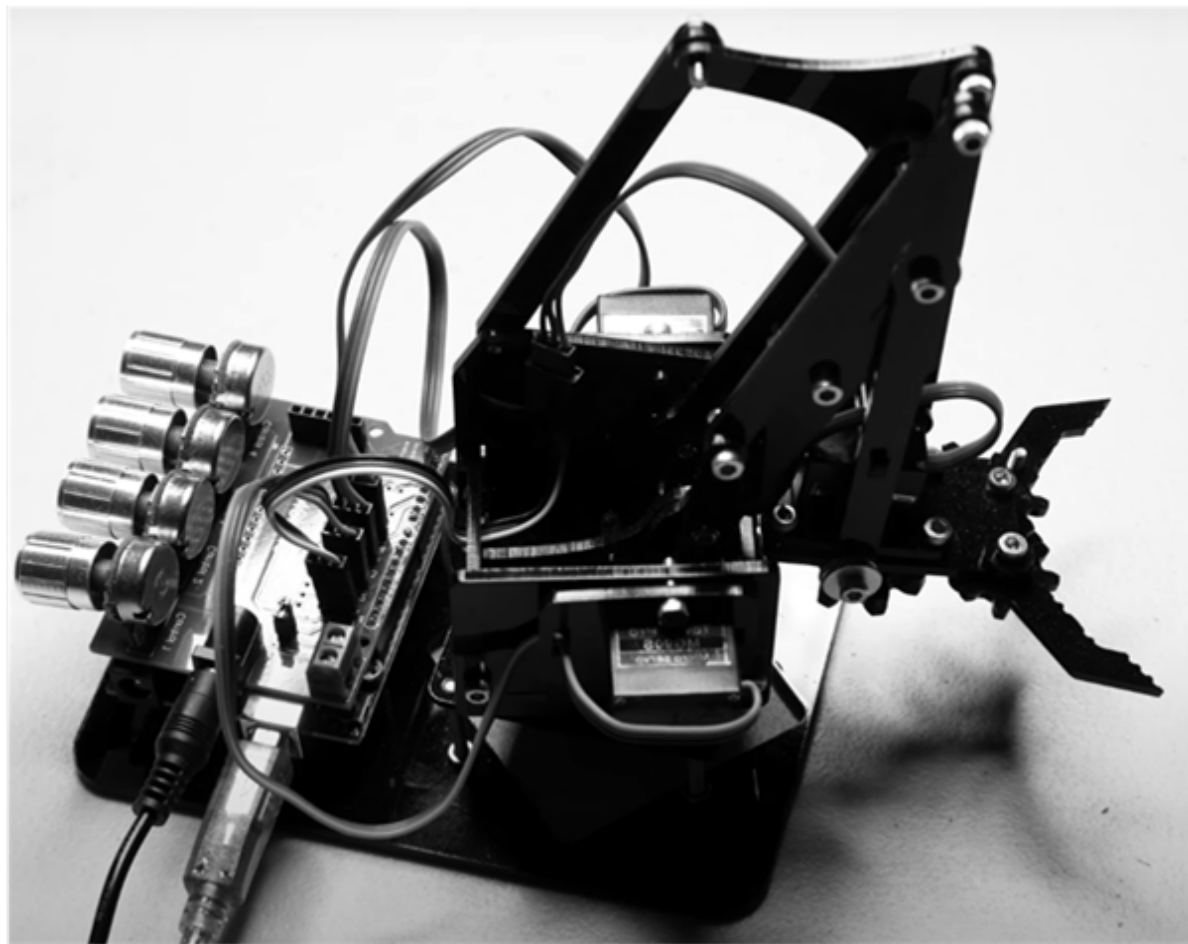


Рисунок 1.41. Макет зібраного маніпулятора

1.6 Розробка програмного забезпечення маніпулятора

Програмне забезпечення маніпулятора було розроблено з використанням середовища програмування Arduino IDE. Це середовище підтримує мову програмування, засновану на C/C++, та має вбудовані бібліотеки для роботи з серводвигунами та іншими електронними компонентами. Основним інструментом для керування серводвигунами стала бібліотека Servo.h, яка дозволяє працювати з сервоприводами, задаючи їм певні кути повороту.

Бібліотека Servo для керування сервоприводами маніпулятора містить функції:

```
uint8_t attach(int pin);            uint8_t attach(int pin, int min, int max);
```

Ці функції використовуються для прив'язки серводвигуна до певного виходу плати Arduino. Синтаксис їх виклику:

servo.attach(pin); *servo.attach(pin, min, max);*

Де параметри означають:

- *servo* – об'єкт класу *Servo*, який відповідає за керування конкретним серводвигуном;
- *pin* – номер цифрового виходу, до якого підключено керуючий канал сервоприводу;
- *min* (*необов'язковий параметр*) – ширина імпульсу (в мікросекундах), що відповідає положенню вала серводвигуна на 0°. За замовчуванням – 544;
- *max* (*необов'язковий параметр*) – ширина імпульсу (в мікросекундах), що відповідає положенню вала серводвигуна на 180°. За замовчуванням – 2400.

Використання цих параметрів дозволяє точно калібрувати роботу серводвигуна та адаптувати його до конкретної механічної конструкції маніпулятора.

Для тестування алгоритмів використовувалося середовище TinkerCAD, яке дозволяє моделювати роботу мікроконтролерів та периферійних пристроїв у віртуальному середовищі. Це значно спростило процес відлагодження програми перед її завантаженням на фізичний пристрій.

Програма керування маніпулятором побудована за принципом послідовного виконання команд, які відповідають за різні дії, такі як захоплення об'єктів, переміщення їх у визначене місце та імітацію процесу приготування чаю. Основний алгоритм передбачає зчитування стану кнопки запуску, перевірку її натискання та виконання заданої послідовності рухів серводвигунів відповідно до визначених координат.

Маніпулятор може працювати в двох режимах: ручному та автоматичному. В автоматичному режимі рух активної частини здійснюється за попередньо запрограмованою траєкторією, яка визначена у програмному коді. У ручному режимі відбувається фіксація введених координат та перевірка їх коректності. Якщо координати задані правильно, маніпулятор виконує рух у відповідності до

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

них. У випадку некоректного введення програма повідомляє про помилку та або завершує роботу, або повертається до початкового етапу вибору режиму керування. По завершенню всіх операцій система повідомляє про завершення роботи. На рис. 1.42 наведено приклад вікна COM-порту з параметрами налаштувань.

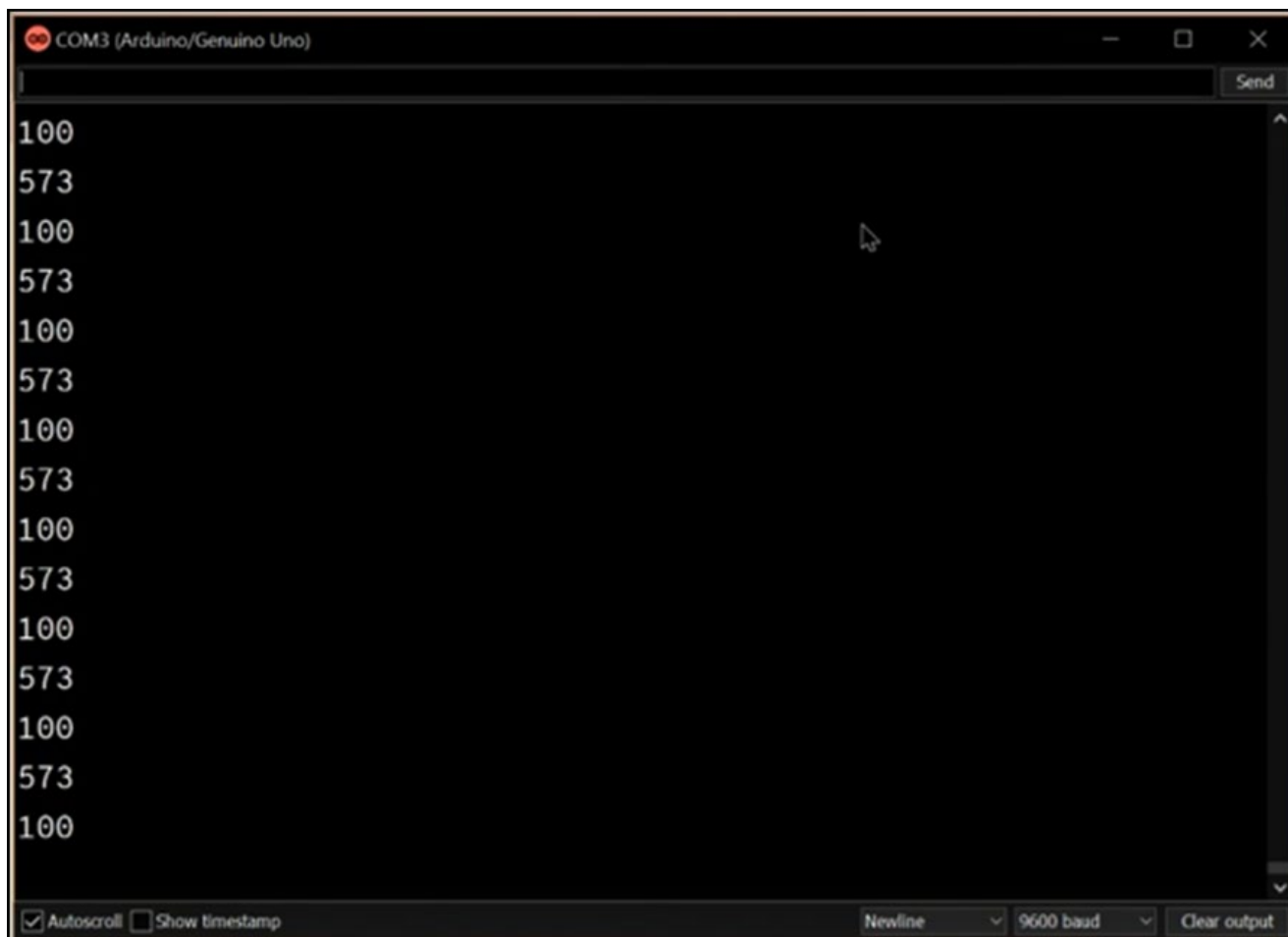


Рисунок 1.42. Діагностична інформація з COM-порту про роботу маніпулятора

Блок-схема алгоритму (рис.1.43) передбачає здійснення автоматичного або ручного керування діями маніпулятора, зокрема реалізуються наступні етапи для прошивки до пам'яті мікроконтролера Arduino програми приготування чаю (Додаток А):

1. Ініціалізація плати Arduino, бібліотеки Servo.h, сервоприводів та кнопки запуску;
2. Встановлення початкового положення маніпулятора;
3. Очікування натискання кнопки запуску;
4. Якщо кнопка натиснута, активується світлодіодний індикатор процесу;

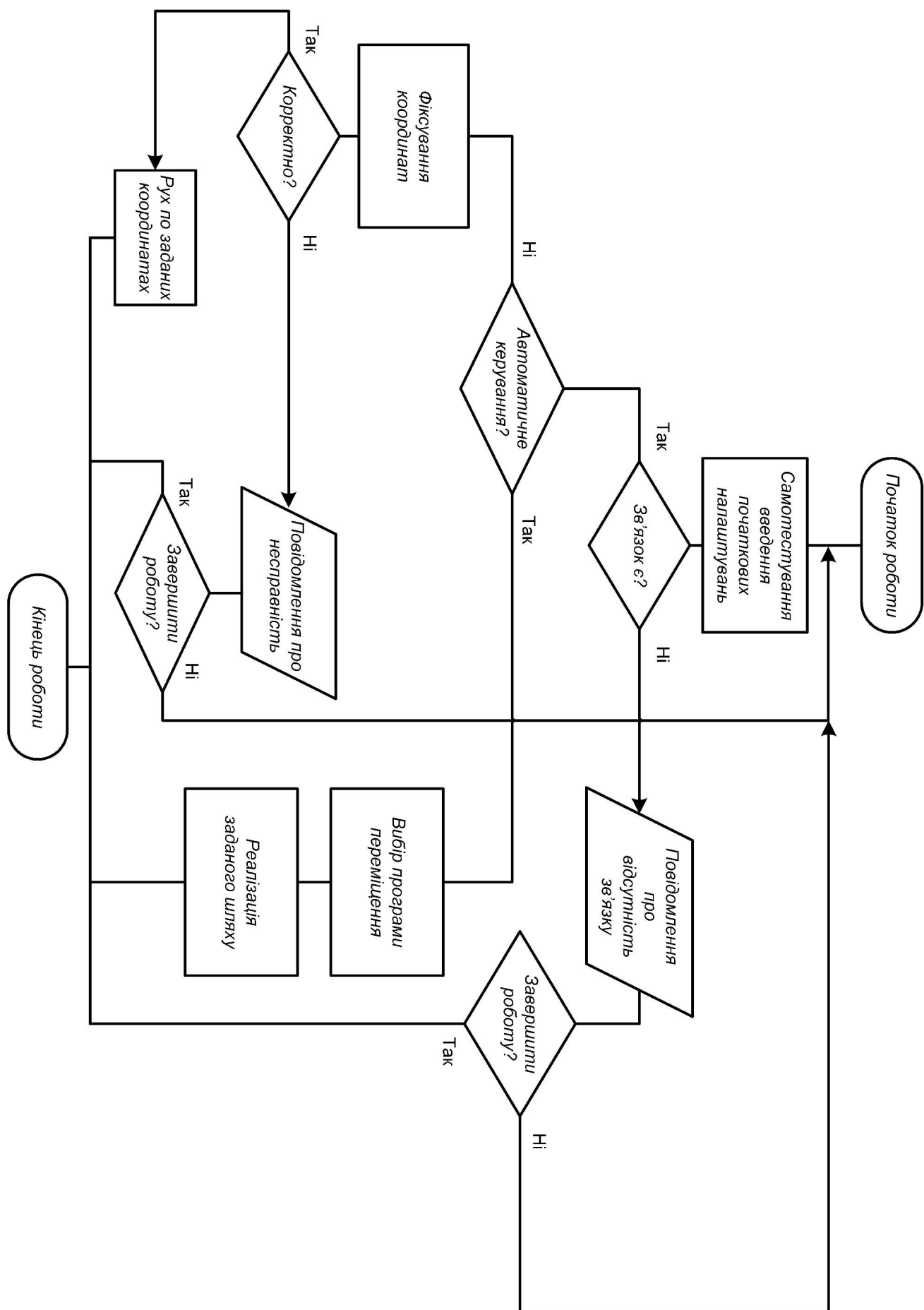


Рисунок 1.43. Блок-схема алгоритму роботи маніпулятора

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ

5. Виконання послідовності рухів маніпулятора для заварювання чаю, включаючи занурення пакетика у воду, підняття та відкладання його убік;
6. Виконання аналогічної послідовності для захоплення та додавання цукру у чашку;
7. Виконання рухів для перемішування чаю ложкою;
8. Відкладання ложки убік та повернення маніпулятора у початкове положення;
9. Вимкнення індикатора завершення роботи.

Програма реалізована за допомогою мови C++ у середовищі Arduino IDE.

Основні елементи коду:

- Ініціалізація серводвигунів – створення об'єктів класу Servo та прив'язка їх до відповідних цифрових виходів плати Arduino;
- Функція manipulator() – забезпечує поступове змінення кутів серводвигунів для плавного руху маніпулятора. Вона отримує як вхідні параметри нові значення кутів та швидкість зміни положення;
- Основний цикл loop() – перевіряє стан кнопки запуску. Якщо вона натиснута, запускається заданий алгоритм рухів маніпулятора.

Програмне забезпечення дозволяє маніпулятору виконувати повний цикл операцій без додаткових втручань користувача. Завдяки використанню бібліотеки Servo.h забезпечується точне керування рухами маніпулятора.

У подальшому можливе вдосконалення програмного забезпечення, зокрема інтеграція додаткових датчиків, що дозволить розширити функціональність маніпулятора та адаптувати його під інші завдання.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Основною метою даного розділу є визначення вартості виконання науково-дослідної роботи, присвяченої проектуванню робота-маніпулятора на базі платформи Arduino. Розроблений маніпулятор призначено використовувати для перенесення та точного позиціонування дрібних предметів, роботи з небезпечними речовинами, застосування у сфері гральних автоматів та подібних галузях. Завдання економічного аналізу полягає в оцінці трудомісткості та фінансових витрат, що забезпечують реалізацію проекту, що належно відповідають вимогам сучасної науково-технічної діяльності.

Даний тип проекту належить до категорії науково-дослідницьких розробок (НДР). Оцінка якості проведених робіт здійснюється через визначення трудомісткості та собівартості створення кінцевої продукції. Етапи та види робіт, які необхідно виконати, були спершу опрацьовані у вигляді детального переліку, після чого, у результаті консультацій із керівником проекту, до них внесено уточнення, виключення або об'єднання окремих задач. У таблиці 2.1 наведено розподіл робіт за етапами та відповідними виконавцями:

Таблиця 2.1. Розподіл робіт за етапами та виконавцями

<i>Етап проведення НДР</i>	<i>Вид роботи</i>	<i>Посада виконавця</i>
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1. Складання та затвердження ТЗ для НДР по проектуванню «Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій»	Дипломник, керівник
Вибір напрямку дослідження	1. Збір і аналіз науково-технічної літератури, дослідження існуючої технічної документації та іншої інформації, що є вихідною базою.	Дипломник, керівник
	2. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, зазначених у ТЗ, із проведенням порівняльного аналізу.	
	3. Визначення оптимального напрямку досліджень для подальшої розробки.	
	4. Розробка детального плану проведення досліджень.	
Теоретичні та експериментальні дослідження	1. Огляд та аналіз існуючих робіт-маніпуляторів.	Дипломник, керівник, консультанти

<i>Етап проведення НДР</i>	<i>Вид роботи</i>	<i>Посада виконавця</i>
	2. Проектування структури та конструкції робота-маніпулятора.	
	3. Підключення серводвигунів до плати Arduino для забезпечення автоматизації дій.	
	4. Створення комп'ютерної моделі та фізичного макету робота-маніпулятора.	
	5. Розробка та тестування програмного забезпечення для управління маніпулятором.	
Узагальнення і оцінка результатів досліджень	1. Систематизація досягнутих результатів на попередніх етапах.	Дипломник, керівник, консультанти
	2. Оцінка повноти вирішення поставлених завдань та виявлення можливих шляхів оптимізації.	
	3. Проведення додаткових досліджень і складання рекомендацій щодо подальшої експлуатації та впровадження результатів НДР.	
	4. Підготовка та оформлення підсумкового звіту, в якому розглядаються результати дослідження і приймаються остаточні рішення щодо доцільності впровадження проекту.	

Умовно, тривалість виконання окремих задач НДР встановлюється на основі вірогідних оцінок виконавців. Таблиця 2.2 містить розрахунок очікуваної тривалості кожної роботи в днях.

Таблиця 2.2. Розрахунок очікуваної тривалості кожної роботи в днях

<i>Вид роботи</i>	<i>Очікуваний час виконання (дні)</i>
1. Складання та затвердження ТЗ	3
2. Збір і вивчення науково-технічної літератури та документації	4
3. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань і їх порівняльна оцінка	2
4. Вибір напрямку проведення досліджень	2
5. Аналіз аналогів для пристрою робота-маніпулятора	3
6. Створення структурної схеми пристрою	2
7. Розробка функціональної схеми і її розрахунок	4
8. Вибір елементної бази та аналіз компонентів	2
9. Розробка схеми підключення компонентів пристрою	2
10. Збірка макету та його налаштування	3
11. Розробка програмного забезпечення для платформи Arduino	2
Всього	29 днів

Результатом виконання НДР є виготовлення науково-технічної продукції, яка відповідає умовам договору та приймається замовником. Розрахунок собівартості включає такі основні статті витрат:

1. Матеріальні витрати: Витрати на матеріали, купувальні комплектуючі та напівфабрикати розраховуються на основі їхньої потреби при оптових цінах. Для даної розробки сума матеріальних витрат становить 200 грн.
2. Основна заробітна плата: До цієї статті відносяться витрати на оплату праці всіх виконавців, безпосередньо залучених до виконання НДР. Розмір заробітної плати залежить від кількості залучених фахівців, трудомісткості виконання окремих завдань і встановлених погодинних ставок. Відповідно до положень Закону про Державний бюджет України на 2025 рік, з 1 січня 2025 року встановлено мінімальну місячну заробітну плату 6700 грн, що відповідає погодинній тарифній ставці 40,46 грн.

Таблиці 2.3. Розрахунок витрат за основну заробітну плату

<i>Виконавець</i>	<i>Погодинна тарифна ставка (грн)</i>	<i>Денна ставка (грн)</i>	<i>Трудомісткість (робочих днів)</i>	<i>Сума основної зарплати (грн)</i>
Дипломник	40,46	323,68	29	9386,72
Керівник	69,00	552,00	1	552,00
Консультант по економічній частині	66,00	528,00	0,25	132,00
Консультант по охороні праці, нормоконтроль	66,00	528,00	0,25	132,00
Всього (З _о)	–	–	–	10334,72 грн

Середня денна заробітна плата визначається за формулою:

$$З_{ден} = п.т.с. \times 8, \quad (2.1)$$

де п.т.с. – погодинна тарифна ставка, а 8 – тривалість робочого дня в годинах.

Таким чином:

- Для дипломника: $40,46 \text{ грн} \times 8 = 323,68 \text{ грн}$
- Для керівника проекту: $69,00 \text{ грн} \times 8 = 552 \text{ грн}$

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- Для консультантів: $66,00 \text{ грн} \times 8 = 528 \text{ грн}$

Розрахунок витрат за основну заробітну плату наведено в таблиці 2.3.

3. Додаткова заробітна плата: Цей вид оплати включає виплати за час, коли працівники не працювали повністю за основний робочий час (наприклад, відпустки, лікарняні). У наукових установах додаткова заробітна плата зазвичай складає 10–12% від основної. За формулою (2.2):

$$Зд = 0,1 \times З_0 = 0,1 \times 10334,72 = 1033,47 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

4. Обов'язкові платежі (податки та відрахування): До собівартості НДР включаються також податкові платежі та інші збори, серед яких відрахування до єдиного соціального фонду страхування. За формулою (2.3):

$$Зесв = 0,22 \times (З_0 + Зд) = 0,22 \times (10334,72 + 1033,47) = 2501,0 \text{ грн.} \quad (2.3)$$

5. Накладні витрати: До даної категорії відносять витрати на управлінський персонал, адміністративне та господарське обслуговування, які розподіляються між усіма видами робіт, що виконуються за НДР. У наукових установах накладні витрати можуть коливатися від 40% до 120% від суми основної та додаткової заробітної плати. Для даного проєкту обрано коефіцієнт 0,5. За формулою (2.4):

$$Рнакл = (З_0 + Зд) \times 0,5 = (10334,72 + 1033,47) \times 0,5 = 5684,09 \text{ грн.} \quad (2.4)$$

На підставі отриманих даних проводиться складання калькуляції планової собівартості НДР, що представлено в таблиці 2.4.

Таблиці 2.4. Калькуляція планової собівартості НДР

Стаття витрат	Сума (грн)
1. Матеріали	200,00
2. Основна заробітна плата ($З_0$)	10334,72
3. Додаткова заробітна плата ($Зд$)	1033,47
4. Відрахування до єдиного соціального внеску ($Зесв$)	2501,0
5. Накладні витрати ($Рнакл$)	5684,09
Планова собівартість ($Сп$)	19753,28 грн

Розрахунок прибутку та встановлення ціни реалізації

Плановий прибуток визначається за наступною формулою (2.5):

$$П_{п1} = 0,1 \times С_{п1} = 0,1 \times 19753,28 = 1975,32 \text{ грн.} \quad (2.5)$$

де 0,1 – нормативний коефіцієнт, який враховує граничний рівень рентабельності згідно з чинним законодавством для науково-технічної продукції.

Договірна ціна проєкту формується за формулою (2.6):

$$Ц_{н1р} = С_{п1} + П_{п1} = 19753,28 + 1975,32 = 21728,6 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

Для визначення ціни реалізації до кінцевих витрат додається податок на додану вартість (ПДВ). За формулою (2.7):

$$Ц_{р} = Ц_{н1р} + (Ц_{н1р} \times 0,2) = 21728,6 + (21728,6 \times 0,2) = 26074,32 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

Проведений розрахунок дозволяє чітко обґрунтувати фінансову складову НДР, що стосується проєктування робота-маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій. Отримані дані є вагомим аргументом для прийняття рішень щодо реалізації проєкту, забезпечення його фінансової ефективності та конкурентоспроможності.

Крім того, систематизація витрат за окремими статтями (матеріали, заробітна плата, додаткові виплати, обов'язкові платежі та накладні витрати) дозволяє оперативно аналізувати і контролювати бюджет проєкту, що сприятиме своєчасному коригуванню плану виконання робіт та зниженню фінансових ризиків.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Сучасний розвиток технічного та технологічного стану виробництва передбачає постійну автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Сьогодні, напевно, важко уявити компанію, господарська діяльність в якій здійснювалась би без використання комп'ютерної техніки. Через масовий характер робіт, що виконуються працівниками за допомогою комп'ютера, законодавством України чітко врегульовано норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки на підприємстві, безпосередньо й охорона праці при роботі з комп'ютером.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Під час роботи з комп'ютером людина зазнає впливу низки негативних факторів, які можуть суттєво вплинути на її здоров'я. Сучасні дослідження підтверджують прямий зв'язок між тривалим використанням ПК і виникненням багатьох захворювань. Серед них – поступове погіршення зору, наліт біль у спині та ділянці шиї, а також дискомфорт у кистях, ліктях і плечових суглобах. Крім того, постійна робота за комп'ютером часто асоціюється з порушенням сну та виникненням хронічних головних болей.

До основних ознак синдрому комп'ютерного зору належать швидка втома очей, двоїння (диплопія), труднощі у сприйнятті кольорів і часте сльозоточивість. Окрім цього, надмірне використання комп'ютерних технологій може призвести до розвитку синдрому інтернет-залежності, який характеризується сильною психологічною залежністю від онлайн-середовища і втратою контролю над особистою діяльністю при тривалій роботі за ПК.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Санітарно-гігієнічні вимоги для співробітників організацій, які використовують комп'ютери та оргтехніку, регламентуються документом ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Цей норматив встановлює стандарти як для виробничих приміщень, де використовуються ПК, так і для організації й обладнання робочих

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

місце. Зокрема, забороняється розміщувати робочі місця з ПЕОМ у підвальних приміщеннях та на цокольних поверхах. Для забезпечення комфортних умов, кожне робоче місце має мати площу не менше 6,0 м², а об'єм приміщення – не менше 20,0 м³. Також передбачено, що відстань між робочими місцями в одному ряду має становити щонайменше 2,5 м, а між рядами – не менше 1,2 м. Для створення сприятливого мікроклімату стіни приміщень повинні фарбуватись у пастельні тони з коефіцієнтом відбиття світла у межах 0,5–0,6.

Таблиця 3.1. Санітарно-гігієнічні вимоги для програмістів

Параметри	Значення
Приводне та штучне освітлення	300-500 люкс
Рівень шуму	Не більше 65 дБ
Площа на один ПК	Не менш 6 м ²
Об'єм на один ПК	Не менш 20 м ³
Крісло	Підйомно-поворотні з регулюванням висоти нахилу спинки
Повітрообмін	Нормальний (провітрювання, вентиляція, кондиціонування)
Мікроклімат (оптимальні параметри)	Вологість 40-60% t ⁰ повітря зимою: +18 - +20 ⁰ С; t ⁰ повітря влітку: +23 - +25С
Відстань до екрану монітора	50 – 70 см
Неперервний час роботи за ПК	Не більше 2-х годин, обов'язкові перерви
Спеціальні заходи	Комплексні вправи для м'язів тіла і очей, психологічне розвантаження

3.2.1 Освітлення

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

3.2.2 Вимоги до організації робочого місця працівника

Робоче місце – це спеціально відведена зона для виконання трудових функцій співробітника, яка оснащена усіма необхідними засобами для реалізації його посадових обов'язків. Організація робочого місця оператора комп'ютерного набору починається з обладнання його відповідною меблями, спеціалізованим обладнанням та канцелярськими приладами. Базовий комплект меблів має включати:

- Канцелярський стіл з рухомою тумбою,
- Комп'ютерне крісло,
- Допоміжний стіл або підставку для оргтехніки,
- Шафу для зберігання документів,
- Сейф для зберігання документів, бланків, штампів та печаток,
- Стілець для відвідувачів.

Конструкція робочого місця користувача ЕОМ (при сидячій роботі) повинна забезпечувати підтримання оптимальної пози. Для цього:

- Стопи мають спокійно стояти на підлозі або на спеціальній підставці для ніг,
- Стегна повинні утримуватися у горизонтальному положенні,
- Передпліччя мають бути розташовані вертикально,
- Лікті повинні утворювати кут від 70° до 90°.

Якщо використання комп'ютера є основною формою діяльності, то обладнання зазвичай розташовується на основному робочому столі, переважно з лівої сторони.

Робочий стіл для роботи з ЕОМ повинен мати достатній простір для ніг:

- Зона для ніг повинна мати висоту не менше 600 мм та ширину не менше 500 мм,
- Столова конструкція повинна бути обладнана підставкою для ніг з мінімальною шириною 300 мм і глибиною не менше 400 мм,
- Підставка має можливість регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні до 20°,
- На передньому краю підставки повинен бути встановлений бортик заввишки

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

10 мм, а її поверхня – рифленою для запобігання ковзанню.

Робоче сидіння або комп'ютерне крісло повинно складатися з сидіння, спинки та, за потребою, знімних чи стаціонарних підлокітників.

Основні характеристики сидіння:

- Ширина та глибина сидіння мають бути не менше 400 мм,
- Висота сидіння регулюється в межах 400–500 мм,
- Кут нахилу сидіння повинен варіюватися від 15° вперед до 5° назад,
- Поверхня сидіння має бути плоскою, а його передній край – заокругленим для максимальної зручності.

3.2.3 Мікроклімат

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами повинні бути оснащені системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією, що дозволяє забезпечити оптимальний мікроклімат для комфортної та безпечної роботи. В робочих зонах слід підтримувати задані нормативами параметри температури, відносної вологості та рухливості повітря згідно з вимогами ГОСТ 12.1.005-88 та СН 4088-86, як це ілюстровано у Таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Параметри мікроклімату в залежності від категорії робіт

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря (°C)	Відносна вологість (%)	Швидкість руху повітря (м/с)
Холодна	Легка-1а	22 – 24	40 – 60	0,1
	Легка-1б	21 – 23	40 – 60	0,1
Тепла	Легка-1а	23 – 25	40 – 60	0,1
	Легка-1б	22 – 24	40 – 60	0,2

Крім того, санітарно-гігієнічні норми вимагають, щоб рівні позитивних і негативних іонів у повітрі відповідали стандартам, встановленим нормами № 2152-80. Детальні значення наведено в Таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі

Рівень	Кількість іонів в 1 см ³ повітря
Мінімально необхідні	n ⁺ : 400, n ⁻ : 600
Оптимальні	n ⁺ : 1500–3000, n ⁻ : 3000–5000
Максимально допустимі	n ⁺ : 50000, n ⁻ : 50000

Для підтримання оптимальних значень мікроклімату та досягнення рекомендованої концентрації позитивних і негативних іонів необхідно використовувати установки або прилади зволоження, штучної іонізації та кондиціонування повітря. Забезпечення таких умов сприяє підвищенню рівня комфорту, зниженню ризиків для здоров'я користувачів і створенню сприятливого середовища для виконання робочих завдань.

3.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека виробничих, складських і офісних будівель та приміщень — це система заходів, спрямована на збереження життя та здоров'я людей у разі аварійних ситуацій. За організацію заходів з пожежної безпеки відповідають такі установи, як Міністерство внутрішніх справ України, Державна служба з надзвичайних ситуацій, а також інші відповідні відомства й організації.

На робочих місцях для гасіння пожеж використовують вуглекислотні і порошкові вогнегасники. Вуглекислотні вогнегасники, такі як модель ВВК-5, випускаються у ручному форматі, а порошкові — в різних модифікаціях, наприклад, ВП-2, ВП-5, ВП-10 та інші. Ці пристрої повинні бути розміщені на вертикальних перегородках або стінах з використанням спеціальних кронштейнів, або встановлені в пожежних шафах. Інструкції та правила їх експлуатації, нанесені на корпус, мають бути видимими ззовні, щоб їх можна було оперативно ознайомитися у разі надзвичайної ситуації. Крім того, механізми запуску і двері пожежних шаф обов'язково обладнуються захисними пломбами (див. рис. 3.1).



Рисунок 3.1. Пожежна шафа

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту було розроблено модель маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій, засновану на платформі Arduino Uno R3 та серводвигунах MS90G. Відповідно до поставлених завдань, було здійснено аналітичний огляд методів програмування роботів-маніпуляторів, визначено технічні характеристики пристрою та реалізовано алгоритм його роботи. Під час розробки було створено кінематичну модель маніпулятора, що включає п'ять ступенів свободи. Проведено розрахунки кінематики руху, що дозволило визначити необхідні кути повороту для виконання заданих дій. Для тестування конструкції та оцінки її працездатності було побудовано 3D-модель у відповідному програмному середовищі, що дозволило оцінити її геометричні параметри та механічні властивості.

На основі розробленої моделі було виготовлено макет маніпулятора із надрукованих на 3D-принтері деталей, а також проведено його складання з використанням стандартних механічних з'єднань. Всі компоненти системи були підключені до плати керування, яка, у свою чергу, здійснювала взаємодію з Arduino Uno R3 для керування серводвигунами.

Було розроблено та протестовано програмне забезпечення, яке реалізує два режими роботи маніпулятора: автоматичний та ручний. В автоматичному режимі пристрій виконує запрограмовану послідовність дій, тоді як у ручному режимі оператор задає координати, що проходять перевірку на коректність перед виконанням рухів. Основний алгоритм роботи реалізовано з використанням бібліотеки Servo, що дозволило забезпечити плавне керування рухами маніпулятора. Проведене тестування підтвердило працездатність розробленого пристрою. Маніпулятор успішно виконує запрограмовані дії: захоплення та переміщення чайного пакетика, додавання цукру, перемішування рідини. Отримані результати свідчать про можливість подальшого удосконалення конструкції та її адаптації під ширший спектр завдань, зокрема, впровадження додаткових датчиків, удосконалення алгоритму керування та збільшення вантажопідйомності.

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко В. О. Мікроконтролери Arduino: програмування та застосування: навч. посіб. – Київ: Наукова думка, 2021. – 312 с.
2. Головка В. В. Робототехнічні системи: принципи побудови та програмування – Харків: Фактор, 2020. – 280 с.
3. Денисюк В. І. Системи автоматичного керування: навч. посіб. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 368 с.
4. Коваль А. М. Основи робототехніки: навч. посіб. / А. М. Коваль, І. С. Литвин. – Одеса: ОНПУ, 2022. – 254 с.
5. Лисенко П. О. Програмування вбудованих систем на основі Arduino: навч. посіб. – Дніпро: ДНУ, 2020. – 310 с.
6. Мельник С. Г. Мікропроцесорні системи керування: підручник – Київ: Політехніка, 2021. – 295 с.
7. Остапенко Р. В. Алгоритми управління роботизованими механізмами – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 198 с.
8. Савченко Ю. М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2021. – 275 с.
9. Ткаченко О. С. Інтелектуальні системи керування в робототехніці – Київ: Академперіодика, 2022. – 332 с.
10. Федорчук В. І. Теоретичні основи мехатроніки та робототехніки: навч. посіб. – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – 289 с.
11. Arduino Official Documentation. Основи роботи з Arduino: <https://www.arduino.cc/reference/en/> (дата звернення: 15.03.2025).
12. Робототехніка на платформі Arduino. Навчальний посібник з використання серводвигунів: <https://robotics.kz/arduino-servo-motor> (дата звернення: 17.03.2025).
13. Tinkercad – Online 3D Design and 3D Printing. Веб-сайт для створення 3D-моделей та електричних схем: <https://www.tinkercad.com/> (дата звернення: 18.03.2025).

					КС 58. 17. 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ДОДАТОК А. Код програми мовою С++ для автоматизації виконуваних маніпулятором дій

```
#include <Servo.h>

// Ініціалізуємо серводвигуни
Servo myservo1;
Servo myservo2;
Servo myservo3;
Servo myservo4;

// Початкові значення для серводвигунів
int val1 = 42;
int val2 = 90;
int val3 = 50;
int val4 = 111;

// Кнопка для початку приготування чаю підключена до піну 4
int buttonPin = 4;

void setup() {
    // Прив'язуємо серводвигуни до пінів на Arduino
    myservo1.attach(11);
    myservo2.attach(10);
    myservo3.attach(9);
    myservo4.attach(6);

    // Вмикаємо внутрішній підтягувальний резистор для кнопки
    pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);

    // Індикатор приготування чаю на піні 5
    pinMode(5, OUTPUT);

    // Встановлюємо початкові положення для серводвигунів
    myservo1.write(val1);
    myservo2.write(val2);
    myservo3.write(val3);
    myservo4.write(val4);
}

// Функція для переміщення маніпулятора в задані координати
void manipulator(int val1_new, int val2_new, int val3_new, int
val4_new, int speedm) {
    int val1_route = 0; // напрямок захвату
    int val2_route = 0; // напрямок руху вверх/вниз
    int val3_route = 0; // напрямок руху вперед/назад
    int val4_route = 0; // напрямок повороту

    // Визначаємо напрямок руху для кожного серводвигуна
    if (val1 < val1_new) val1_route = 1;
    if (val1 > val1_new) val1_route = -1;

    if (val2 < val2_new) val2_route = 1;
```

```

if (val2 > val2_new) val2_route = -1;

if (val3 < val3_new) val3_route = 1;
if (val3 > val3_new) val3_route = -1;

if (val4 < val4_new) val4_route = 1;
if (val4 > val4_new) val4_route = -1;

// Синхронізуємо поточні значення з новими, переданими у
функцію
while (val1 != val1_new || val2 != val2_new || val3 != val3_new
|| val4 != val4_new) {

    // Оновлюємо положення першого серводвигуна (захват)
    val1 = val1 + val1_route;
    myservo1.write(val1);
    if (val1 == val1_new) val1_route = 0;

    // Оновлюємо положення другого серводвигуна (рух ввверх/вниз)
    val2 = val2 + val2_route;
    myservo2.write(val2);
    if (val2 == val2_new) val2_route = 0;

    // Оновлюємо положення третього серводвигуна (рух
вперед/назад)
    val3 = val3 + val3_route;
    myservo3.write(val3);
    if (val3 == val3_new) val3_route = 0;

    // Оновлюємо положення четвертого серводвигуна (поворот)
    val4 = val4 + val4_route;
    myservo4.write(val4);
    if (val4 == val4_new) val4_route = 0;

    // Робимо паузу для плавного переміщення
    delay(speedm);
}
}

void loop() {

    // Якщо кнопка натиснута, запускаємо процес приготування чаю
    if (digitalRead(buttonPin) == LOW) {

        // Вмикаємо індикатор
        digitalWrite(5, HIGH);

        // Початкове положення маніпулятора
        manipulator(42, 90, 50, 111, 50);

        // Рухаємося до чайного пакетика
        manipulator(70, 165, 26, 111, 50);
        manipulator(70, 163, 46, 111, 50);
        manipulator(30, 163, 46, 111, 50);
        manipulator(30, 178, 44, 111, 50);
    }
}

```

```
manipulator(30, 178, 44, 58, 50);

// Макаємо пакетик кілька разів
for (int i = 0; i <= 7; i++) {
    manipulator(30, 118, 62, 58, 50);
    delay(250);
    manipulator(30, 162, 50, 58, 50);
}

// Знімаємо чайний пакетик і переміщуємо його
manipulator(30, 179, 24, 58, 50);
manipulator(30, 179, 24, 162, 50);
manipulator(30, 104, 61, 162, 50);
manipulator(65, 50, 61, 162, 50);

// Повертаємо маніпулятор у вихідне положення
manipulator(42, 90, 50, 111, 50);

// Рухаємося до першого шматка цукру і опускаємо його в чашку
manipulator(75, 78, 88, 123, 50);
manipulator(45, 78, 88, 123, 50);
manipulator(45, 78, 55, 123, 50);
manipulator(45, 78, 55, 85, 50);
manipulator(45, 124, 48, 85, 50);
manipulator(45, 127, 56, 59, 50);
manipulator(60, 127, 56, 59, 50);

// Повертаємо маніпулятор у вихідне положення
manipulator(42, 90, 50, 111, 50);

// Аналогічно повторюємо дії для другого шматка цукру
manipulator(75, 79, 90, 106, 50);
manipulator(45, 79, 90, 106, 50);
manipulator(45, 79, 55, 106, 50);
manipulator(45, 78, 55, 85, 50);
manipulator(45, 124, 48, 85, 50);
manipulator(45, 127, 56, 59, 50);
manipulator(60, 127, 56, 59, 50);

// Рухаємося за ложкою та переміщуємо чай
manipulator(60, 127, 45, 59, 50);
manipulator(60, 127, 25, 59, 50);
manipulator(65, 127, 25, 139, 50);
manipulator(65, 130, 61, 139, 50);
manipulator(35, 130, 61, 139, 50);
manipulator(35, 180, 61, 139, 50);
manipulator(35, 180, 20, 139, 50);
manipulator(35, 180, 20, 60, 50);
manipulator(35, 180, 35, 60, 50);

// Переміщуємо кілька разів
for (int j = 0; j <= 10; j++) {
    manipulator(38, 127, 50, 59, 20);
    manipulator(38, 127, 47, 59, 20);
    manipulator(38, 127, 57, 51, 20);
}
```

```
manipulator(38, 127, 68, 54, 20);
manipulator(38, 127, 75, 61, 20);
manipulator(38, 127, 71, 67, 20);
manipulator(38, 127, 61, 71, 20);
manipulator(38, 127, 50, 71, 20);
manipulator(38, 127, 44, 66, 20);
manipulator(38, 127, 50, 59, 20);
}

// Знімаємо ложку
manipulator(38, 170, 65, 59, 50);
manipulator(38, 179, 18, 59, 50);
manipulator(38, 179, 18, 139, 50);
manipulator(38, 179, 57, 139, 50);

// Вимикаємо індикатор після завершення приготування
digitalWrite(5, LOW);
} }
```

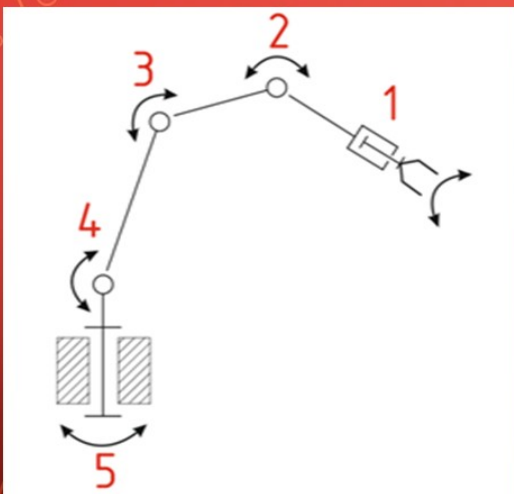
ДОДАТОК Б. Слайди мультимедійної презентації



Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій

Скарецький Денис, гр.4КС-58

Схема роботи кінематичного механізму роботу-маніпулятора

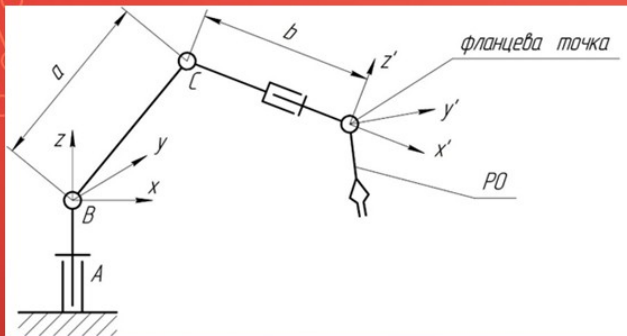


$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) + L_3 \cos (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \\ L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) + L_3 \sin (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \\ h + d_1 + d_2 + d_3 \end{bmatrix}$$

де:

- L_1, L_2, L_3 – довжини ланок маніпулятора,
- $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ – кути повороту ланок,
- h – висота основи,
- d_1, d_2, d_3 – відстані між з'єднаннями.

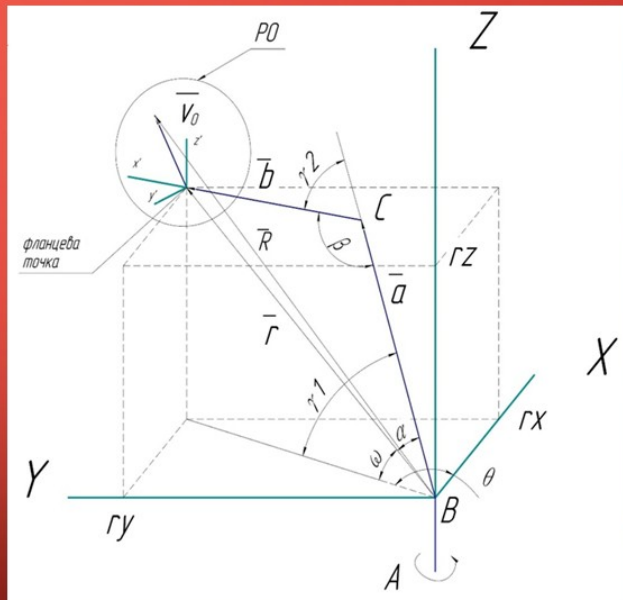
Система координат маніпулятора та залежність кутів повороту



$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

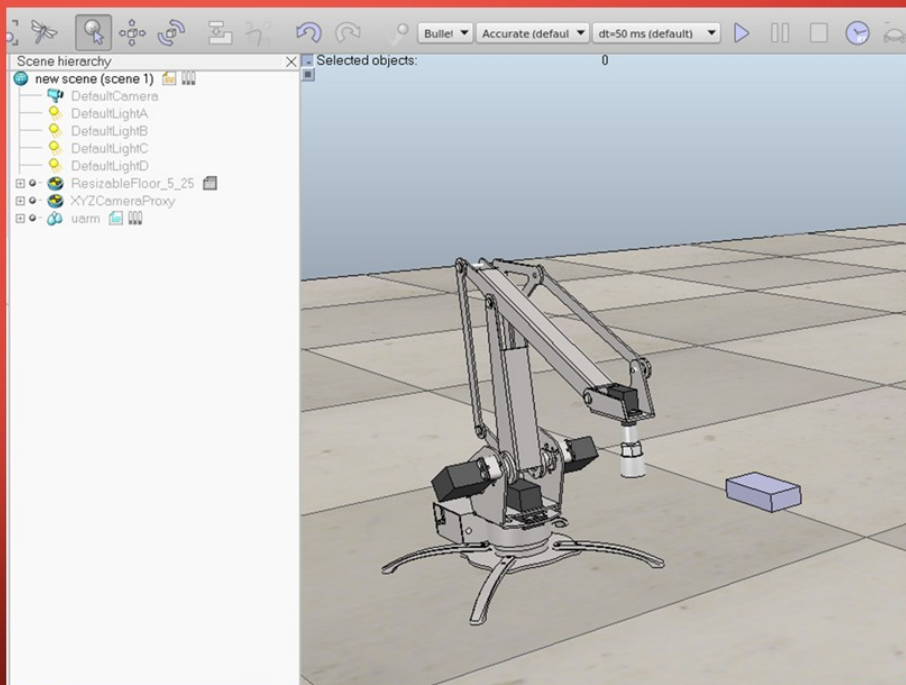
$$\theta_2 = \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 + (z - h)^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2}\right)$$

$$\theta_3 = \arctan\left(\frac{z - h}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) - \theta_2$$

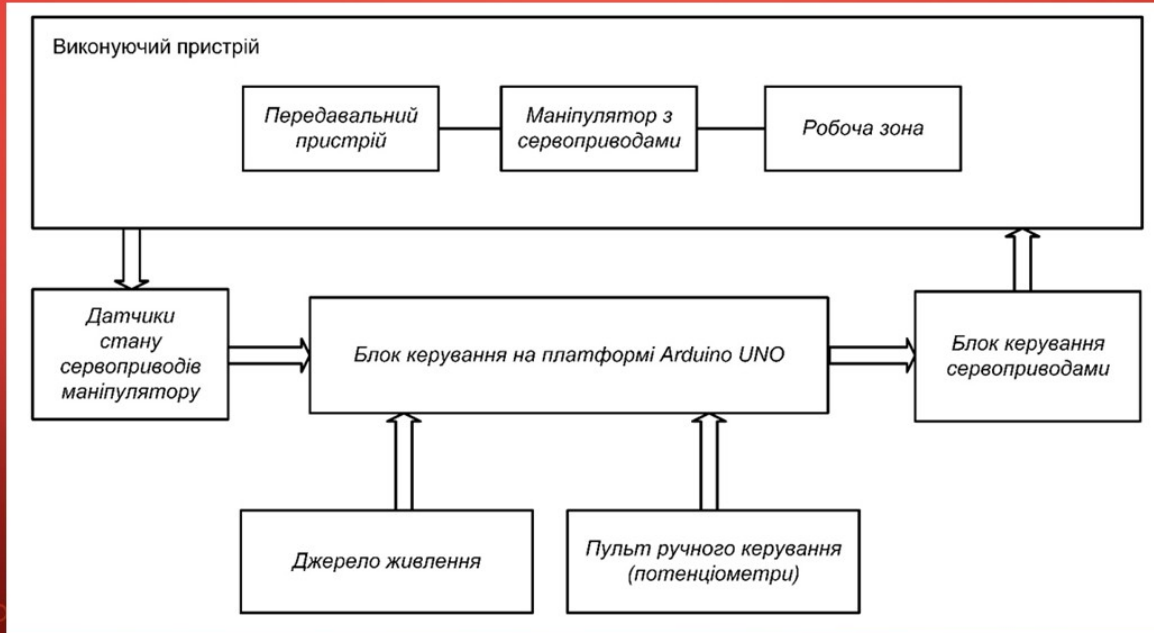


Розрахунок захвату для маніпулятора з рухомими щелепами у V-REP

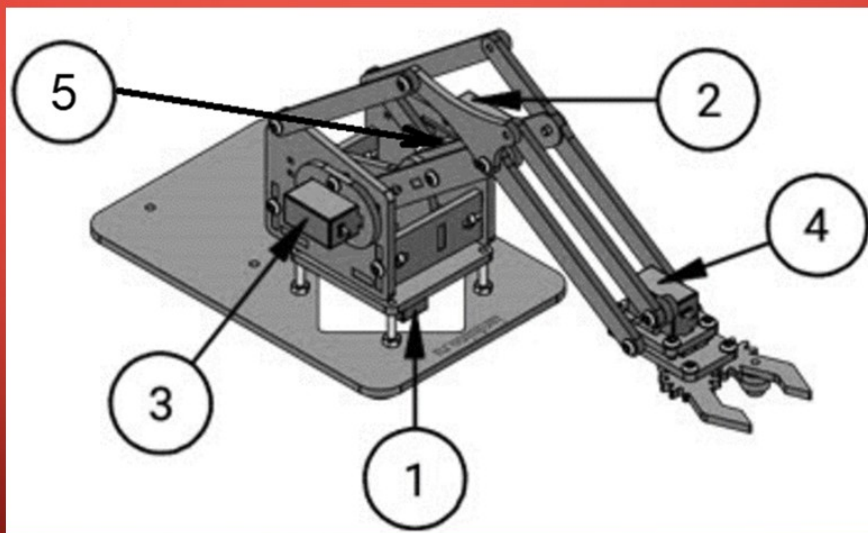
Ланка	Довжина (мм)	Керований параметр
Основа (L_0)	50	Обертання (θ_1)
Плече (L_1)	100	Кут нахилу (θ_2)
Передпліччя (L_2)	80	Кут нахилу (θ_3)
Захват (L_3)	50	Обертання (θ_4) та захват (θ_5)



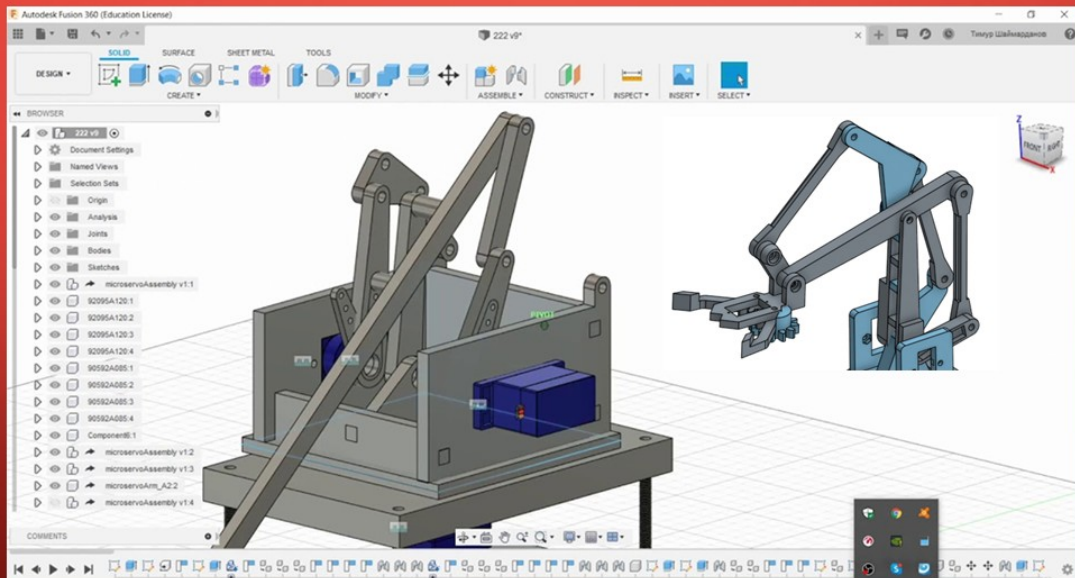
Структурна схема організації роботи робота-маніпулятора



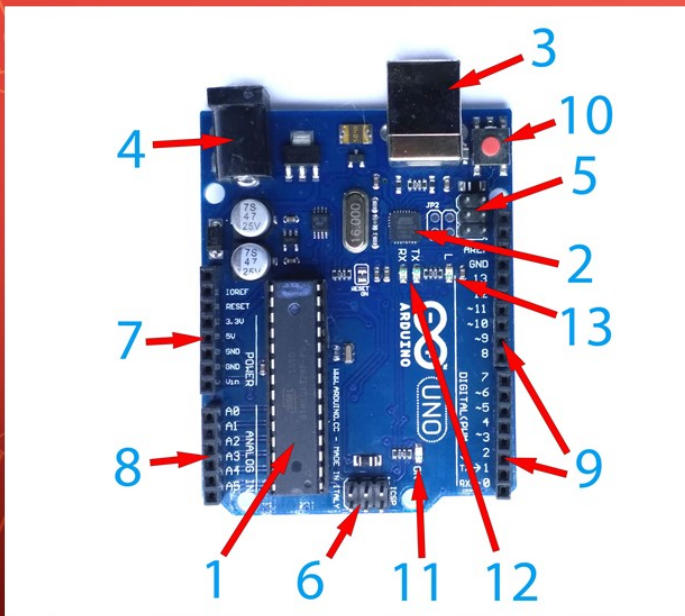
3D-модель маніпулятора з розташуванням серводвигунів



Інтерфейс Autodesk Fusion 360 та процес створення 3D-моделі

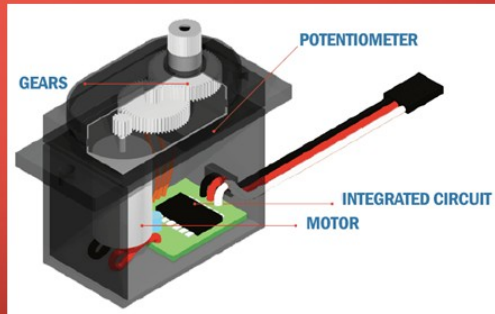


Плата Arduino Uno R3 та її основні компоненти

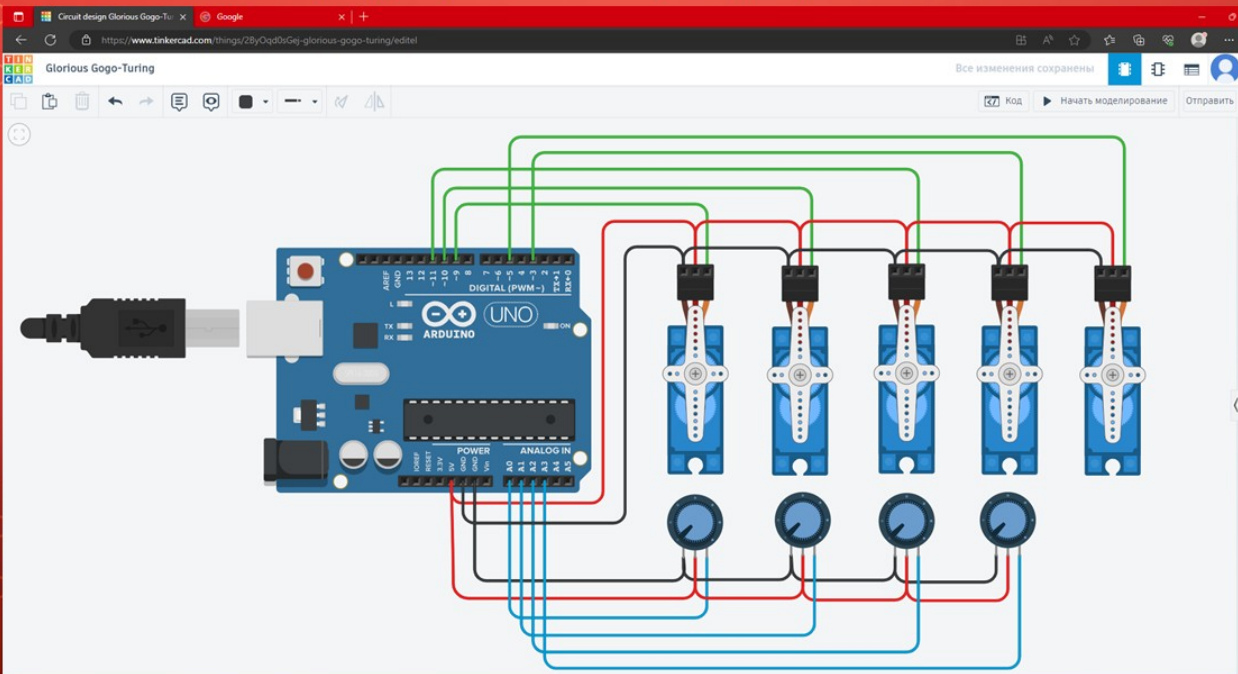


1. Мікроконтролер ATmega328P як головний процесор.
2. Мікроконтролер ATmega16U2 для зв'язку з комп'ютером через порт USB.
3. USB роз'єм для завантаження програм та подачі живлення на плату.
4. Гніздо для підключення від зовнішнього джерела живлення.
5. ICSP роз'єм для прошивки ATmega16U2.
6. ICSP роз'єм для прошивки ATmega328P.
7. Шина живлення.
8. Шина аналогових входів.
9. Дві шини цифрових входів-виходів.
10. Кнопка скидання (RESET).
11. Світлодіод живлення.
12. Світлодіоди передачі даних UART (RX, TX).
13. Світлодіод підключений до контакту 13 плати.

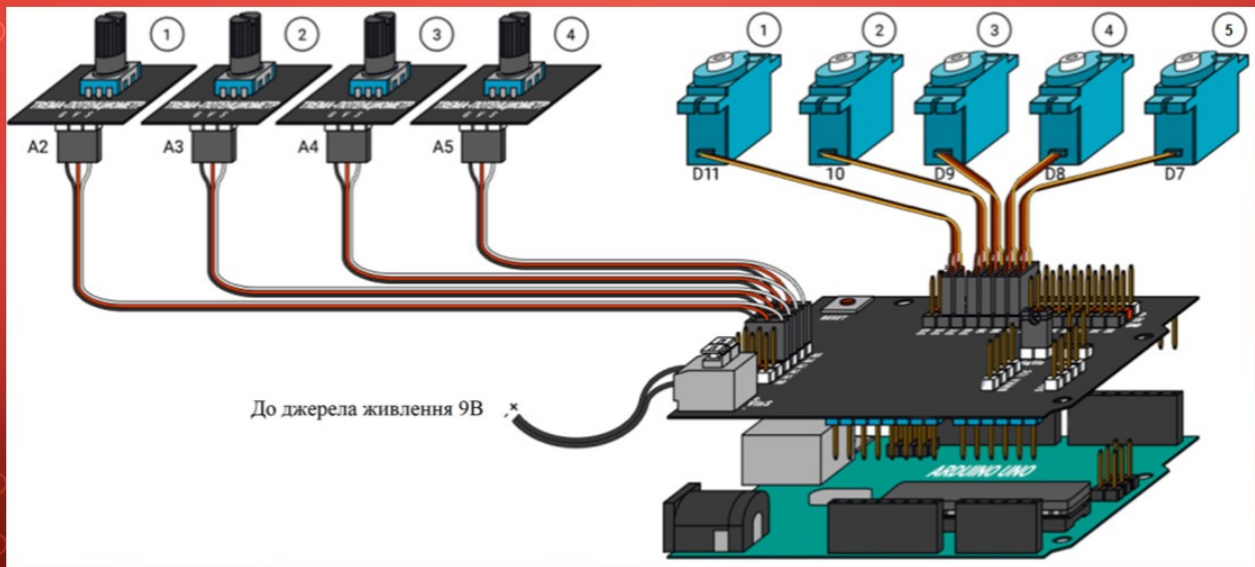
Серводвигун MS90G для маніпулятору



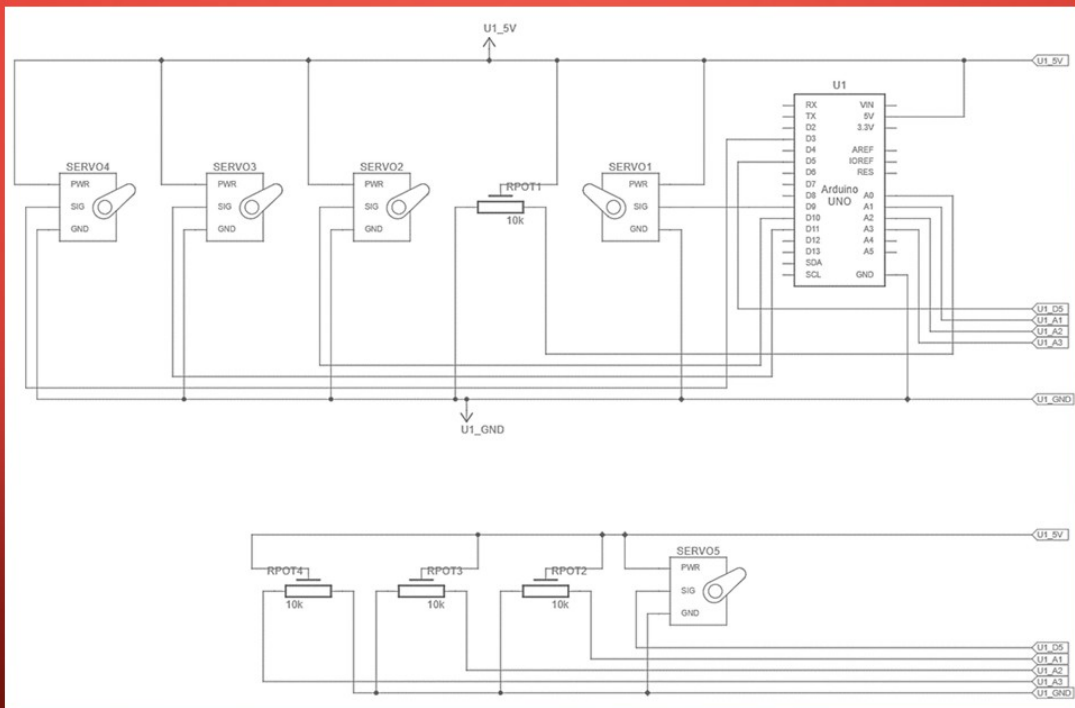
Модель підключення до Arduino UNO серводвигунів та потенціометрів у TinkerCAD



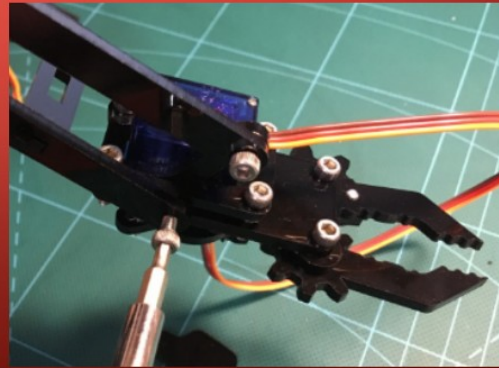
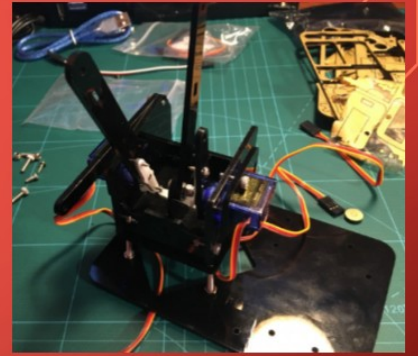
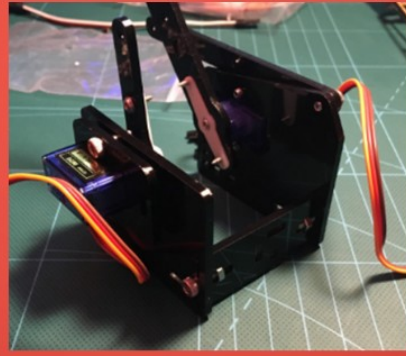
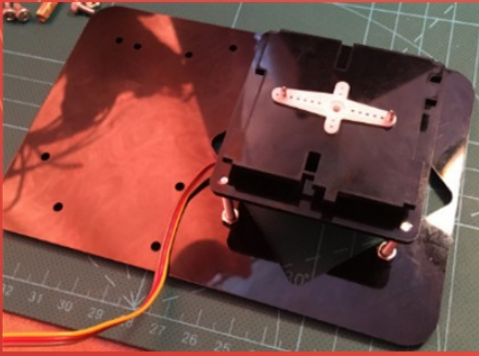
3D-модель підключення компонентів до плати керування



Принципова схема підключення серводвигунів та потенціометрів



Етапи збірки макету маніпулятора

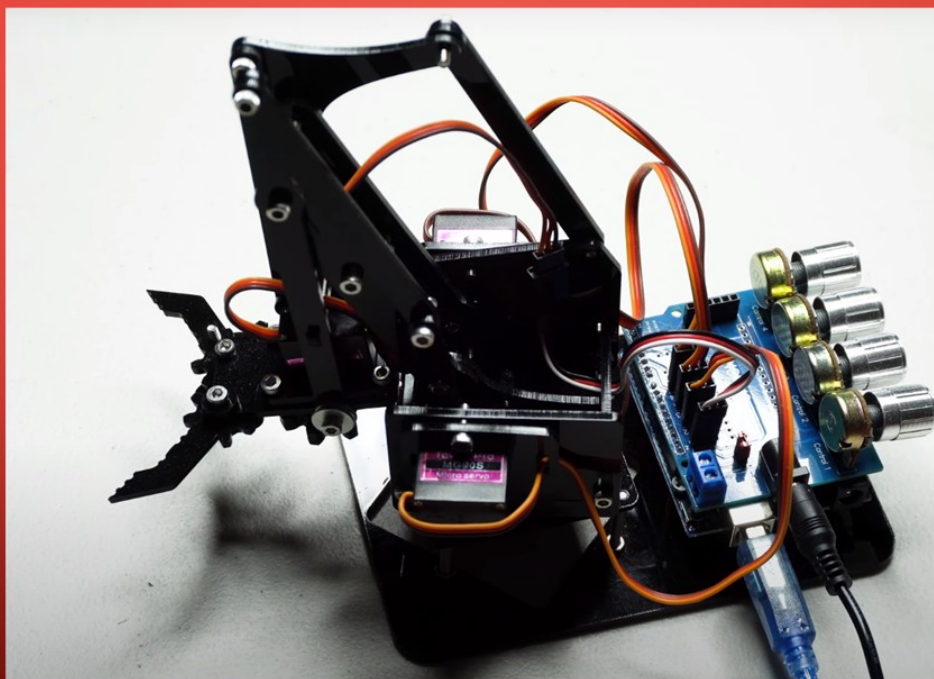


Процес програмування маніпулятора у Arduino IDE

```
sketch_jun11a | Arduino 1.8.16
Файл Правка Скетч Інструменти Помощь
sketch_jun11a $
VarSpeedServo servo1;
VarSpeedServo servo2;
VarSpeedServo servo3;
VarSpeedServo servo4;
int potpin1 = 0; // the Jaw servo potentiometer to A0
int potpin2 = 1; // the Front Arm servo potentiometer to A1
int potpin3 = 2; // the Back Arm servo potentiometer to A2
int potpin4 = 3; // the Base servo potentiometer to A3
int val1;
int val2;
int val3;
int val4;
byte mode;
void setup()
{
  servo1.attach(11);
  servo2.attach(10);
  servo3.attach(9);
  servo4.attach(8);
  Serial.begin(9600);
}
```

147 Arduino Uno

Макет зібраного маніпулятора



г) перелік позитивних якостей дипломного проекту

Чітка модульність та масштабованість проекту, легко замінювати чи додавати ступені свободи. Конкретний побутовий сценарій показує приклад реального застосування та перевіряє синхронну роботу всіх осей. Добра візуалізація макету. В роботі багато власних ілюстрацій: кінематичні схеми, кадри з Fusion 360, TinkerCAD, COM-лог, фотографії маніпулятора.

д) основні недоліки дипломного проекту

Немає сенсорного зворотного зв'язку – відсутні енкодери/датчики сили, тому точність та повторюваність не гарантуються;

Матеріал PLA може деформуватись.

Оцінка розрахункової частини Відмінно

Оцінка графічної частини Відмінно

Загальна оцінка Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Шибасєва Наталя Олегівна

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка»,
доцент кафедри інформаційних технологій

Підпис



20 червня 2025 р.

ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Скарецького Дениса Андрійовича

Спеціальність: _____
(прізвище, ім'я та по батькові)
123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна програма: _____
«Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: _____
Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) *Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 75 сторінки. У пояснювальній записці наведено етапи розробки робота-маніпулятора на платформі Arduino, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.*

б) самостійність роботи над проектом: *Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Скарецький Д.А. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника*

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): *Здобувач освіти Скарецький Д.А. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.*

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання _____
Під час дипломного проектування здобувач освіти Скарецький Д.А. мав змогу самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над поставленим завданням, скласти креслення та розрахунки за допомогою сучасних комп'ютерних програмних засобів та САПР, таких як TinkerCAD, Arduino IDE

Оцінка розрахункової частини _____ *Відмінно*

Оцінка графічної частини _____ *Відмінно*

Загальна оцінка _____ *Відмінно*

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____
Кривченко Юрій Вікторович

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту _____
*ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач
специалізація комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії,
голова циклової комісії КТ та ПІ*

Підпис _____

«14» серпня 2025 р.

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Скарецький Д.А.,
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

Кривченко Ю.В.,
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

**«Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій»
(автор роботи – Скарецький Д.А., керівник роботи – Кривченко Ю.В.)**

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.


Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Скарецький Д.А. /

Керівник



/ Кривченко Ю.В. /

«16» червня 2025 р.

Д О В І Д К А

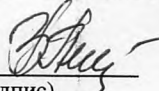
циклової комісії КТ та ПІ
про допуск до захисту дипломного проєкту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

Скарецького Дениса Андрійовича

на тему Створення моделі маніпулятора
з автоматизацією виконуваних дій

Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:

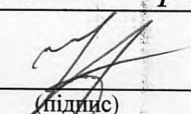
пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана з несуттєвими
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про
дипломне проєктування


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Петрашова В.І.
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного
плагіату згідно звіту про перевірку від 19.05.2025 р. значення коефіцієнту
подібності в роботі становить 19,16%, коефіцієнт цитування – 0,67%.


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Краснокутська К.Г.
(П.І.Б.)

Попередня експертиза (малий захист) дипломного проєкту

здобувача (здобувачки) освіти

Скарецький Д.А.
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) відповідає
вимогам Положення про дипломне проєктування та рекомендована до
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІ


(підпис)

Кривченко Ю.В.
(П.І.Б.)

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Створення моделі маніпулятора з автоматизацією виконуваних дій

Автор

Науковий керівник / Експерт

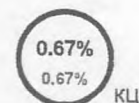
Скарецький Денис Андрійович Кривченко Юрій Вікторович

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

11532

Кількість слів

92385

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		10
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		121

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копіювати текст

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	99 0.86 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	98 0.85 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	70 0.61 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	53 0.46 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	52 0.45 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	49 0.42 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download	48 0.42 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	45 0.39 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	41 0.36 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/82a6d375-2b69-4233-b80f-fbfd149b7747/download	37 0.32 %

з домашньої бази даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з програми обміну базами даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з Інтернету (19.16 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	1099 (63) 9.53 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download	386 (28) 3.35 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download	317 (26) 2.75 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	86 (3) 0.75 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	71 (3) 0.62 %
6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/82a6d375-2b69-4233-b80f-fbfd149b7747/download	63 (3) 0.55 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download	54 (5) 0.47 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download	34 (1) 0.29 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a05c07c5-bf65-4cb0-bdfa-e28694707551/content	17 (2) 0.15 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/21ac499a-a9e9-4137-810c-5f21a0318048/content	16 (1) 0.14 %
11	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/158e44b0-583e-4b2d-b758-6b86979e33bb/download	14 (1) 0.12 %
12	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6eb6bf1c-5813-45e6-93c5-25539b4709d3/content	12 (1) 0.10 %
13	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/62baa43e-b968-4993-bb54-8cf8761a89b2/download	11 (2) 0.10 %
14	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ead3fa83-2e3d-4cd7-bbfd-1d5ed04c1ce4/content	8 (1) 0.07 %
15	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c58b0ff5-46e0-49f8-8cbe-65c32256665d/download	6 (1) 0.05 %
16	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content	5 (1) 0.04 %
17	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download	5 (1) 0.04 %
18	http://opkho.com.ua/oxorona-praci-pri-roboti-z-kompyuterom/	5 (1) 0.04 %

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)