

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.56.20.000.ДП**

***ФІЩЕНКА
ІЛІ ОЛЕГОВИЧА***

**м. Одеса
2023 р.**

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 68 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 14 аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Фіщенко І.О.)

Керівник _____ (Скорняков В.С.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення _____ (Скорнякова О.В.)

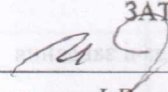
Захист «20» серпня 2023 р. Протокол ДКК № 2

Оцінка ДКК 5 (визначено)

Секретар ДКК _____

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Заст. дир. з НВП 
Беркань І.В.
“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

здобувачеві (здобувачці) освіти Фіценку Іллі Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino

затверджена наказом по коледжу від “ 17 ” жовтня 202 2 р. № 235-А2-ОД

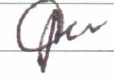
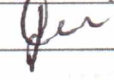

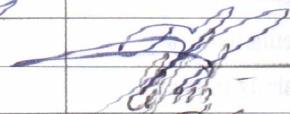
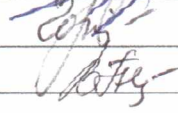
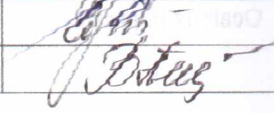
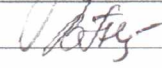
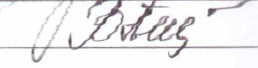
2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. У якості обчислювальної платформи використовувати Arduino UNO. 2. Передбачити виконання захвату та переміщення на базі серводвигунів MG995; 3. Передбачити керування кутом повороту для маніпулятора за допомогою потенціометрів; 4. Передбачити 5 ступенів свободи для маніпулятору; 5. Передбачити живлення маніпулятора від низьковольтного акумулятору або блоку живлення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
Аналітичний огляд існуючих розробок; Визначення моделі захвату роботу-маніпулятору; Розробка структури та конструкції роботу-маніпулятору; Підключення серводвигунів до плати Arduino; Створення моделі та макету роботу-маніпулятору; Розробка програмного забезпечення роботу-маніпулятору

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Структурна схема побудови робота-маніпулятора; Модель захвату роботу-маніпулятору; Схема роботи кінематичного механізму роботу-маніпулятору; Макетна модель розташування серводвигунів робота-маніпулятора; Модель підключення до Arduino UNO серводвигунів та потенціометрів у TinkerCAD; Принципова схема підключення серводвигунів та потенціометрів; Блок-схема алгоритму роботи робота-маніпулятора


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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Технологічний розділ	Скорняков В.С.		
2. Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
4. Н.контракт	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник

Скорняков В.С.


(підпис)

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	22.05.2023	Виконано
2.	Аналіз технічного завдання та загальна концепція	24.05.2023	Виконано
3.	Проведення аналітичного огляду маніпуляторів	25.05.2023	Виконано
4.	Визначення основних характеристик маніпуляторів	26.05.2023	Виконано
5.	Огляд існуючих промислових маніпуляторів	29.05.2023	Виконано
6.	Аналіз програмного забезпечення маніпуляторів	30.05.2023	Виконано
7.	Опис апаратних засобів Arduino UNO	31.05.2023	Виконано
6.	Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів	1.06.2023	Виконано
8.	Вибір елементної бази та аналіз компонентів	2.06.2023	Виконано
9.	Розробка схеми підключення компонентів пристрою	4.06.2023	Виконано
10.	Розробка програмного забезпечення для Arduino	6.06.2023	Виконано
11.	Створення макету пристрою, підключення	7.06.2023	Виконано
12.	Налаштування та випробування маніпулятора	8.06.2023	Виконано
13.	Виконання економічних розрахунків	9.06.2023	Виконано
14.	Розробка заходів з охорони праці	10.06.23	Виконано
15.	Виконання графічної частини проекту	11.06.2023	Виконано

Дипломник


(підпис)

Керівник


(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Аналітичний огляд існуючих розробок	7
1.1.1 Визначення можливостей існуючих роботів-маніпуляторів.....	7
1.1.2 Аналіз технічних характеристик пристроїв-аналогів.....	18
1.1.3 Аналіз програмних засобів керування.....	21
1.2 Визначення моделі захвату роботу-маніпулятора	26
1.3 Розробка структури та конструкції роботу-маніпулятора.....	28
1.4 Підключення серводвигунів до плати Arduino	32
1.5 Створення моделі та макету роботу-маніпулятора	37
1.6 Розробка програмного забезпечення роботу-маніпулятора.....	42
2 Економічна частина.....	50
2.1 Розрахунок трудомісткості виконання науково- дослідницької розробки (НДР)	52
2.2. Оцінка тривалості виконання робіт.....	53
2.3 Розрахунок собівартості виконання НДР.....	54
2.4 Розрахунок ціни виконання НДР.....	55
3 Охорона праці.....	55
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	55
3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	55
3.2.1 Освітлення.....	56
3.2.2 Вимоги до організації робочого місця працівника.....	56
3.2.3 Мікроклімат.....	58
3.3 Пожежна безпека.....	59
Висновки.....	60
Перелік використаних джерел.....	61
Додаток А. Слайди мультимедійної презентації.....	62

ВСТУП

У галузі виробництва та експлуатаційного контролю виробів існує ряд проблем, однією з яких є вплив людського фактору на результат контролю. Автоматизація може використовуватись в широкому спектрі – від великих та складних технологічних процесів виробництва до локальних та домашніх систем.

На сьогодні у галузі застосовується багато роботів-маніпуляторів, які між собою поділяються на безліч різновидів, проте не всі ці роботи здатні самостійно здійснювати певні операції і потребують втручання технічного спеціаліста, тому необхідність створення навчальної моделі робота-маніпулятора для неруйнівного контролю об'єктів складної форми є достатньо актуальною задачею на сьогодні.

У наш час практично будь-який сучасний побутовий пристрій, що підтримує віддалене керування, може працювати з будь-якою із сучасних платформ завдяки синхронізації даних через віддалені сервіси або підключається у домашню мережу. Багато корпорацій, орієнтованих на споживчий ринок, розширюють можливості своїх систем за рахунок тісної інтеграції пристроїв і сервісів в екосистеми «розумних будинків». Прикладом служать американські Apple і Google з фреймворком HomeKit, або китайська Meizu з додатком-інтегратором Home [1].

Потенціал технології «розумний будинок» величезний і обмежується тільки відносно високою вартістю готової системи. Проте на ринку існують простіші рішення для домашньої автоматизації, наприклад на базі платформи Arduino UNO, які дозволяють налаштувати взаємозв'язок сенсорів з контролерами на C-подібній мові скетчів без потреби глибоко вникати у суть процесів та функціонування модулів. Наявність великої кількості готових бібліотек для найрізноманітніших датчиків та виконавчих пристроїв, а також невисока вартість, дозволили зробити технології «розумного будинку» загальнодоступними.

Даний дипломний проект присвячений розробці навчального макету робота-маніпулятора на платформі Arduino UNO, який може бути використаний як прототип для промислової галузі. Подібна система може бути у нагоді і для людей похилого віку та з обмеженими руховими можливостями.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналітичний огляд існуючих розробок

Використання хмарних обчислювальних технологій стає звичайною практикою. Виробнича техніка нового покоління виготовляється з розрахунком на те, щоб зробити її тісно зв'язаною зі світом інтернету через мікроконтролери. Архітектурною моделлю, у якій необмежена та зростаюча кількість таких приладів може бути підключена до інтернету.

1.1.1 Визначення можливостей існуючих роботів-маніпуляторів

Компанія Universal Robots займається випуском роботів-маніпуляторів для автоматизації циклічних виробничих процесів. Продукція компанії представлена лінійкою з трьох полегшених промислових маніпуляційних пристроїв Universal Robots UR10, UR5, UR3 з розімкненим кінематичним ланцюгом (рис. 1.1).

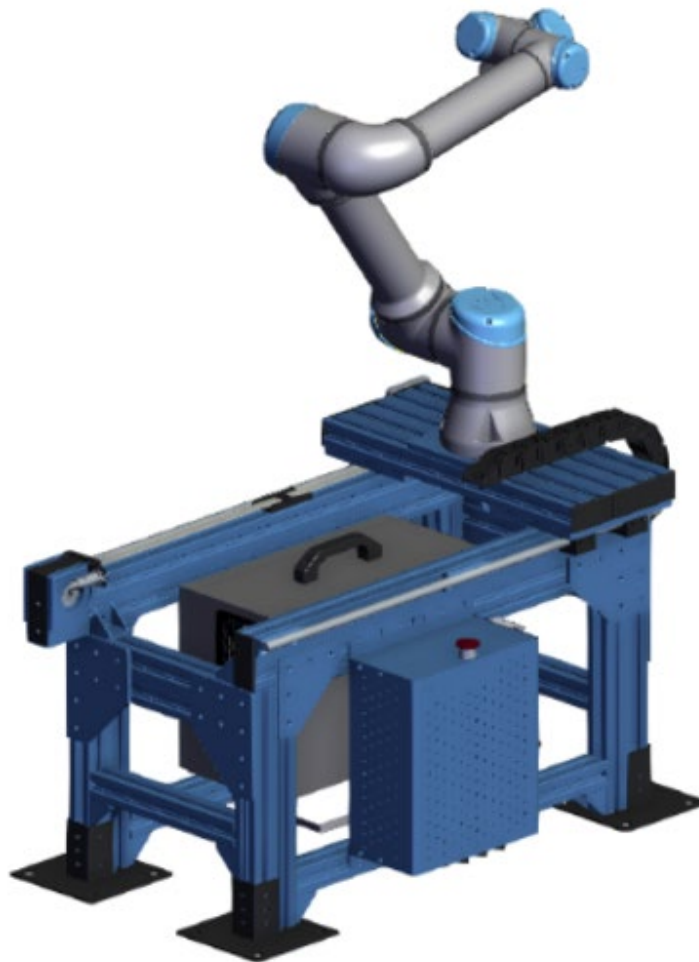


Рисунок 1.1. Полегшені промислові маніпулятори Universal Robots

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

7

Моделі Universal Robots мають 6 ступенів свободи: 3 переносні і 3 орієнтуючі (рис. 1.2). Пристрої від Universal Robots виробляють тільки кутові переміщення. Роботи-маніпулятори розділені на класи, в залежності від гранично допустимого корисного навантаження. Радіус робочої зони, вага та діаметр основи є основними відмінностями таких маніпуляторів.

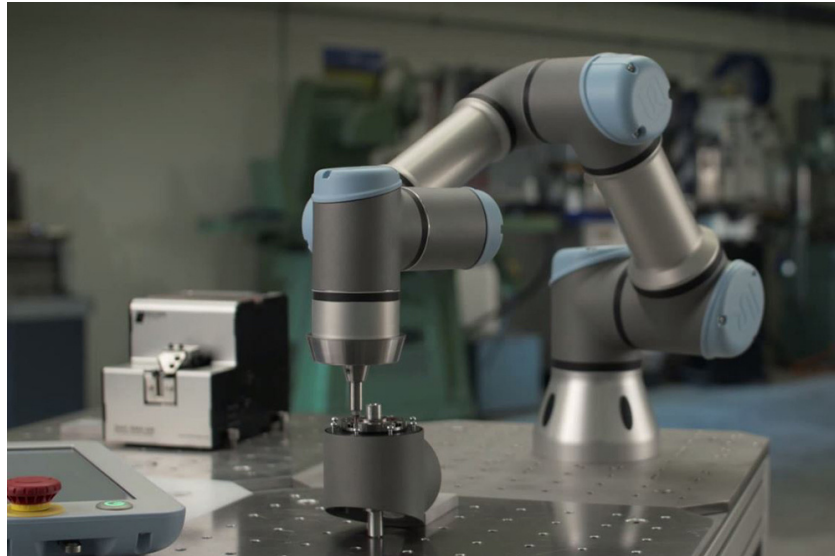


Рисунок 1.2. Ступені свободи у роботів-маніпуляторів Universal Robots

Маніпулятори Universal Robots оснащені датчиками абсолютного положення високої точності, які спрощують інтеграцію з зовнішніми пристроями і обладнанням. Завдяки компактному виконанню, маніпулятори серії UR не займають багато місця і можуть встановлюватися в робочих секціях або на виробничих лініях.

Перевагою даної серії роботів-маніпуляторів є простота програмування. Спеціально розроблена і запатентована технологія програмування дозволяє операторам, які не володіють спеціальними навичками, швидко налаштувати роботів-маніпуляторів серії UR і управляти ними за допомогою інтуїтивної технології 3D-візуалізації. Програмування відбувається шляхом серії простих пересувань робочого органу маніпулятора в необхідні положення, або натисканням стрілок в спеціальній програмі [2].

Значною перевагою перед іншими роботами у роботів-маніпуляторів серії UR є їх швидкість налаштування. Оператору, що виконує первинний запуск

обладнання, потрібно менше години для розпакування, монтажу і програмування першої простої операції, виконуваної роботом-маніпулятором.

В системі керування ведеться облік зовнішніх впливів, що даються на робот-маніпулятор в процесі роботи. Маніпулятори Universal Robots здатні замінити операторів, що виконують рутинні завдання в небезпечних і забруднених умовах. Завдяки цьому, маніпуляційні системи серії UR можна експлуатувати без захисних огорожень, поруч з робочими місцями персоналу. Системи безпеки роботів схвалені і сертифіковані Союзом працівників технічного нагляду Німеччини. Варто зауважити, що перевагою роботів-маніпуляторів даної моделі є будь-який тип розміщення, тобто конструкція не вимагає особливих умов.

З промисловими роботами-маніпуляторами серії UR відкриваються можливості автоматизації практично всіх циклічних рутинних процесів. Роботи-маніпулятори компанії Universal Robots відмінно зарекомендували себе в різних областях застосування. Наприклад, при установці маніпуляторів серії UR на ділянках перекладки і упаковки дозволило збільшити точність і зменшити усадку. Більшість операцій з перекладки тепер здійснюється без нагляду працівника відділу або оператора [2].

Модель робота-маніпулятора Fanuc M-2000iA / 1200 виробництва компанії Fanuc (рис.1.3). Робот належить до монументальних роботів, створених корпорацією FANUC спеціально для роботи з найбільш важкими вантажами. Використання даного вантажопідйомного обладнання дозволяє досягти легкості і надійності роботизованих систем, оскільки використовуючи сучасну роботизовану техніку можна усунути від роботи до чотирьох звичайних роботів.

Підйомні пристрої, такі як транспортер або кран, вимагають участі людини, і робота з такими пристроями, як правило, пов'язана з ризиком. Перевага Fanuc M-2000iA/1200 в тому, що його робота автоматизована, а можливості не поступаються стандартним тягачам. Таким чином, використання даного робота мінімізує ризик травматизму на виробництві. Міцність і безпека – ще одна відмінна властивість сучасного вантажопідйомника від Fanuc. Виробник подбав

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

про те, щоб цей робот-силач відповідав найжорсткішим вимогам, які пред'являються до всіх операцій в процесі вантажно-розвантажувальних робіт. Працює робот-маніпулятор при температурах від 0 °С до 45 °С. Цей п'ятиосовий вантажопідйомний робот піднімає до 1200 кг і переміщає вантаж на відстань до 3,7 м та має перевагу, так як працює без участі людини, що практично зводить до нуля небезпеку травматизму та вплив людського фактору.

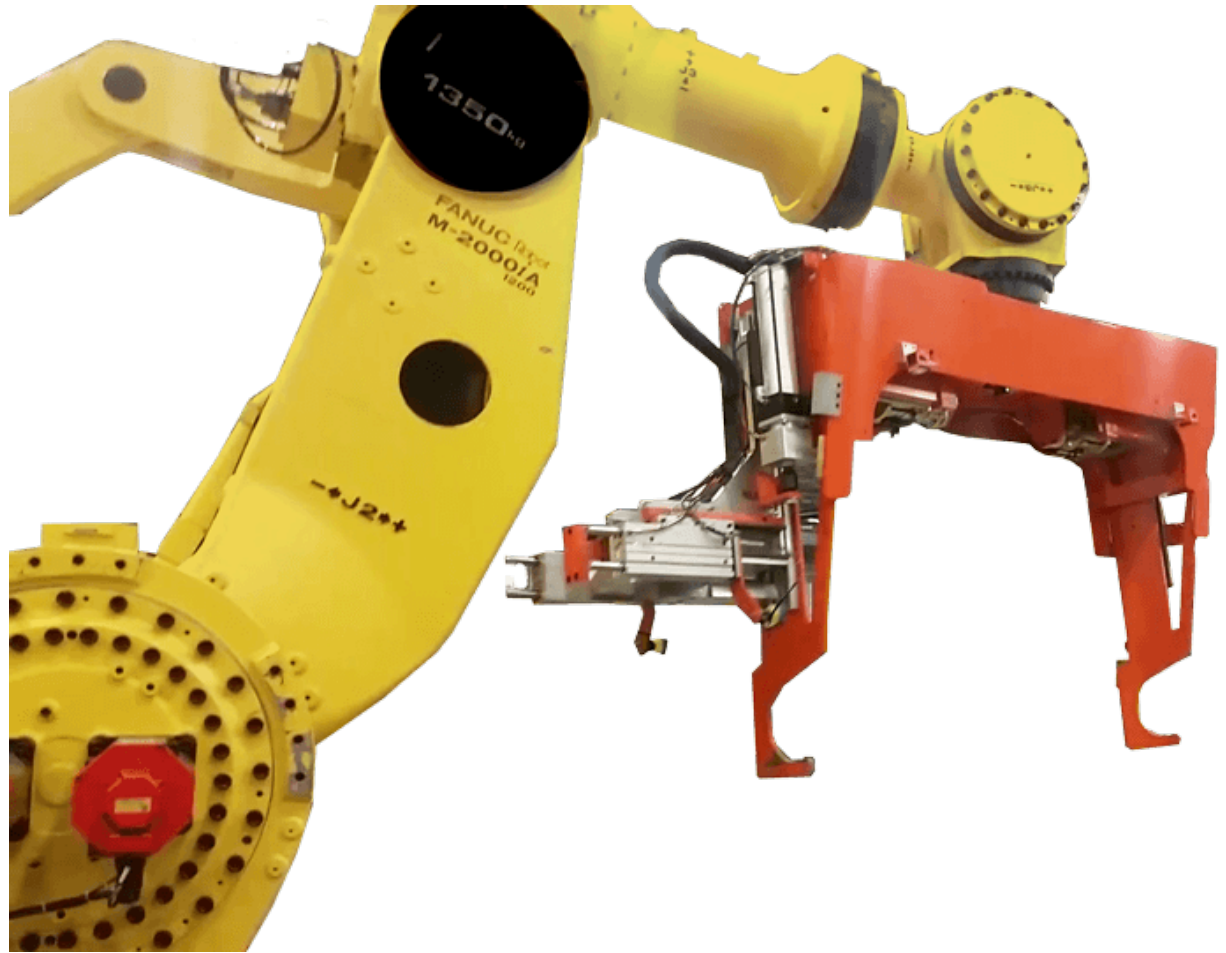


Рисунок 1.3. Зовнішній вигляд роботу-маніпулятора Fanuc

Fanuc M-2000iA є найпотужнішою моделлю Fanuc, адже він легко впорається з величезними вантажами вагою до 1200 кг. Один робот FANUC M-2000iA впорається із завданнями, для виконання яких зазвичай потрібні від двох до чотирьох звичайних моделей. Системи таких роботів стали значно простішими, надійнішими й легшими для програмування. Завдяки зміщенню 1250 мм ця потужна модель ідеально підходить для переміщення й палетування надважких конструкцій (рис. 1.4).

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

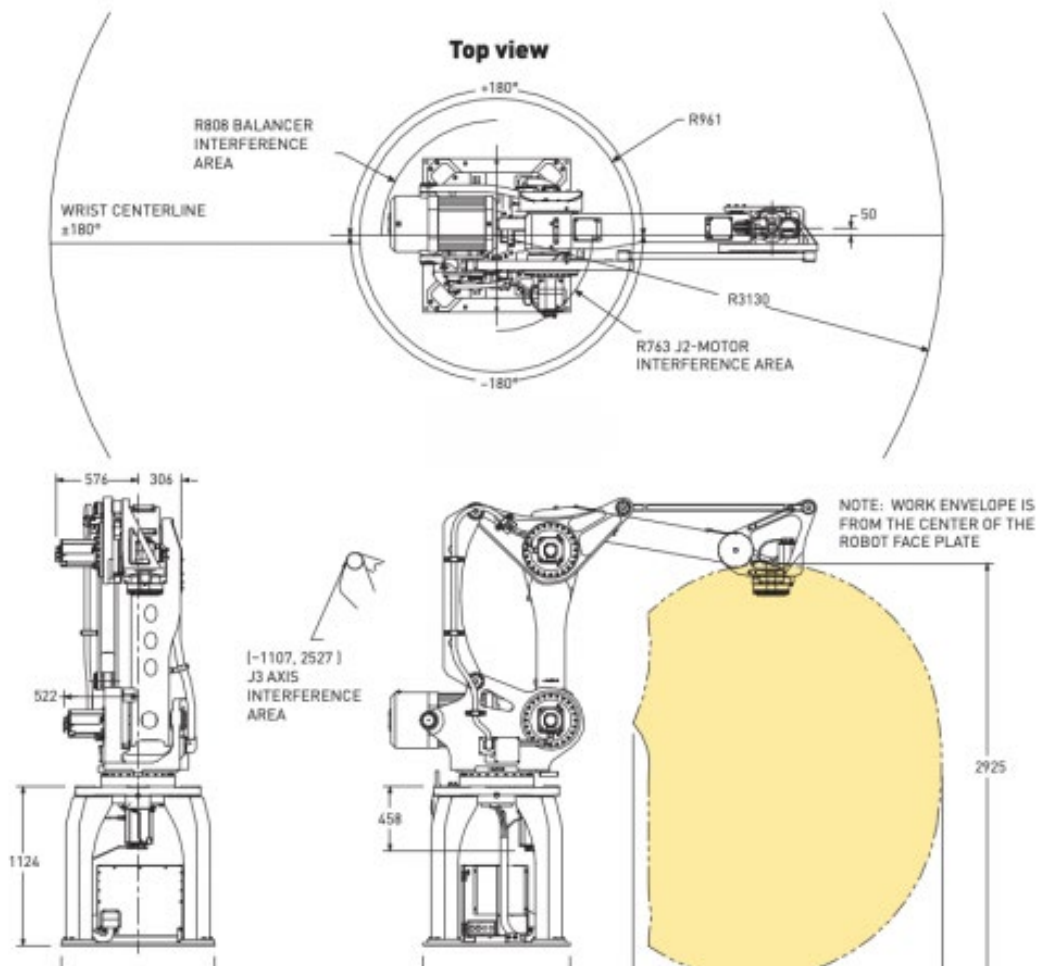


Рисунок 1.4. Робочий діапазон робота Fanuc у вигляді схеми-діаграми

У робота-маніпулятора Fanuc M-2000iA є суттєва особливість – найсильніше зап'ястя у світі, яке здатне на переміщення важких залізничних колісних пар вагою до 1300 кг. Також така модель робота-маніпулятора може замінити собою звичні крани, підйомники й транспортні візки, усуваючи небезпечну ручну роботу і підвищуючи продуктивність.

Робот моделі Fanuc M-2000iA M-2000iA/1200 є найкращим рішенням для застосування у важкій промисловості, де основною задачею стоїть усунення людського фактору та мінімізація залучення менш потужних промислових роботів.

Модель KR Quantec PA робота-маніпулятора від компанії Kuka Robotics показана на рис. 1.5. Особливістю даного робота-маніпулятора є його здатність виконувати роботу при мінусових температурах до -30°C . Цей робот відмінний варіант для роботи в галузях харчової промисловості. Модель робота-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

11

маніпулятора Kuka KR Quantec PA arctic була сконструйована спеціально для роботи з укладанням палетів у морозильних камерах. Для роботи при мінусових температурах апарат не потребує захисних кожухів [3].



Рисунок 1.5. Модель робота-маніпулятора KR QUANTEC PA

Модель KR Quantec PA відрізняється досконалими технологіями, які спрямовані на глибоку оптимізацію технологічних процесів. Висока швидкість на максимальній робочій зоні, мінімум виступаючих контурів і висока надійність – все це необхідно для досконалої автоматизації. Роботи розроблені спеціально для виконання складних навантажувальних і розвантажувальних завдань. Головними перевагами даної моделі є: швидкий ритм роботи, висока економічність, висока продуктивність, компактні розміри.

Переваги робота-маніпулятора KR Quantec PA: краща тривалість тактів, економія простору та надточна робота, малі контури перешкод [3].

KR Quantec PA у плані тривалості тактів є одним з найшвидших на ринку роботів-маніпуляторів, які виконують задачі складання та розвантаження. KR QUANTEC PA має постійну пропускну здатність – навіть при повному навантаженні і короткій тривалості тактів.

Треба зазначити, що всі роботи Quantec PA оснащені рукою з порожнистим валом для укладання в ньому системи енергопостачання та економії місця. Ця

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

подовжена, легка і компактна рука забезпечує оптимальне приєднання захватів і малі контури перешкод.

KR Quantec PA завдяки подовженій рукоятці і невеликій площі установки потребує мінімальної монтажної площі. Це дозволяє створити інноваційні концепції осередків для виконання завдань по розвантаженню.

Робот-маніпулятор KR Quantec PA розроблений спеціально для складних завдань по розвантаженню. Штабелювати кілька палетів на великій висоті дозволяють його сила і динаміка [4].

Далі зазначено області застосування роботів вантажопідйомності великого значення:

- всі види зварювання: точкове зварювання, роботизована зварювання в середовищі захисних газів, електродугове зварювання, лазерна зварювання та інше;
- всі види маніпулювання: розвантаження, навантаження, комплектування (в т.ч. вибіркоче), вставка, установка, упаковка, палетування;
- пайка;
- фарбування, нанесення клеїв і герметиків;
- механічна обробка поверхонь металовиробів, пластмас та інших матеріалів;
- різні види різання;
- заміри, сервісні перевірки, діагностика і тестування обладнання і виробів;
- монтажні роботи: збірка, скріплення, розбирання, установка;
- кріпильних елементів і ін.;
- робота на ділянках пресування і формування.

Ще одна модель промислового робота-маніпулятора – це IRB 120, виробництва компанії ABB. Це промисловий робот четвертого покоління ABB IRB 120 один з найменших роботів створених компанією ABB. Цей робот підходить для збірки і обробки матеріалів (рис. 1.6).

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.6. Промисловий робот-маніпулятор АВВ

Робот-маніпулятор АВВ буде корисний в таких галузях, як електронна, харчова промисловість, енергетика, фармацевтика, в медицині і науково-дослідницької діяльності. Цей компактний 6-осьовий промисловий робот може працювати вантажопідйомністю до 5 кг. Силові та інформаційні кабелі прокладені всередині руки робота, щоб виключити інтерференцію і забезпечити гнучкість інтеграції. Маючи можливість бути встановленим під будь-яким кутом, він ідеально підходить для розміщення в місцях з обмеженим простором.

Застосований у роботі-маніпуляторі АВВ легкий корпус з алюмінію в поєднанні з потужними компактними моторами, дає цьому маніпулятору здатність рухатися з високою швидкістю і точністю. модель IRB 120 оснащений компактным контролером для забезпечення високої точності керування.

Робот-маніпулятор АВВ є найменшим промисловим роботом з вагою всього в 25 кг і вантажопідйомністю в 3 кг (4 кг з відключеною 5-й віссю) і робочою зоною до 580 мм. Це ефективно, бюджетне та надійне рішення для швидкої окупності при низьких витратах. Також доступна сертифікована версія для роботи в чистих приміщеннях Clean Room ISO 5 (Class 100). Даний робот-маніпулятор найшвидший серед лінійки роботів IRB [5]. Це орієнтир для додатків високошвидкісного переміщення, які потребують особливої гнучкості в поєднанні з кращою в галузі повторюваністю операцій в 10 мкм. Зберігаючи властиві цій моделі компактний дизайн і мала вага, маніпулятор IRB 120 надає можливість істотного збільшення максимальної швидкості осей 4,5 і 6 що в свою

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

чергу збільшує продуктивність скорочуючи час циклу до 25%. На рис. 1.7. зображено робочий діапазон робота-маніпулятора АВВ.

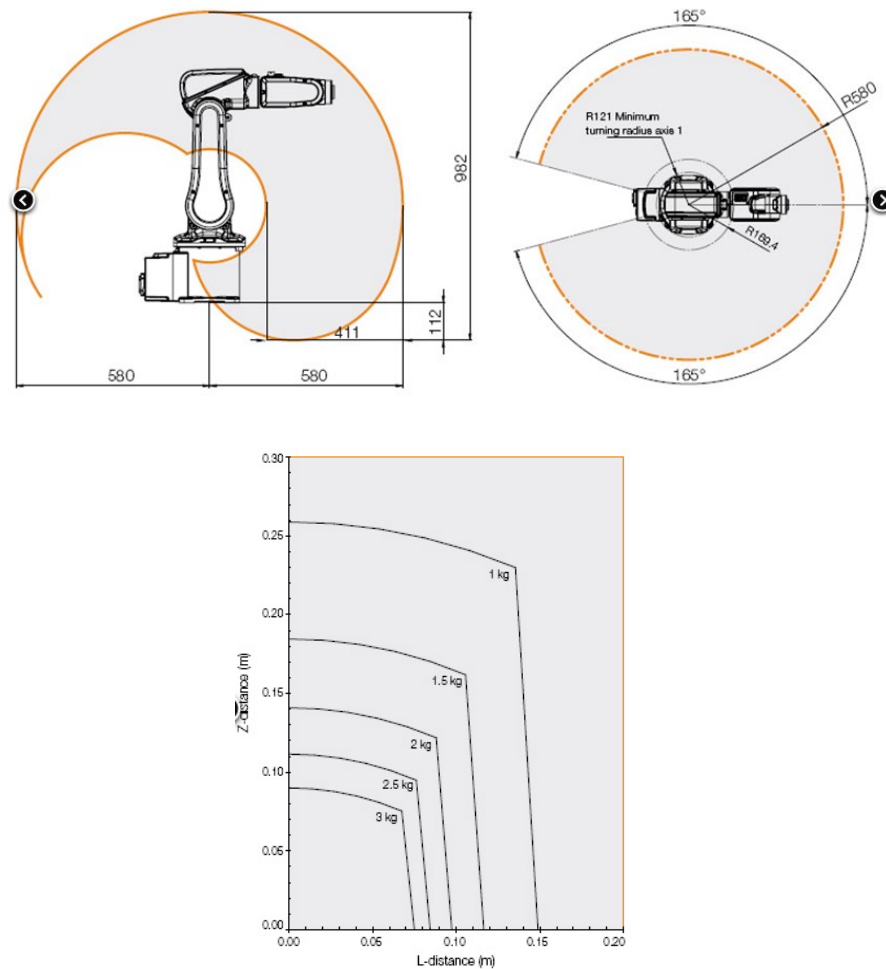


Рисунок 1.7. Діаграма навантаження та робочий діапазон IRB 120

У IRB 120 горизонтальна смуга руху 580 мм, найкращий в класі удар, здатність рухатися базою по вертикалі на 112 мм і дуже компактний радіус повороту.

Розглянемо п'ять основних серій модельного ряду KR QUANTEC промислових роботів-маніпуляторів компанії Кука:

Nano призначена для тих, хто не володіє великими виробничими площами (рис. 1.8). Ці роботи успішно трудяться в самих обмежених умовах. Машини демонструють можливості для покращення якості роботизованого зварювання точковим методом. Моделі даного ряду оснащені можливістю повороту в великому робочому діапазоні, що дозволяє ефективно вирішувати завдання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

15



Рисунок 1.8. Зовнішній вигляд маніпулятора Kuka KR QUANTEC Nano

Pro має підвищену міцність, широкий радіус, високу точність руки і велику потужність моделей, що дозволяє їм стабільно працювати навіть при найвищих навантаженнях (рис. 1.9). Компактне тіло робота без виступаючих контурів дає можливість економити виробничі площі та створювати осередки вузького діапазону при високій вантажопідйомності роботу-маніпулятора.



Рисунок 1.9. Зовнішній вигляд маніпулятора Kuka KR QUANTEC Pro

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

16

Extra здатна виконувати максимально широкий спектр задач без додаткових істотних інвестицій (рис. 1.10). Витончене виконання і зниження маси рухомої частини робота не скасовує надзвичайну міцність і надійність конструкції, а також дуже великих радіусів для даного класу роботів.



Рисунок 1.10 Зовнішній вигляд маніпулятора Kuka KR QUANTEC Extra

Prime має гарну форму і легкість конструкції в поєднанні з чудовою жорсткістю і високим показником вантажопідйомності (рис. 1.11). Однак виробники цінують цю серію за високу точність траєкторій і можливість працювати короткими циклами. При цьому радіус дії руки не менш широкий, ніж в серії Extra. Як приклад, зварювальні роботи точковим методом демонструють високу енергоефективність і успішно працюють в умовах обмеженого простору.

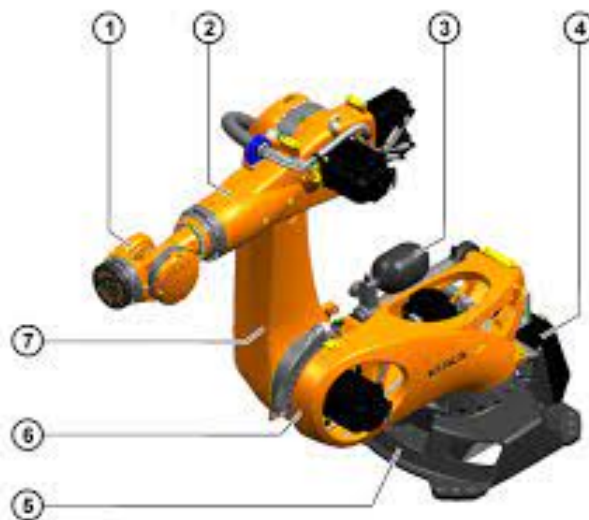


Рисунок 1.11. Зовнішній вигляд маніпулятора Kuka KR QUANTEC Prime

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рисунок 1.12. Зовнішній вигляд маніпулятора Kuka KR QUANTEC Ultra

Ultra призначена для тих, кому потрібна найвища питома потужність і найширший радіус дії в діапазоні великої вантажопідйомності (рис. 1.12). При цьому вага і габаритні розміри мало відрізняються від інших промислових роботів Kuka в даному сегменті. Неймовірно швидкі і стабільні, роботи-маніпулятори серії Ultra дозволяють вам досягти нового рівня продуктивності [5].

На основі розглянутих вище роботів-маніпуляторів та їх ознак, виділено переваги та недоліки різних типів роботів-маніпуляторів, а також їх недоліки. Проведений аналіз дозволяє зрозуміти, які недоліки є критичними, та дає змогу створити власну модель робота-маніпулятора з урахуванням усунення усіх можливих недоліків серед моделей-аналогів. Головний фактор, який є недоліком розглянутих роботів – маніпуляторів це наявність людського фактору при керуванні. Варто зауважити, що на основі проаналізованої інформації в межах підрозділу зрозуміло можливі шляхи усунення людського фактору, або його мінімізації при процесі керування та контролю [6].

1.1.2 Аналіз технічних характеристик пристроїв-аналогів

У цьому підрозділі розглянуті технічні характеристики роботів-маніпуляторів, розглянутих вище, адже технічна складова є найважливішою при проектуванні, розробці та виробництві робота-маніпулятора. Технічно роботи-маніпулятори мають суттєві відмінності між собою. Це обумовлено, в першу

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

чергу, масштабами застосування, а також цільовим призначенням робота-маніпулятора.

Технічні характеристики робота-маніпулятора серії UR наведені у табл.1.1. З цієї таблиці слідує, що роботи-маніпулятори серії UR серед недоліків мають недостатню точність позиціонування у порівнянні з іншими роботами-аналогами. Проте дана серія роботів-маніпуляторів має більше переваг, а саме: порівняльно невеликий діаметр основи, невелика вага моделі, а також порівняно мала споживана потужність. При цьому вага і габаритні розміри мало відрізняються від інших промислових роботів Кука в даному сегменті.

Таблиця 1.1. Характеристики робота-маніпулятора Universal Robots

Найменування характеристики	Модель		
	UR3	UR5	UR10
Точність позиціонування	±0,1 мм	±0,1 мм	±0,1 мм
Діапазон робочих температур	0 +50°C	0 +50°C	0 +50°C
Споживана потужність	125 Вт	150 Вт	250 Вт
Маса корисного навантаження	3 кг	5 кг	10 кг
Кількість ступенів свободи	6	6	6
Робочий діапазон	±360°	±360°	±360°
Рівень шуму	70 дБ	72 дБ	72 дБ
Діаметр основи	128 мм	149 мм	190 мм
Матеріал	алюміній, поліпропілен		
Довжина з'єднувального кабелю	6	6	6
Вага моделі	11 кг	18,4 кг	28,9 кг

Технічні характеристики робота-маніпулятора Fanuc M2000iA/1200 наведено у таблиці 1.2. Не зважаючи на достатню кількість переваг даної моделі робота-маніпулятора, у FANUC M-2000iA / 1200 є декілька недоліків. Одним з суттєвих недоліків моделі є складність конструкції, її вага та масивність. Дана модель робота-маніпулятора призначена для широкого застосування в автомобільній промисловості.

Таблиця 1.2. Характеристики робота-маніпулятора Fanuc M2000iA

Найменування характеристики	Показник
Точність позиціонування	$\pm 0,18$ мм
Діапазон робочих температур	0 +45°C
Споживана потужність	470 Вт
Маса корисного навантаження	1200 кг
Кількість ступенів свободи	6
Робочий діапазон	$\pm 360^\circ$
Рівень шуму	72,8 дБ
Діаметр основи	474 мм
Матеріал	алюміній
Вага моделі	8600 кг

Технічні характеристики робота-маніпулятора KR Quantec PA наведено у таблиці 1.3. Робот KR Quantec PA arctic не вимагає для роботи використання захисних кожухів, а це безсумнівно гарантує економію в експлуатації в порівнянні з іншими роботами. Також відсутня потреба в підігріванні електроніки, що виключає теплові випромінювання, що вимагають в промислових морозильних камерах додаткових витрат.

Таблиця 1.3. Характеристики робота-маніпулятора KR Quantec

Найменування характеристики	Показник
Точність позиціонування	$\pm 0,14$ мм
Діапазон робочих температур	-30 +5°C
Споживана потужність	160 Вт
Маса корисного навантаження	120-180 кг
Кількість ступенів свободи	5
Робочий діапазон	$\pm 360^\circ$
Рівень шуму	70 дБ
Діаметр основи	388 мм
Матеріал	алюміній
Вага моделі	1075 кг

Технічні характеристики робота-маніпулятора IRB 120 виробництва компанії ABB наведено у табл. 1.4. За характеристиками можна зазначити, що робот має компактний дизайн і малу вагу, надає можливість істотного збільшення

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

максимальної швидкості осей, що в свою чергу збільшує продуктивність, скорочуючи час циклу до 25%. Цей робот-маніпулятор виконаний з легкої алюмінієвої конструкції та оснащений двигунами, які забезпечують роботу з більшим прискоренням, ніж аналоги.

Таблиця 1.4. Технічні характеристики робота-маніпулятора IRB 120 від ABB

Найменування характеристики	Показник
Точність позиціонування	±0,01 мм
Діапазон робочих температур	0 +45°C
Споживана потужність	200-600 Вт
Маса корисного навантаження	5 кг
Кількість ступенів свободи	6
Робочий діапазон	±360°
Рівень шуму	Максимум 70 дБ
Діаметр основи	180 мм
Матеріал	алюміній
Вага моделі	25 кг

Після проведення аналізу технічних характеристик наведених вище роботів-маніпуляторів визначено вимоги до проєктованого пристрою та сформовано технічне завдання. Враховано, що основними недоліками розглянутих прикладів роботів-маніпуляторів є зовнішня вага робота-маніпулятора, зовнішній діаметр основи, велика споживана потужність та рівень шуму при роботі, а також велика вартість.

1.1.3 Аналіз програмних засобів керування

Майже всі сучасні роботи-маніпулятори програмується за допомогою вбудованих контролерів. Контролер є пристроєм керування і контролю процесами системи, в яку він встановлений. Контролер перетворює код в керуючі сигнали і видає на зовнішні пристрої. З зовнішніх пристроїв він отримує дані про

робочі процеси і умовах навколишнього середовища, за допомогою чого здатний самостійно контролювати деякі дії роботу-маніпулятора.

Засоби і методи програмування робота-маніпулятора залежать безпосередньо від його призначення. Розглянемо приклад програмування навчальної моделі робота-маніпулятора Lego Mindstorms Education EV3. Модуль EV3 є програмованим інтелектуальним контролером, який контролює і керує датчиками і моторами роботу-маніпулятора (рис. 1.13).

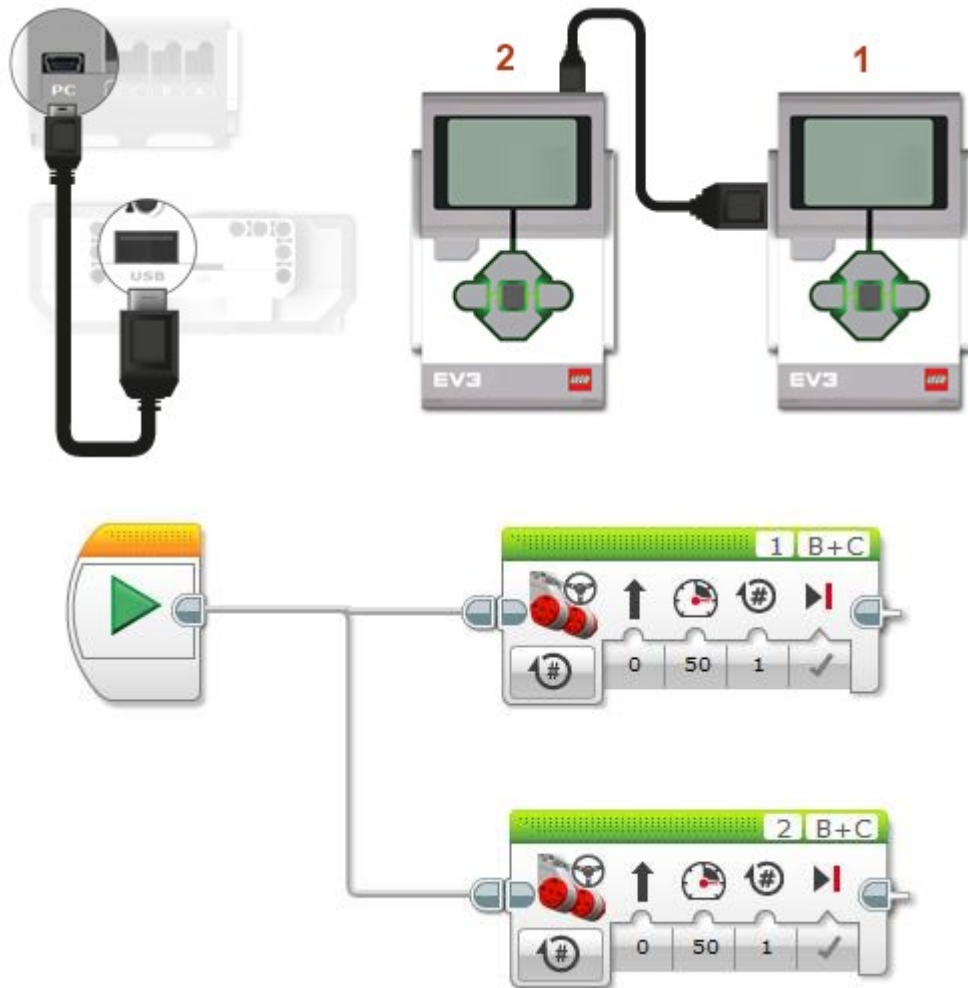


Рисунок 1.13. Процес програмування контролера Lego Mindstorms Education

Контролер Lego Mindstorms Education EV3 має такі технічні характеристики:

- операційна система – Linux;
- процесор – ARM9;
- FLASH пам'ять – 16 мегабайт;
- оперативна пам'ять – 64 мегабайт;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- слот розширення SD;
- USB 2.0 (підтримує USB Host, тобто можна підключити до WiFi);
- Bluetooth 2.1;
- Динамік;
- 4 порти на вхід і 4 порти на вихід.

Завдяки простому інтерфейсу і готовим програмним блокам (компонентам) програмування на контролері EV3 дозволить легко і швидко освоїти етапи складання програм і тестів для робота. Для програмування робота-маніпулятора Lego Mindstorms Education EV3 компанією Lego було розроблене спеціальне програмне середовище, в якому вже міститься все необхідне для його програмування та контролю [8].

Програмування робота на задану роботу починається зі створення нового проекту у вкладці «Файл» → «Новий проект» → «Програма». Після виробу даних команд буде отримано стартове вікно нової програми. Далі у вкладці дія обираємо блок «Рухове керування» та з'єднуємо даний блок з блоком «Старт», який вже попередньо було автоматично створено. У конфігурації блока «Рухове керування» є можливість та необхідність обрати кількість обертів. Після вибору кількості обертів при натисканні на нього кількість обертів можна перевести у режим «Ввімкнути на кількість градусів». Також робота робота-маніпулятора є неможливою без заданої потужності. Потужність моторів виставляється вручну. Після реалізації усіх наведених вище дій буде отримана готова програма керування.

Однією з важливих завершальних задач є перевірка підключення до контролера. Дана задача реалізується за допомогою команди «Перегляд портів» на контролері та проводить перевірку відповідності номерів портів з моторами. Зазвичай мотори підключаються до портів В та С. Робот-маніпулятор готовий виконувати задані команди, якщо після перевірки правильності підключення натискається кнопка «Завантажити та запустити».

Промислова робототехніка сьогодні активно розвивається у всьому світі та країнах. Величезний і складний пласт, без якого не буде працювати жоден робот –

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

сучасне програмне забезпечення, яке і дає можливість роботу виконувати необхідні завдання. В процесі впровадження і використання роботів є свої труднощі. Великі виробництва унікальної продукції отримують дуже складні, але одиничні замовлення. Перепрограмування робота з пульта керування для зварювання нових деталей може зайняти кілька днів. При цьому поточне виробництво потрібно зупинити. У середніх виробництв велика номенклатура і часто невисока серійність. У малих – свої проблеми: брак кадрів для програмування роботів, складно спрогнозувати обсяг нових замовлень та довго програмувати нові роботи-маніпулятори. Доволі часто виробництва за роки своєї роботи купують роботів різних виробників. У всіх відрізняються мови програмування, пульти керування та інші деталі. Все це, найчастіше, робить роботизованість виробництва та контролю продукції економічно не вигідним. Тим часом, вимоги до якості постійно зростають. Розглянемо програмне середовище для симуляції та програмування роботи промислових роботів.

Ostopuz є програмним середовищем, створеним для забезпечення ефективності роботизації виробництва для малих партій деталей і унікальних великих конструкцій. Ostopuz швидко створює повністю функціональні програми для роботів. Технологічно при правильному налаштуванні шляху робочої частини через програмне середовище можна програмувати робота-маніпулятора на заходи в кути, «пошук дотиком», контроль зварювального шва по довжині дуги, багатопрохідне зварювання, контроль зіткнень і сингулярності – всі ці функції програмуються повністю оф-лайн. В результаті час зупинки комплексу для переналагодження від часу зупинки при традиційному програмуванні складає всього близько десяти відсотків.

Проаналізуємо основні функції програмного продукту Ostopuz для автономного програмування зварювальних роботів-маніпуляторів:

- зварювальний шлях створюється в декілька дій;
- автоматичне програмування «пошуку дотиком» і корекції траєкторії положення пальника;
- програмування декількох видів швів, в тому числі багатопрохідного

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

зварювання;

- програмування спільної роботи роботів різних виробників;
- автоматичне створення точки старту і завершення зварювання, а також кута пальника для заходу в кути деталі;
- сполучення трьох додаткових зовнішніх осей;
- автоматичне підстроювання руху зовнішніх осей для оптимального зварювального шва.

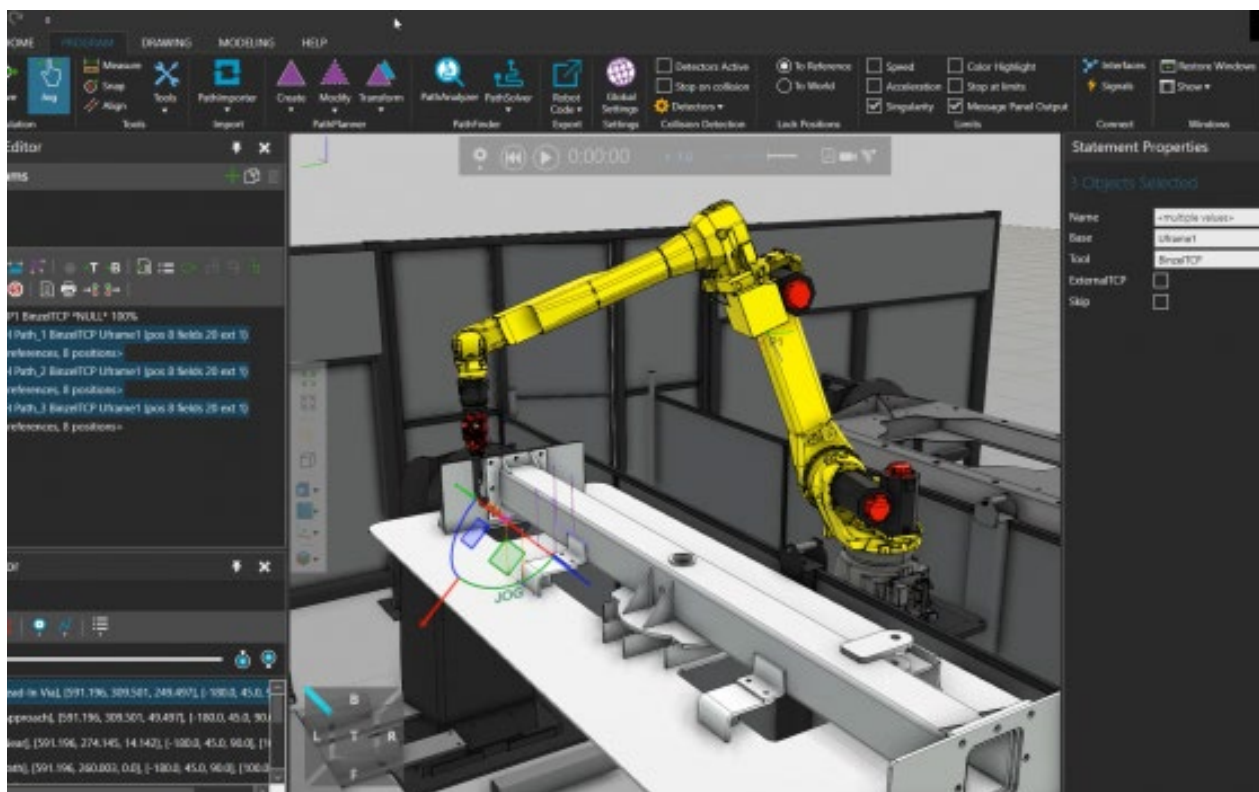


Рисунок 1.14. Інтерфейс розробника Ostoruz та процес налаштування

Окрім надання можливості налаштування робочої частини роботу-маніпулятора на зварювання (рис. 1.14), ще одною функціональною можливістю програмного забезпечення є роботизоване фрезерування, яке також набирає популярність. Ostoruz дозволяє використовувати створені в звичному середовищі шляхи для зняття матеріалу, генеруючи код для робота автоматично. Основні складності переходу з фрезерування на верстатах з числовим програмним керуванням на роботизацію полягають у тому, що замість роботи в звичних CAD/CAM системах потрібно освоювати нові програмні середовища.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1.2 Визначення моделі захвату роботу-маніпулятора

В залежності від того, до якого класу відноситься робот-маніпулятор, відрізняється його конструкція. За типом керування роботи-маніпулятори класифікують на:

- керовані роботи: вимагають, щоб кожним їх рухом керував оператор;
- автомати і напів-автономні роботи: діють строго за заданою програмою, зазвичай не мають сенсорів і не здатні коригувати свої дії, не можуть обійтися без участі оператора;
- автономні: можуть здійснювати запрограмований цикл дій без участі людини, відповідно до заданих алгоритмів і коректуючи свої дії в міру необхідності. Такі роботи здатні повністю перекрити поле діяльності на своїй ділянці конвеєра, без залучення оператора [8].

На кінці промислових маніпуляторів серії часто передбачено стандартизоване кріплення для установки спеціальних робочих органів. Однією з найбільш важливих частин будь-якого робота-маніпулятора є його робоча зона, яка також має назву «зона захвату». Між робочим органом і кінцевою ланкою маніпулятора можна встановити додаткові модулі сило-моментних сенсорів або камер. На рис.1.15 показано комплексне рішення для універсальних роботів, що буде застосовано у даному проекті.



Рисунок 1.15. Модель захвату роботу-маніпулятора

Для реалізації моделі захвату роботом-маніпулятором застосовують сервоелектричний або смарт-пневматичний принцип, який є повністю сумісним з

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

26

усіма моделями універсальних роботів. Гнучкий та простий у використанні пневматичний механізм захвату ґрунтується на промислових модулях, що підтримують пневматичні захватні пристрої. Застосовується паралельний захват в різних розмірах та 3-пальцевий центричний захват. Він може охоплювати діапазон захоплення сил від 230 до 550 Ньютонів або вище. Для реалізації такого захвату інтегруються клапани, використовується контроль положення та захвату в компактному і надійному модулі захвату. Це забезпечує простоту та потужність пневматики робота без необхідності додаткових клапанів або датчиків зовнішнього положення.

Електронна частина пристрою захвату містить високошвидкісний процесор з інтегрованою системою зйомки позицій для точного пневматичного захвату. Розширені алгоритми використовуються для керування та моніторингу поточної дії захвату. Захвати автоматично виявляють, чи був предмет захвачений, і можуть контролювати рукоятку протягом всього процесу обробки. Це забезпечує надійний процес обробки без необхідності використання будь-яких зовнішніх датчиків, зменшує кількість кабелів, які потрібно направляти від захвату до контролера робота та підвищує надійність всієї системи в цілому.

Технологія клапана, інтегрована в модуль захвату, дозволяє збільшити швидкість зчеплення, а також зменшити споживання повітря. Принцип роботи захвату полягає у тому, що необхідно закріпити затискач рукою робота та підключити його через кабелі, що входять у комплект, та конвертер інтерфейсу до USB-порту робота. Згодом підключається наданий флеш-накопичувач USB до робота та встановлюється плагін. Потім починається робота з написання власної програми керуванням захватом.

Окрім модулю захвату необхідно передбачити також перетворювач електричного інтерфейсу для підключення його до робото-контролера, монтажну пластину для закріплення захвату на робочій рукоятці та всі необхідні кабелі та гвинти. Робоча зона робота маніпулятора може бути оснащена безліччю сучасних засобів контролю, наприклад, серво-захватів, які підвищують продуктивність під час роботи з асиметричними або нестандартними об'єктами, програмне

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

забезпечення, що координує рух у групах роботів. Розширені модулі керування рухом, які охоплюють зовнішні елементи, наприклад двері та конвеєри, дають змогу набагато тісніше синхронізувати роботів із верстатами й виробничими процесами.

1.3 Розробка структури та конструкції роботу-маніпулятора

Для захвату та переміщення роботом-маніпулятором деталей різного розміру й складності застосовуються серводвигуни, двигуни і контролери. Можна легко налаштувати інструмент із серводвигуном і переключатися між продуктами, а також обмежувати максимальне значення моменту вказаного двигуна, реалізувавши це програмно. Важливим є програмування в режимі навчання та налаштування сили утримання [10].

Для промислових роботів захват предметів є складною задачею. Сучасний робот-маніпулятор не може контролювати силу стиснення і захвату для різних предметів, як це робить людина. Потрібно задавати окремий режим для кожного нового об'єкта. Особливо це важливо для делікатних предметів, наприклад, крихких виробів зі скла: занадто сильний захват може пошкодити їх.

Існують універсальні м'які роботи-маніпулятори, які можуть захватити предмети, не пошкоджуючи їх. За допомогою такого приводу легко налаштувати промислових роботів і навчити їх швидко і вправно переміщувати навіть самі тендітні предмети. Їх не потрібно переналаштовувати для кожного нового об'єкта, тому що захоплення адаптується під потрібну форму автоматично.

В цьому підрозділі розглянуто основні принципи та моделі для виконання розробки робота-маніпулятора та можливі траєкторії його роботи. Як відомо, основою будь-якого робота є виконуючий пристрій, який забезпечує виконання всіх його рухомих функцій, а також взаємодію з об'єктами контролю на базі контролюючих впливів, що формується роботом. Робот-маніпулятор буде мати 5 ступенів свободи. Кінематична схема робота-маніпулятора для даного проекту зображена на рис. 1.16.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

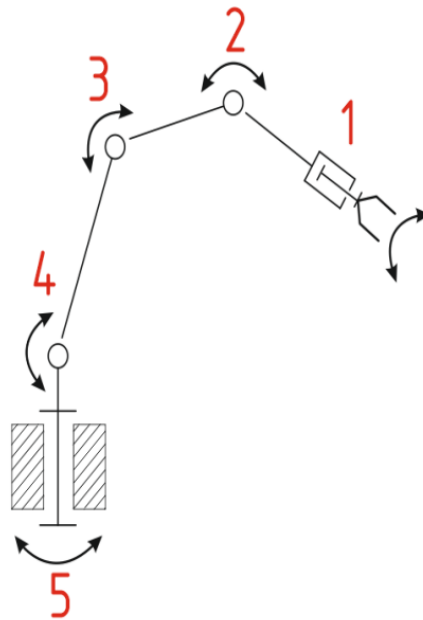


Рисунок 1.16. Схема роботи кінематичного механізму

Більшість промислових роботів-маніпуляторів містить виконуючий пристрій окрім маніпулятора з робочим органом, включає в себе механізм переміщення. Роботи-маніпулятори здійснюють контроль та переміщення у відповідності з заданими законами переміщення, які в свою чергу задаються у відповідності з технологічними вимогами. Роботи-маніпулятори, що застосовуються в промисловості являють собою багатоступінчаті механізми, які складаються з ряду кінематичних пар з поступовим або обертовим рухом, та відрізняються вони значним різнобіччям сфери застосування.

Структурну схему побудови робота-маніпулятора зображено на рис. 1.17. Для приведення в дію ланок робота-маніпулятора в основному використовуються гідравлічні та електромеханічні приводи. В окремих випадках також можливе використання пневматичних приводів. В якості основних характеристик роботів-маніпуляторів розглядається кількість ступенів свободи та динамічні характеристики. Роботи-маніпулятори для здійснення контролю обраних параметрів на виробках зі складною геометрією повинні забезпечувати поступовий рух робочої частини по трьох координатах та їх обертання навколо однієї, двох або трьох осей координат. Окрім цього такий робот повинен забезпечувати обертовий рух відносно однієї осі з одночасним поступовим переміщенням відносно двох інших осей, або два обертальних і одне поступове переміщення в

радіальному напрямку. Роботи-маніпулятори оснащуються робочим органом, що безпосередньо взаємодіє з об'єктом контролю. В таких роботах-маніпуляторах в якості робочого органу може бути спеціалізований пристрій захвату або спеціальний робочий пристрій, оснащений датчиками захвату [11].

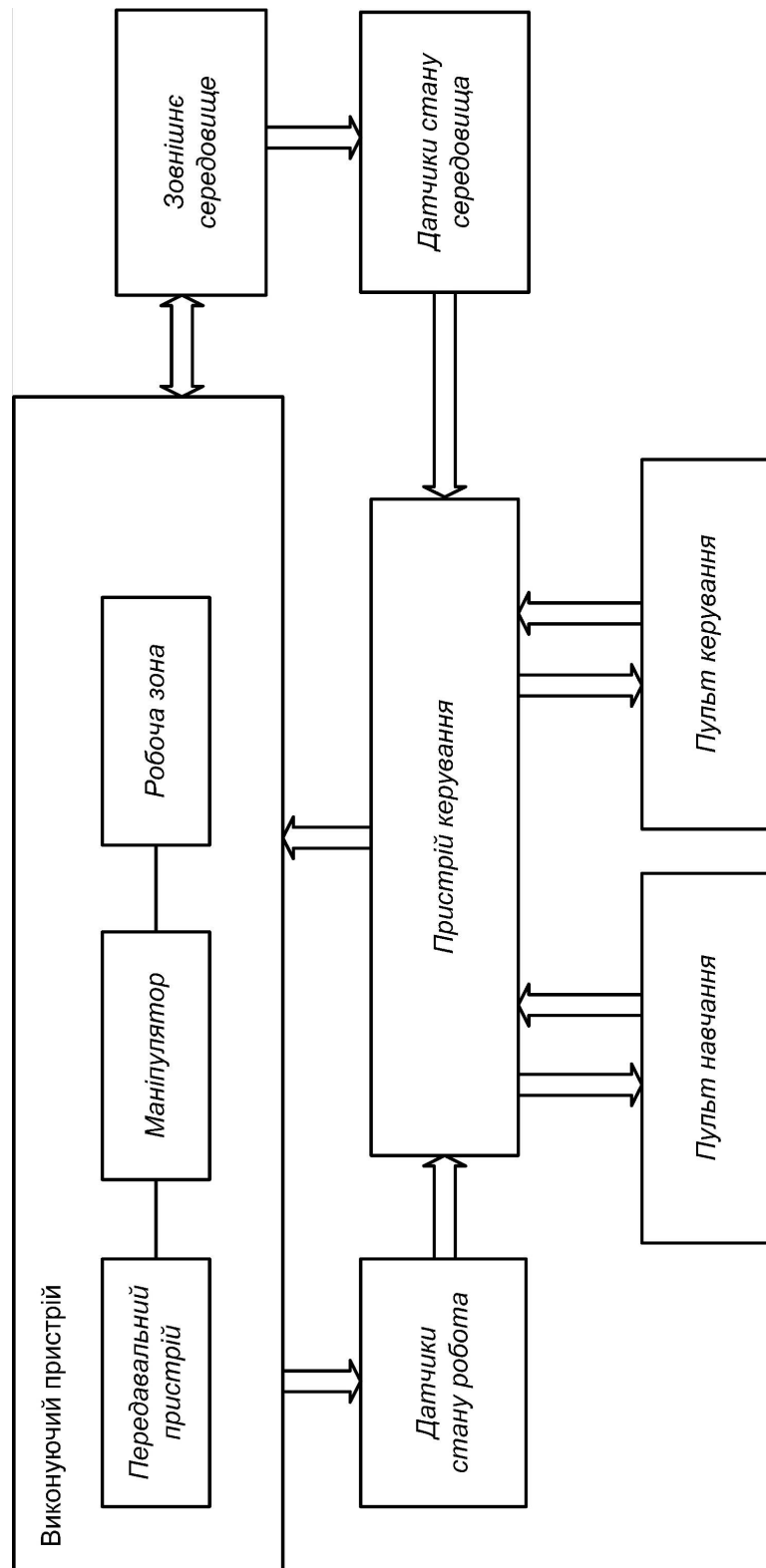


Рисунок 1.17. Структурна схема побудови робота-маніпулятора

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Система керування роботів-маніпуляторів містить пульти керування або пристрій керування, програмування та навчання. Пульти керування забезпечують введення в управляючий пристрій окремих команд, дистанційне та ручне керування маніпулятором, робочим органом та пристроєм переміщення, а також контроль правильності виконання поставлених задач. Спілкування оператора з пристроєм керування відбувається за допомогою елементарних команд з пульта керування. Варто звернути увагу, що будь-який промисловий робот також оснащений датчиками, які передають інформацію про навколишнє середовище. В склад датчиків внутрішньої інформації входять перетворювачі, які вимірюють положення та швидкості переміщення ланок маніпулятора, статичні та динамічні навантаження, а також стан технічного обладнання. Для збору зовнішньої інформації використовуються різні сенсорні прилади, такі як: світові, локаційні, світловимірювальні, візуальні та інші.

Прямокутна, циліндрична, сферична та шарнірна системи координат промислового робота-маніпулятора характеризують три основні ступені рухливості, що забезпечують транспортування робочої зони. Як показано на рисунку, прямокутна система здійснює в усі напрямки рух лише поступальний, циліндрична система – обертово-поступальний, сферична – обертово-поступальний, а шарнірна – лише обертовий. На додаток до цих трьох кінематичних схем передбачають додаткові ступені рухомості, що забезпечують орієнтування робочої зони. Вибір структури кінематичної схеми обумовлюється відповідністю робота-маніпулятора до певної системи координат: прямокутної, циліндричної, сферичної або ангулярної, визначуваної переносними ступенями рухомості. Для кількісної оцінки функціональних можливостей та якості маніпуляційної системи та її кінематичної структури в використовують спеціальні критерії та характеристики. На стадії розробки кінематичної схеми робота-маніпулятора для позиціонування датчиків використовують такі структурні характеристики як порядок структури, складність структури, інформаційний критерій структури та структурна значимість кінематичної пари.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Складність структури визначається числом кінематичних пар маніпулятора. Маніпулятор n -го порядку складається з кінцевої множини кінематичних пар. Кінематичний ланцюг робота-маніпулятора може мати кінематичні пари одного або декількох видів. У зв'язку з цим, важливим є визначення характеристики, яка оцінює однорідність структури. Дана характеристика визначає маневреність маніпуляційної системи [12].

На рис.1.18 показана макетна схема розташування серводвигунів робота-маніпулятора, що буде реалізована у даному проекті. На схемі позначені серводвигуни MS90g в позиціях 1-5.

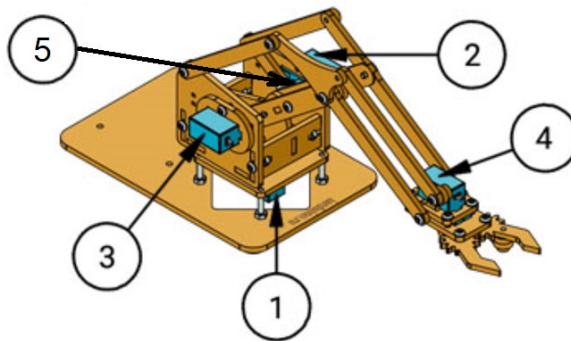


Рисунок 1.18. Макетна модель розташування серводвигунів робота-маніпулятора

1.4 Підключення серводвигунів до плати Arduino

До конструкції створюваного роботу-маніпулятора будуть входити такі активні елементи, як серводвигун та кроковий двигун. Такі активні елементи не можуть працювати без завчасного програмування на необхідну роботу, тому треба звернути увагу на принципи та особливості програмування як крокових двигунів, так і серводвигунів.

Серводвигун є двигуном з вбудованим редуктором і вихідним валом, положення якого можна точно контролювати (рис. 1.19). У двигунах з безперервним обертанням валу можна задавати швидкість його обертання. Стандартні серводвигуни дозволяють задавати кут повороту валу в діапазоні від 0 до 180 градусів.

Серводвигун має в своїй конструкції силовий агрегат (двигун), вимірювач позиціонування (датчик) і 3-контурну керуючу систему, що відповідає за регулювання позицій, швидкісного режиму і електричної напруги.

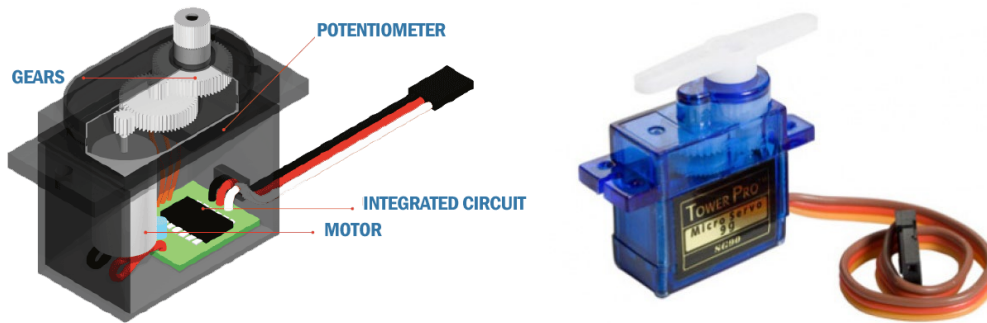


Рисунок 1.19. Серводвигун для роботу-маніпулятору

Машинобудування засноване на автоматизації різних процесів, спрощенні різних вузлів і систем за рахунок приведення механізмів до простих, але ефективних конструктивних рішень. Серводвигуни в цих процесах дозволяють підтримувати постійну швидкість в конструкціях сфери промислової робототехніки. Серводвигуни встановлюються на свердлильних верстатах, в різних вузлах транспортних засобів, в системах допоміжного призначення.

Застосування серводвигунів необхідне при використанні обладнання високої точності і продуктивності. Це обумовлено:

- можливістю зробити керування процесами точним;
- широкими можливостями контролю швидкісних режимів;
- низькою чутливістю приладу до перешкод;
- невеликими габаритами приладу.

Серводвигуни здатні підвищувати потужність, якщо енергія, яка надходить із зовнішнього джерела, відрізняється від тієї, яка потрібна «на виході», якщо показники нестабільні. Система зворотного зв'язку є замкнутим контуром, який використовується для керування. Ці конструкції працюють за принципом повернення сигналів з контрольованих вузлів, об'єктів, агрегатів. Зворотний сигнал надходить з датчика на керуючу систему, яка оцінює дані, порівнює їх із заданими параметрами і нормалізує показники при необхідності. Тобто серводвигун безпосередньо передає нормалізовану енергію, а назад передає дані, необхідні для забезпечення точності керування.

Оцінювати роботу серводвигуну треба за двома показниками – швидкістю обертання валу і зусиллям на ньому. Перший параметр показує час, тому його

вимірювання здійснюється в секундах. Другий показник, в свою чергу, вимірюється в кг / см і повідомляє, з яким посиленням від центру обертання діє пристрій. Цей параметр залежить від цільового призначення приладу і лише потім від таких факторів, як кількість застосовуваних вузлів і передач редуктору. Раніше всі серводвигуни були аналоговими. В даний час більше застосовують цифрові конструкції, яким на сьогоднішній день більшість розробників, інженерів та конструкторів надають перевагу. Сучасні серводвигуни стали набагато компактнішими, а їх технічні характеристики істотно покращилися – став більше показник зусилля на валу, а також підвищилася швидкість обертання.

Пристрої серводвигунів, в яких керування здійснюється цифровим методом, мають ряд переваг навіть в порівнянні з серводвигунами колекторного типу. Розглядаючи аналогові і цифрові конструкції серводвигунів, особливих відмінностей можна і не знайти. Різниця між цими пристроями полягає в платах керування. На цифрових моделях замість мікросхеми встановлений мікропроцесор, який і аналізує сигнали, що надходять, і віддає команди, що керують двигуном [12].

Обидві модифікації серводвигунів можуть мати однакові механізми, силові агрегати і змінні резистори (потенціометри). Головна відмінність між ними – це метод обробки сигналів, що надходять, і керування двигуном. В аналоговому пристрої отриманий сигнал збігається з фактичним станом сервомотора, далі відбувається передача сигналу підсилювача на двигун, вал якого переміщається в задану позицію. Мінімальна частота процесу за часом складає 50 циклів в секунду. Між імпульсами сигнали на двигун не подаються. Даний час позначається як «мертва зона», в цей період знак сигналу може змінитися на протилежний. Треба зазначити, що цифрові модифікації серводвигунів оснащені спеціальним процесором, який працює на високих тактових частотах. Обробка вхідних сигналів і відправка керуючих імпульсів на двигун здійснюється мінімум 300 циклів на секунду. Це забезпечує високий показник обертання і якісно оптимізує центрування. Єдиним недоліком можна вважати більш швидкий розряд батареї в цифровому агрегаті, ніж в аналоговому пристрої.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Схема підключення серводвигунів та потенціометрів до плати Arduino наведена на рис. 1.20. На базі плати Arduino, яка активно використовується як обчислювальна платформа при програмуванні роботів-маніпуляторів, була створена бібліотека Servo. Дана бібліотека дозволяє платі Arduino керувати серводвигуном. У бібліотеці Servo реалізована можливість одночасного керування декількома двигунами: на більшості плат Arduino – до 12, на Arduino Mega – до 48. У даному проекті використовується платформа Arduino UNO.

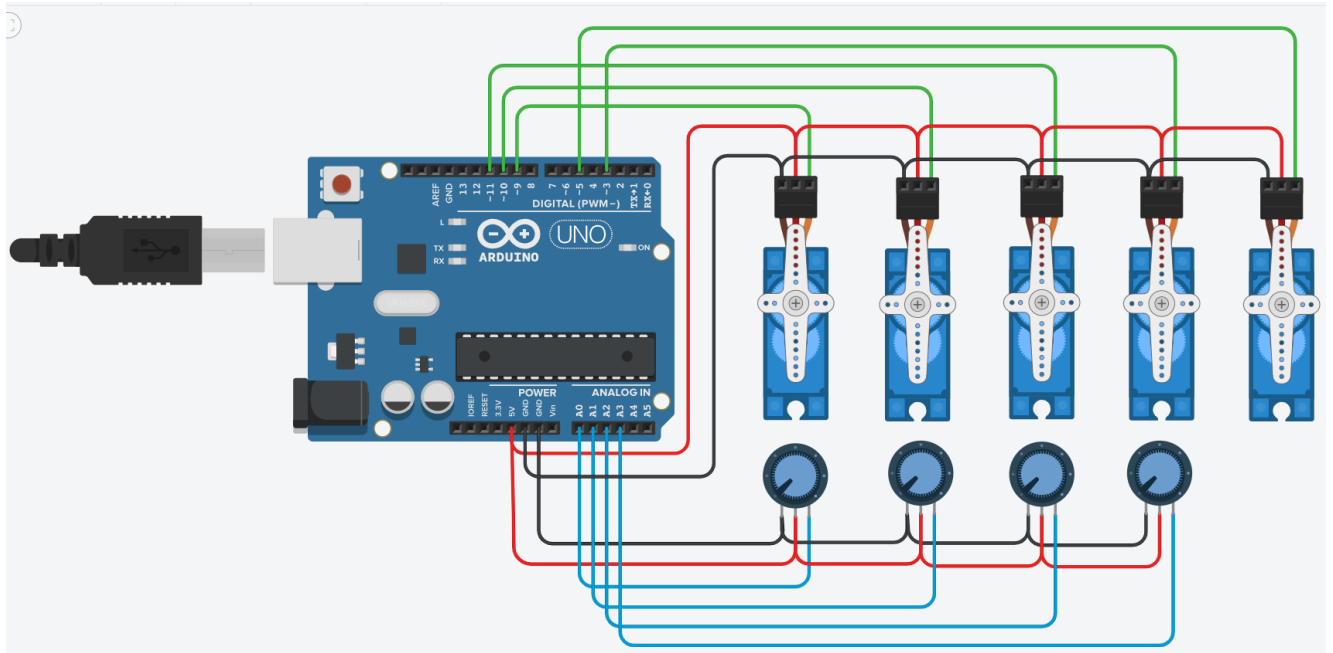


Рисунок 1.20. Модель підключення до Arduino UNO серводвигунів та потенціометрів

Серводвигун під'єднано до плати Arduino UNO трьома дротами: живлення, земля і сигнальний провід. Контакт живлення (зазвичай червоного кольору) має з'єднуватися з контактом 5В плати Arduino. Контакт землі (як правило, чорний або коричневий) має бути приєднаний до відповідного виводу на платі Arduino. Сигнальний провід (зазвичай жовтого, оранжевого або білого кольору) має з'єднуватися з цифровим виводом Arduino. Слід переконатися, що виводи землі Arduino і зовнішнього джерела живлення з'єднані разом. Серводвигуни споживають відносно великий струм, тому при необхідності керування двома або більше двигунами треба жити їх від окремого джерела живлення (не використовуючи контакт Arduino + 5В) [13]. Принципова схема підключення серводвигунів та потенціометрів показана на рис.1.21.

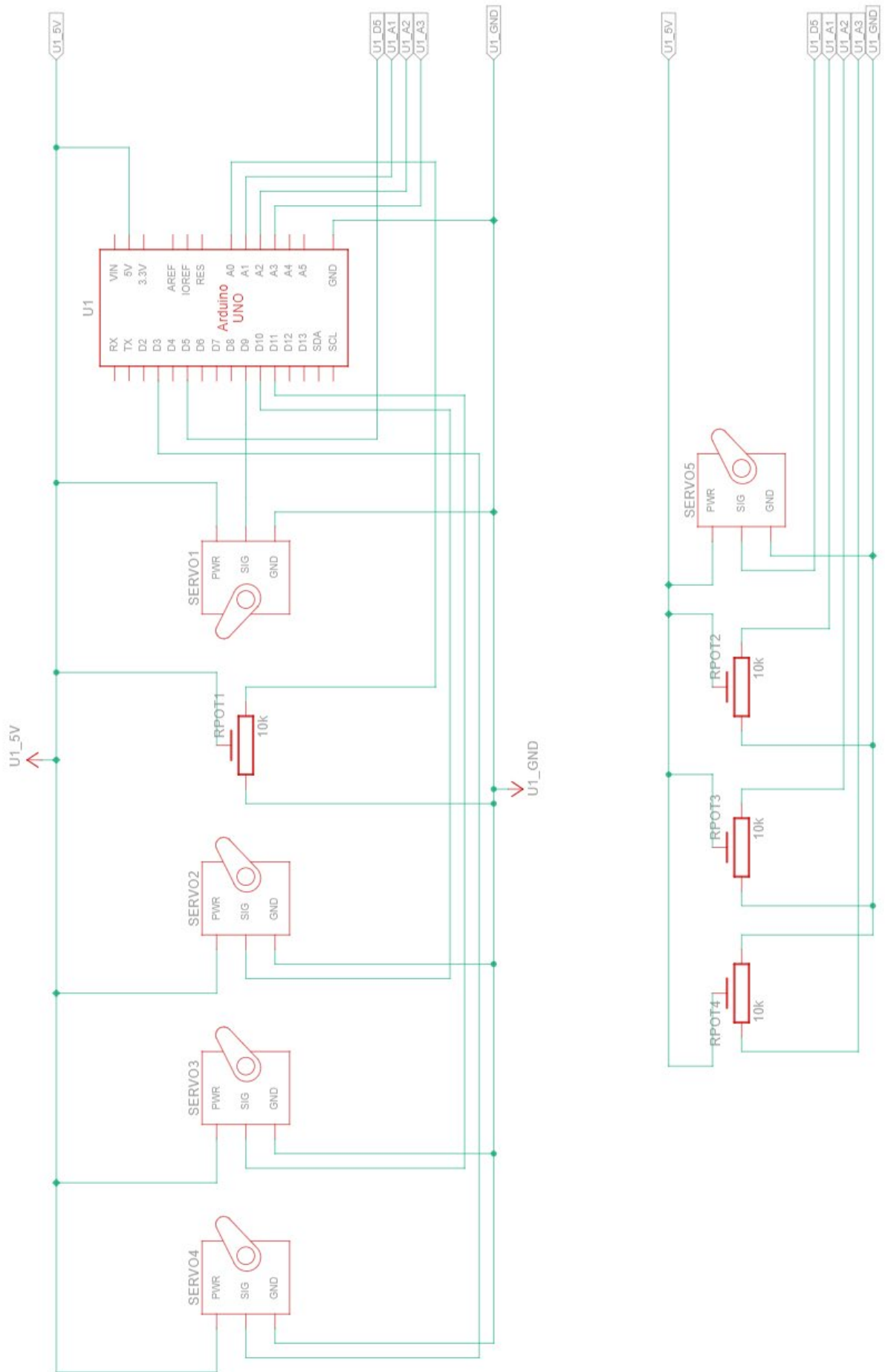


Рисунок 1.21. Принципова схема підключення серводвигуна та потенціометра

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

36

На рис.1.22 показана схема підключення серводвигунів та потенціометрів для керування роботою робота-маніпулятора, що буде реалізована у даному проекті. На схемі позначені відповідності серводвигуни і потенціометрів в позиціях 1-5.

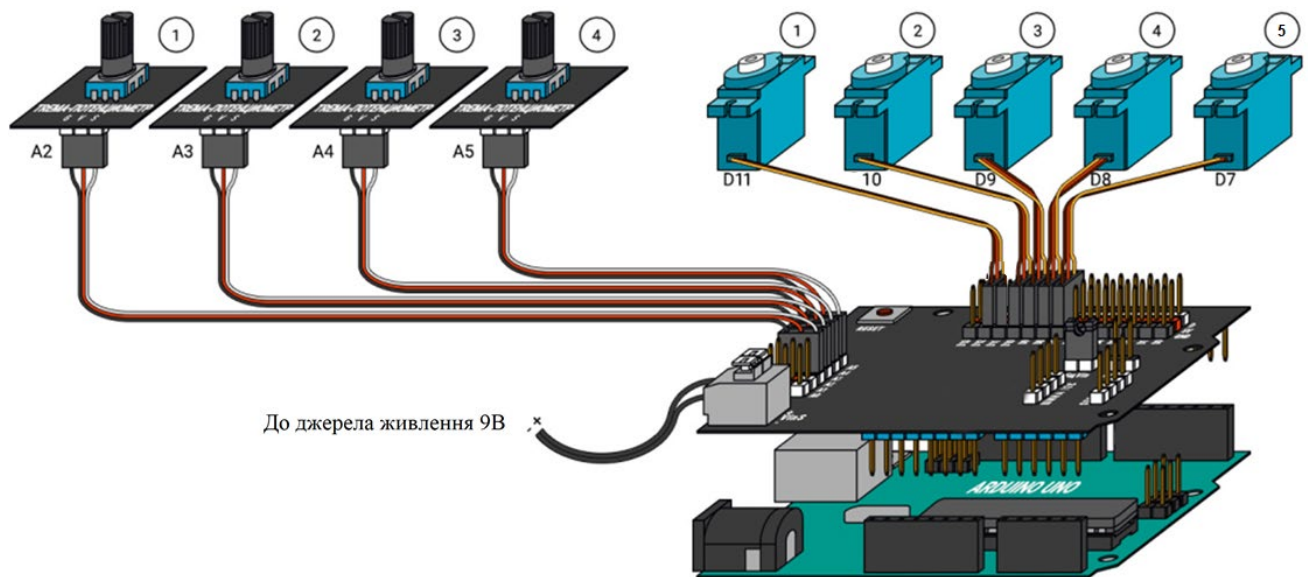


Рисунок 1.22. 3D-модель підключення компонентів до плати керування

Створення моделі та макету робота-маніпулятора

Платформа Arduino має стандартизоване розташування всіх виводів для мікроконтролера, а також однакові габарити в межах однієї моделі продукту. Деякі з них мають додаткові елементи, що дозволяють здійснювати контроль напруги живлення, що подається і USB, який завдяки своїй універсальності може і заряджати плату, і використовуватися для зв'язку мікроконтролера з комп'ютером. Однією з найкращих варіантів сімейства цих плат є модель Arduino UNO R3. Даний комплект поставляється в повністю розібраному вигляді. У комплекті міститься плата ручного керування і плата живлення. Компоненти: регульовальні резистори на 10кОм; рукоятки-крутилки; роз'єм для живлення; гвинтовий роз'єм для живлення; джампер.

Плата керування сервомоторами Arduino UNO R3 має власний роз'єм живлення, а також роз'єм USB type-B для з'єднання з комп'ютером. Робоча напруга становить 5 В. Але вхід для зовнішнього живлення розрахований на 7-12

В. Експериментально було встановлено, що для роботи вистачає мінімальної напруги 6 В, а максимум, який плата може витримати – 20 В. Але краще не відхилятися від рекомендованих параметрів, щоб не було небажаних ситуацій, як-то вихід з ладу і йому подібні варіанти, залежні від подачі напруги. Система енергопостачання влаштована таким чином, що відбувається автоматичне перемикання з USB-порту на інше джерело енергії, якщо останній подає більше 6,7 В. Такі вимоги до наданого напруги для Arduino UNO R3, схема підключення і живлення були розроблені для оптимальної роботи плати. Плата Arduino UNO R3 може змусити працювати МК і на більш низькому (3,3 В) напруги, але тільки через те, що він сам функціонує на частоті 8 МГц. Плата ж вимагає 16 МГц і, відповідно, більшої напруги. Адаптер живлення в комплекті розрахований на живлення від мережі змінної напруги 100-240 В, а напруга на виході складає 5В при струмі споживання 2А. Мікросхема chip-rail ст6203 по даташиту видає максимальний струм 600 мА. У комплекті є ключ-шестигранник для збірки, а також маленький гайковий ключ. Перед збіркою необхідно всі деталі були очищені від плівки. Процес збірки роботу-маніпулятора показана на рис.1.23-1.27.

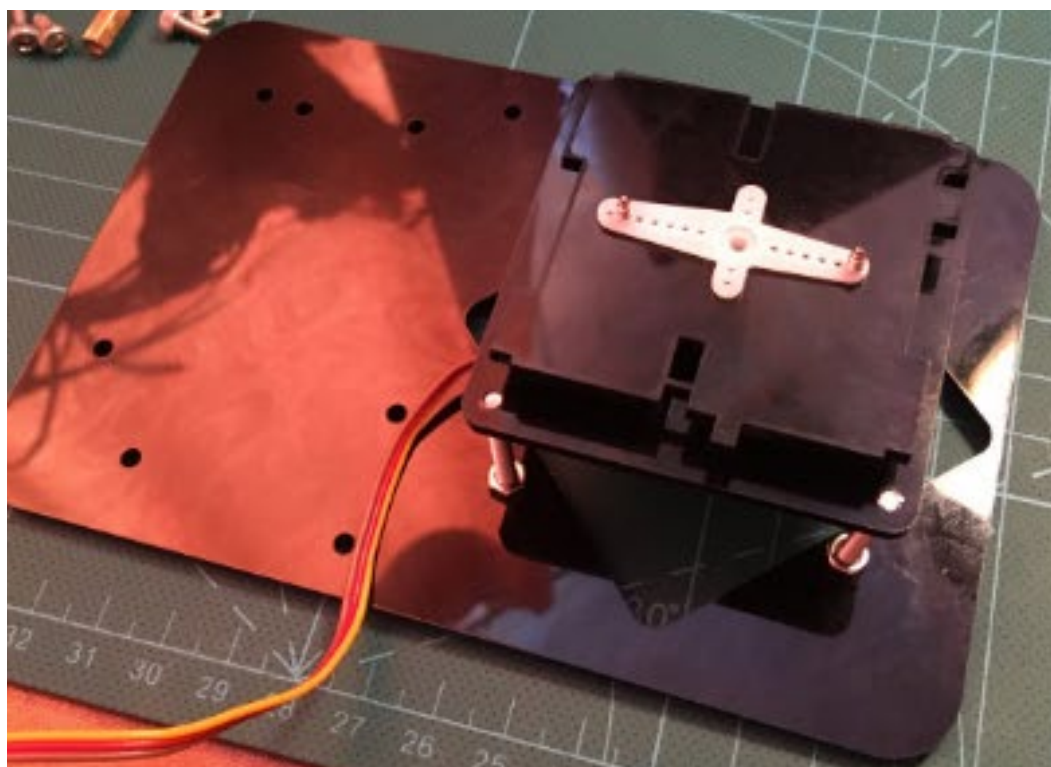


Рисунок 1.23. Етап 1 збірки роботу-маніпулятора

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

38

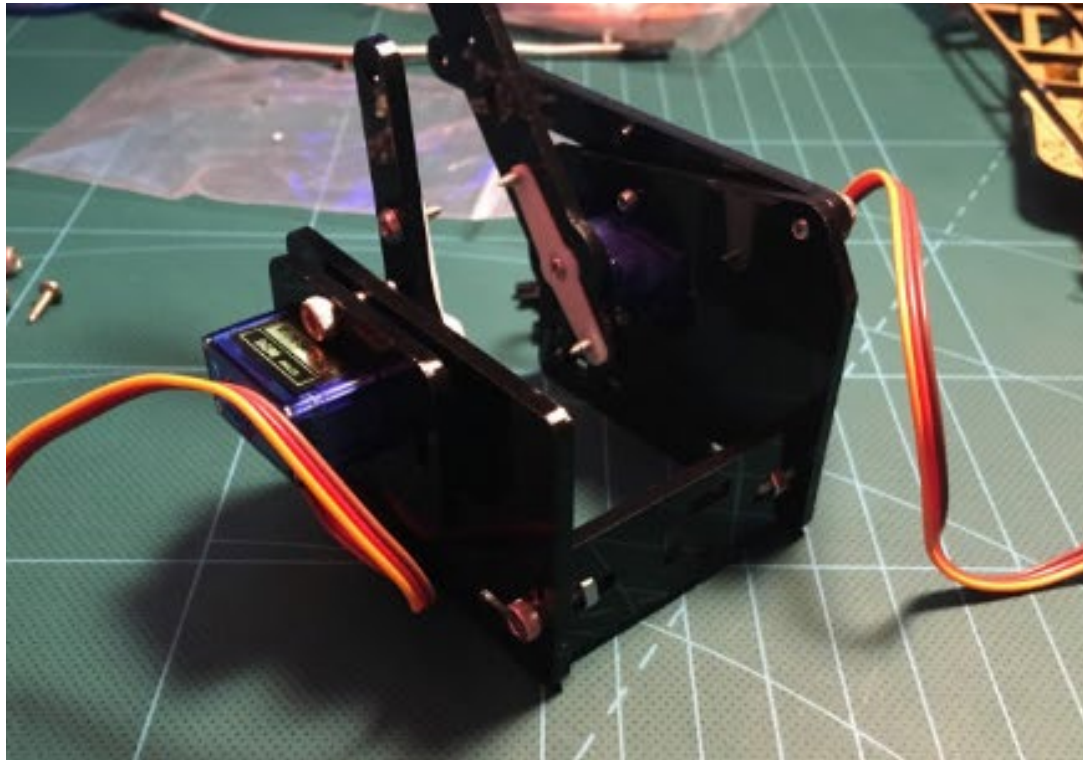


Рисунок 1.24. Етап 2 збірки роботу-маніпулятору

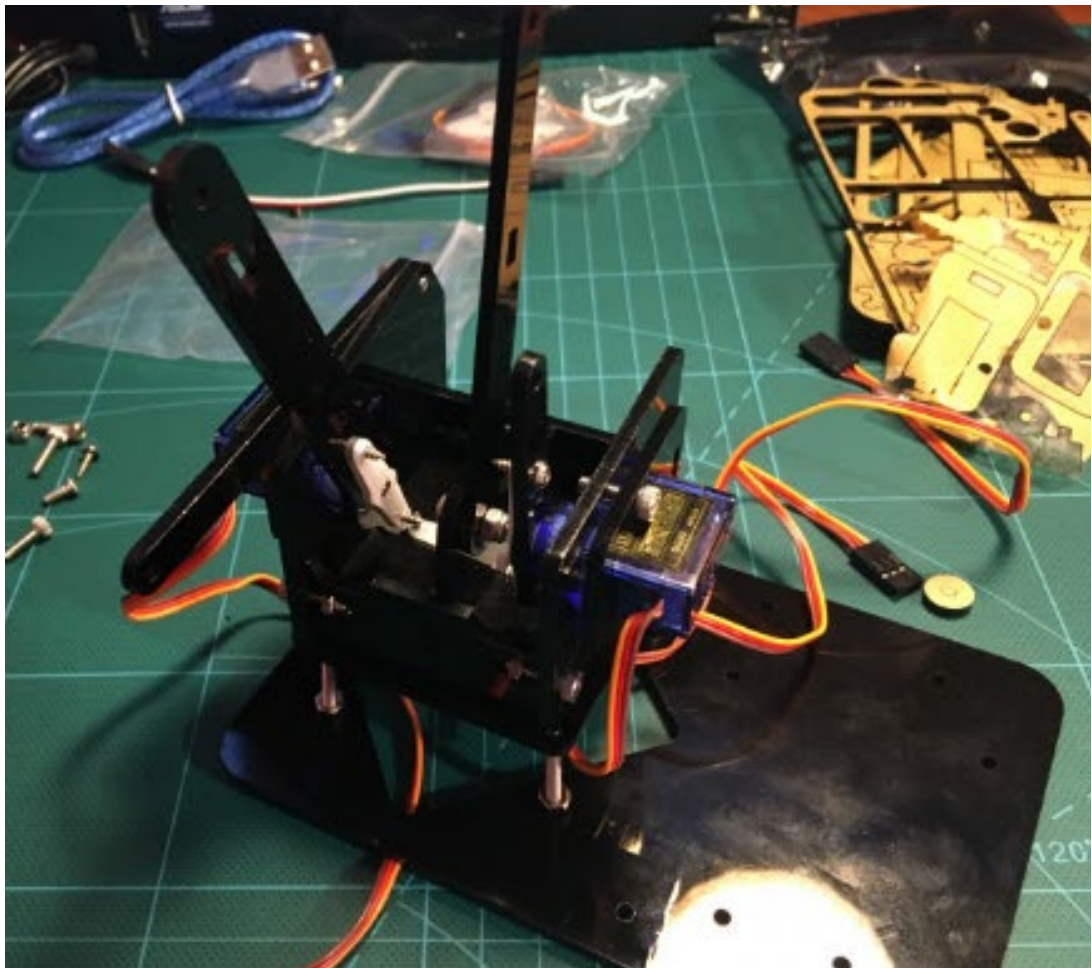


Рисунок 1.25. Етап 3 збірки роботу-маніпулятору

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

39



Рисунок 1.26. Етап 4 збірки роботу-маніпулятору



Рисунок 1.27. Етап 5 збірки роботу-маніпулятору

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

40

Плату Arduino UNO R3 треба кріпити на основу за допомогою трьох гвинтів. До роз'єму Bluetooth можна підключити модуль для бездротового керування.

Всередині активної частини розміщено такі елементи активного переміщення як: кроковий двигун UNO та потенціометр BOURNS 3590S. Для роботи рукоятки в парі з захватом та активною частиною було прийнято рішення про необхідність встановлення 5 серводвигунів типу MG995.

Даний двигун було підібрано на основі проаналізованих прикладів роботів-маніпуляторів, а також у задоволенні характеристиками двигуна вимог, які було висунуто до даної частини конструкції. Основною задачею рукоятки та її плечей є передача крутного моменту від активної частини до захвату, таким чином робот-маніпулятор матиме 5 ступенів свободи. Для реалізації складання даної конструкції необхідно було використати такі матеріали:

- гвинти М3х8мм, М3х10мм, М3х63мм та М3х16мм; гайка М3х10 мм;
- підшипники типу 688zz з розміром 8мм х 16мм х 5мм;
- серводвигун MG90g.

Однією з найважливіших елементів робота-маніпулятора є зона захвату. Для реалізації роботи зони захвату було застосовано такі матеріали:

- гвинти М3х25мм, М3х10 мм, М3х8мм;
- підшипники типу 9g;
- серводвигун MG90g.

Всі отвори було зашліфовано так як при друку неможливо досягнути точного розміру отвору під гвинт та підшипники. При друку деталей рукоятки щільність заповнення деталей матеріалом була виставлена не менше ніж 70%. З'єднання зони захвату виконане у вигляді двох деталей з перфорованою внутрішньою частиною, що необхідне для чіткого захвату деталей при роботі з роботом-маніпулятором [14].

Модель зібраного робота-маніпулятора (рис.1.28) готова до програмування та подальшого використання згідно запланованих цілей застосування.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

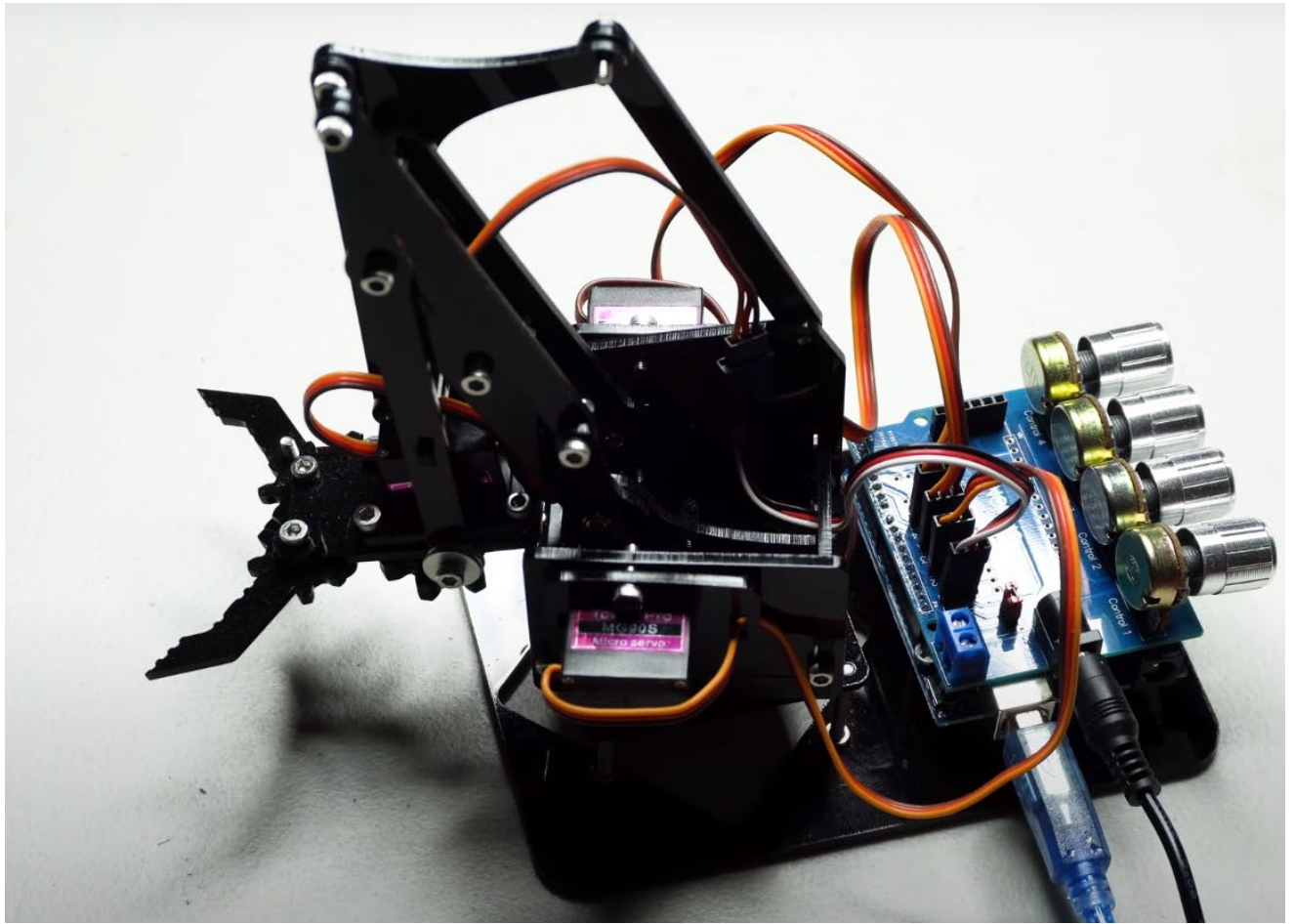


Рисунок 1.28. Макет зібраного робота-маніпулятора

1.6 Розробка програмного забезпечення робота-маніпулятора

Для програмування сконструйованого робота-маніпулятора необхідно розробити скетч для платформи Arduino. Підключення плати до комп'ютера відбувається через програмне середовище Arduino UNO. Це програмне забезпечення для користувачів операційної системи Windows, яке дозволяє писати свої програмні коди для платформи Arduino. Ця платформа в першу чергу орієнтується на конструкторів, які збираються програмувати у менш ніж промислових масштабах, а також для тих хто застосовує Arduino для побудови простих систем автоматики і робототехніки. Arduino UNO складається з достатньо простого текстового редактора коду, компілятора та менеджера проєктів, а також модуля для завантаження прошивки в мікроконтролер. Це інтегроване середовище написано на мові програмування Java і базується на програмному забезпеченні з відкритим кодом. Мовою програмування Arduino є

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

42

стандартна мова C ++ (використовується компілятор AVR-GCC).

Дане програмне середовище має такі переваги:

- зручний для використання і розуміння інтерфейс;
- доступність до завантажування;
- можливість поглибити знання мови C++;
- наявність необхідних для роботи інструментів;
- функції збереження, експорту, перевірки, пошуку, заміни скетчів.
- кілька варіантів мов програмування;
- програма сумісна з усіма версіями операційних систем Windows;
- вбудований набір прикладів програм.

Після завантаження Arduino UNO на комп'ютер підключається платформа Arduino до комп'ютера. З'єднання Arduino з комп'ютером відбувається через USB-кабель. Індикатором правильного підключення слугує світлодіод «ON», який загорається на платі, а також починає блимати світлодіод «L». Це означає, що на плату подано живлення, і мікроконтролер Arduino почав виконувати прошивку на заводі програму «Blink» (миготіння світлодіодом).

Щоб налаштувати Arduino UNO на роботу з конкретною моделлю плати Arduino, нам необхідно сповістити програму про те, з якою саме платою буде проводитись робота. Для цього потрібно в меню «Інструменти» обрати категорію «Плата» та обрати модель плати, яка використовується.

Після того, як плата підключена, переходимо до завантаження коду. Arduino UNO містить достатньо готових прикладів, завдяки яким можна скомпілювати свій власний програмний код.

Бібліотека Servo для сервоприводу роботу-маніпулятора надає такі функції:

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

Даною функцією можна вказати пін, до якого підключено керуючий канал серводвигуна. Синтаксично дана команда описується так:

`servo.attach (pin)` або `servo.attach (pin, min, max).`

Параметри, що застосовуються у даній синтаксичній команді:

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- Servo – об'єкт класу Servo;
- pin – номер порту до якого підключено серводвигун;
- min (опціонально) – ширина імпульсу в мікросекундах встановлює положення вала серви в 0 градусів (по замовчуванню 544);
- max (опціонально) – ширина імпульсу в мікросекундах встановлює положення валу серводвигуну в 180 градусів (по замовчуванню 2400).

Приклад застосування бібліотеки при написанні коду керування роботом-маніпулятором:

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup ()
{
myservo.attach (9);
}
void loop () {}
```

Програмування серводвигуна здійснюється напряму через електронну плату та не викликає особливих труднощів при заданні вихідних параметрів роботи.

Код програми для керування роботом-маніпулятором:

```
#include "VarSpeedServo.h"
#include <EEPROM.h>
//120a120b120c120d
//90a90b90c90d
//120A120B120C120D
//90a90b90c90d
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(6);
Serial.begin(9600);
Serial.write("begin");
}
void loop()
{
static int v = 0;
if ( Serial.available())
{
char ch = Serial.read();
switch(ch) {
case '0'...'9':
v = v * 10 + ch - '0';
Serial.println(v);
break;
case 'a':
{
if(mode==1)
servo1.write(v,10);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'b':
{
if(mode==1)
servo2.write(v,10);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'c':
{
if(mode==1)
servo3.write(v,10);
}
v = 0;
Serial.println(v);
}
}
}

```

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

45

```

break;
case 'd':
{
if(mode==1)
servo4.write(v,10);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'A':
{
if(mode==1)
servo1.write(v,10,1);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'B':
{
if(mode==1)
servo2.write(v,10,1);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'C':
{
if(mode==1)
servo3.write(v,10,1);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'D':
{
if(mode==1)
servo4.write(v,10,1);
}
v = 0;
Serial.println(v);
break;
case 'W':
{ delay(2000);
}
}

```

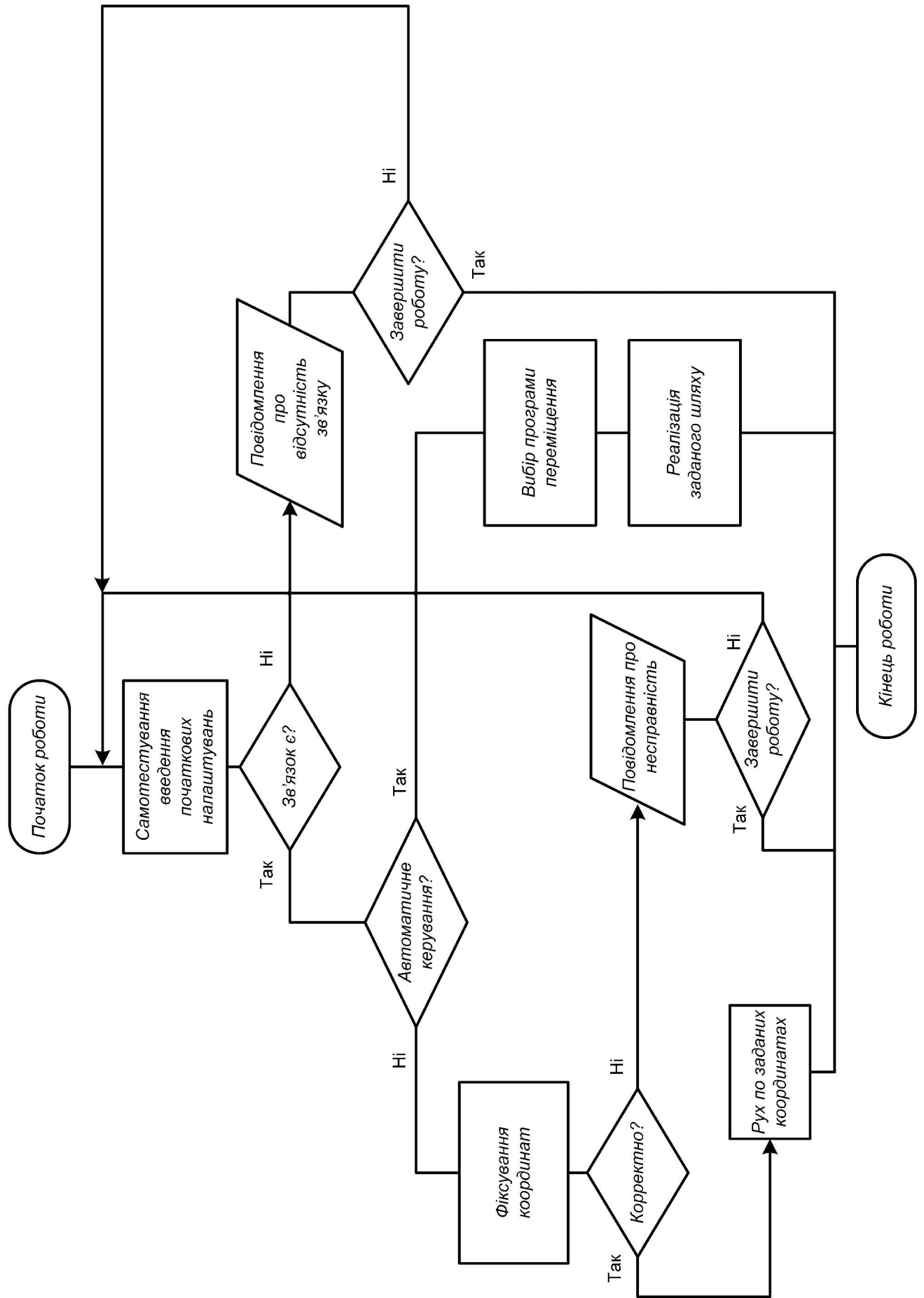



Рисунок 1.29. Блок-схема алгоритму роботи робота-маніпулятора

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

48

Після створення програмного коду та програмування плати Arduino робот-маніпулятор налаштований на роботу. Працює робот-маніпулятор без підключення до комп'ютера, а керування здійснюється вручну.

На рис. 1.29 показано алгоритм роботи робота-маніпулятора у вигляді блок-схеми. Початок роботи починається з включення робота та самотестування. Також на даному етапі вводяться початкові налаштування. Після проведення налаштувань проводиться аналіз зв'язку з пристроєм, і якщо зв'язок є обирається режим керування.

Можливі два варіанти режиму керування: ручний та автоматичний. Автоматичний режим передбачає рух активної частини по траєкторії, яка попередньо задана програмним кодом. При виборі ручного керування відбувається фіксування координат та аналіз коректності координат. Якщо координати задані коректно, робот-маніпулятор виконує рух по заданих координатах, якщо ні – повідомляється про некоректність координат та програма або завершує роботу, або переходить до початкового етапу – вибору керування. Після виконання запрограмованих дій програма завершує роботу та повідомляє про кінець роботи. На рис.1.30 показане вікно СОМ-порту з даними налаштувань.

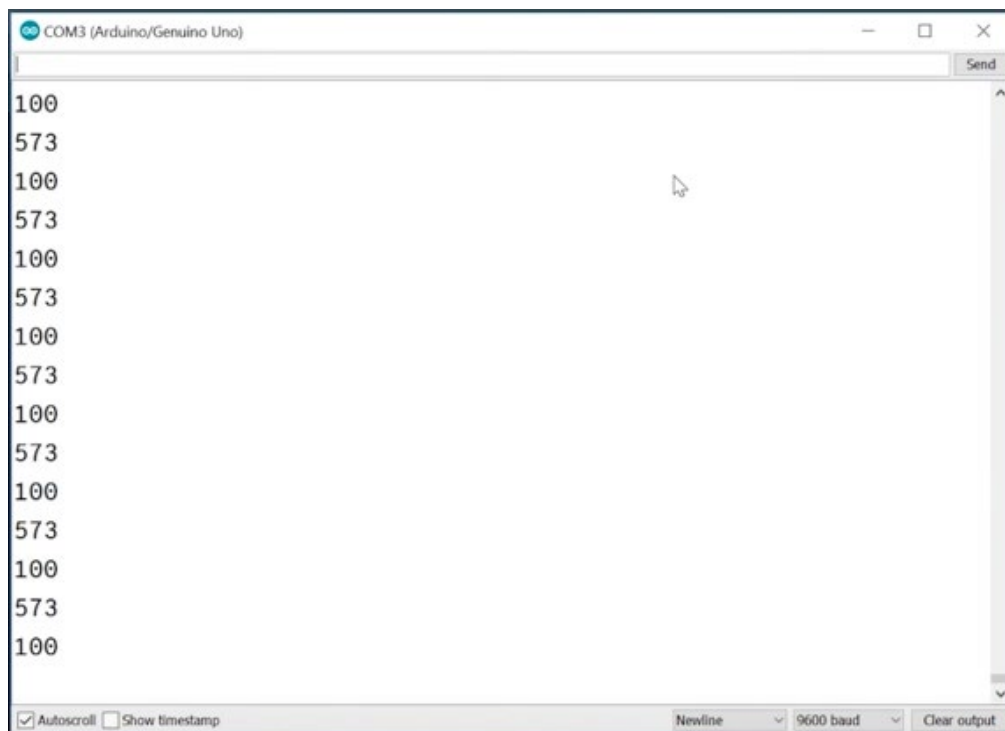


Рисунок 1.30. Діагностична інформація з порту при роботі маніпулятора

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної роботи «Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino». Розроблений пристрій призначений для перенесення та позиціонування дрібних речей, роботи з небезпечними речовинами, реалізації гральних автоматів і т.п.

Даний вид проекту відноситься до науково-дослідницької розробки. Оцінка якості розробленого проекту включає визначення трудомісткості і вартості його створення. Розрахунок трудомісткості НДР здійснений в наступній послідовності:

1) Складений перелік всіх етапів і видів робіт, які необхідно виконати в ході даної НДР. Після узгодження з керівником проекту допущено виключення, доповнення, об'єднання окремих етапів і видів робіт;

2) По кожному виду робіт визначений кваліфікаційний рівень виконавців. Розподіл робіт по етапах і видах виконавців вироблений формою, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розподіл робіт по етапах і видах виконавців

Етап проведення НДР	Вид роботи	Посада виконавця
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1. Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino»	Дипломник, керівник
Вибір напрямку дослідження	1. Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота. 2. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка. 3. Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки. 4. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник керівник
	1. Огляд існуючих роботів-маніпуляторів. 2. Розробка структури та конструкції роботу-	

Теоретичні і експериментальні дослідження	маніпулятора. 3. Підключення серводвигунів до плати Arduino. 4. Створення моделі та макету роботу-маніпулятора. 5. Розробка програмного забезпечення роботу-маніпулятора.	Дипломник керівник консультанти
Узагальнення і оцінка результатів досліджень	1. Узагальнення результатів попередніх етапів роботи. 2. Оцінка повноти вирішення поставлених завдань. 3. Проведення додаткових досліджень, розробка рекомендацій по використанню результатів проведення НДР, а також рекомендацій по реалізації проекту в цілому. 4. Складання і оформлення звіту. Розгляд результатів проведеною НДР і прийняття результатів в цілому.	Дипломник керівник консультанти

В умовах відсутності нормативної бази тривалість виконання окремих робіт розраховується на основі вірогідних оцінок робіт, що задаються виконавцями.

Таблиця 2.2. Очікувана трудомісткість робіт

Вид роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1. Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino»	3
2. Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота	4
3. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка	2
4. Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки	2
5. Аналіз аналогів для пристрою робота-маніпулятора	3
6. Створення структурної схеми пристрою робота-маніпулятора	2
7. Розробка функціональної схеми пристрою і її розрахунок	4
8. Вибір елементної бази та аналіз компонентів розробки	2

9. Розробка схеми підключення компонентів пристрою	2
10. Збірка макету пристрою та його налаштування	3
11. Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера платформи Arduino	2
Всього:	29

Результатом виконання НДР є науково-технічна продукція, що є закінчені науково-дослідницькі роботи, виконані відповідно до вимог, передбачених договором, і прийнятими замовником. Розрахунок собівартості і ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, і деякі інші.

1) Витрати на матеріали, купувальні комплектуючі, напівфабрикати визначають на основі розрахунку потреби в них за оптовими цінами, що діють, і складають 200 грн.

2) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо притягнених до її виконання. Розмір основної зарплати встановлюється виходячи з чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, а також їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2023» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 січня 2023 року – 6700 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 40,46 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$\text{Зден} = \text{п.т.с.} * 8 \quad (2.1)$$

де п.т.с – погодинна тарифна ставка, грн.;

8 – тривалість робочого дня, год.

Зден дипломника = $40,46 * 8 = 323,68$ грн.

Зден керівника = $69,00 * 8 = 552$ грн.

Зден консультантів = $66,00 * 8 = 528$ грн.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються в собівартість, приведені в табл.2.3.

Таблиця 2.3. Витрати на основну заробітну плату

Виконавець	Погодинна тарифна ставка, грн.	Денна ставка, грн.	Трудомісткість робочих днів	Сума основної зарплати, грн.
Дипломник	40,46	323,68	29	9386,72
Керівник	69,00	552	1	552
Консультант по економічній частині	66,00	528	0,25	132
Консультант по охороні праці	66,00	528	0,25	132
Нормоконтроль	66,00	528	0,25	132
Всього (Зо)				10334,72

3) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках від основної і враховують виплати за час, що не пропрацював, встановлений законом. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-12% від основної заробітної плати.

$$Зд = 10\%Zo \quad (2.2)$$

$$Зд = 10334,72 * 0,10 = 1033,47 \text{ грн}$$

4) До складу собівартості НДР включаються податки, збори і інші обов'язкові платежі, встановлені системою оподаткування що діє. Сума до єдиного соціального внеску складає:

Відрахування до єдиного соціального внеску складає:

$$Зесв = 0,22 * (Zo + Zd) \quad (2.3)$$

$$Зесв = 0,22 * (10334,72 + 1033,47) = 2501,0 \text{ грн.}$$

5) До накладних витрат відносять витрати на управління і господарське обслуговування, що відноситься до всіх виконуваних НДР. У наукових закладах накладні витрати складають 40-120% від основної і додаткової заробітної плати.

$$Рнакл = (Zo + Zd) * 0,5 \quad (2.4)$$

$$Рнакл = (10334,72 + 1033,47) * 0,5 = 5684,09 \text{ грн.}$$

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому НДР за формою, приведеною в табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Калькуляція планової собівартості

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

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$\text{Ппл} = 0,1 * \text{Спл} = 0,1 * 19753,28 = 1975,32 \text{ грн.} \quad (2.5)$$

де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції.

Договірна ціна визначається по формулі:

$$\text{Цнір} = \text{Спл} + \text{Ппл} = 19753,28 + 1975,32 = 21728,6 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

Звідси ціна реалізації становить:

$$\text{Цр} = \text{Цнір} + \text{ПДВ} \quad (2.7)$$

$$\text{Цр} = 21728,6 + 21728,6 * 0,2 = 26074,32 \text{ грн.}$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Шкідливі чинники під час роботи на ПК. Зараз виявлено прямий зв'язок між застосуванням ПК і багатьма захворюваннями, а саме: погіршенням зору, болями у спині і ділянці шиї, болями у кистевих, ліктьових і плечових суглобах, порушенням сну, хронічним головним болем. Основними симптомами синдрому комп'ютерного зору є стомленість очей, двоїння в очах (диплопія), порушення сприймання кольорів, слезоточиві очі. Синдром інтернету – сильна залежність та втрата контролю над своїми діями у разі тривалої роботи за комп'ютерами.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Санітарно – гігієнічні нормативи для працівників організації, яка оснащена комп'ютерами і оргтехнікою, регламентуються ДСанПіН 3.3.2-007-98 “Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин”. Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ПК, до організації і обладнання робочих місць наведені в ДСанПіН 3.3.2.007-98. Розміщення робочих місць з ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено. Площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 м², а об'єм – не менше ніж 20,0 м³, відстань між робочими щонайменше 2,5 м у ряду і 1,2 м між рядами. Стіни приміщень треба фарбувати у пастельні тони з коефіцієнтом відбиття 0,5 – 0,6.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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 ²
Крісло	Підйомно-поворотні з регулюванням висоти та нахилу спинки
Повітрообмін	Нормальний (привітрювання, 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.

3.2.2 Вимоги до організації робочого місця працівника

Робоче місце – це зона трудової діяльності співробітника, яке оснащено необхідними засобами для виконання посадових обов'язків.

Організація робочого місця оператора комп'ютерного набору починається з оснащення його меблюю, спеціальними обладнанням, канцелярськими приладами. В обов'язковий набір меблі повинні входити:

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- канцелярський стіл з рухомою тумбою;
- комп'ютерне крісло;
- допоміжний стіл або підставки до оргтехніки;
- шафа для збереження документів;
- сейф для збереження документів, бланків, штампів та печаток;
- стілець для відвідувачів.

Конструкція робочого місця користувача ЕОМ (при роботі сидячи) має забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг стегна – в горизонтальній площині; передпліччя – вертикально; лікті – під кутом 70°-90°. Якщо користування ЕОМ є основним видом діяльності, то вказане обладнання розміщується на основному робочому столі, як правило, з лівого боку.

Робочий стіл для ЕОМ повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною мм, має бути обладнаним підставкою для ніг шириною не менше 300 мм та глибиною не менше 400 мм, з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні – в межах 20 град. Підставка повинна мати рифлену поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче сидіння (сидіння, стілець, крісло) користувача ЕОМ та повинно мати такі основні елементи: сидіння, спинку та стаціонарні або знімні підлокітники:

- Ширина та глибина сидіння повинні бути не меншими за 400 мм. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400-500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15° вперед, до 5° назад;
- Поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим;
- Екран ЕОМ та клавіатура мають розташування на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахування розміру алфавітно-цифрових знаків та символів;
- Робоче місце з ЕОМ слід оснащувати пюпітром (тримачем) для документів, що легко переміщується, Пюпітр (тримач) для документів повинен бути

рухомим та встановлюватись вертикально (або з нахилом) на тому з рівні та відстані від очей користувача ЕОМ;

- Розміщення принтера або іншого пристрою введення-виведення інформації на робочому місці має забезпечувати добру видимість екрану, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті 900-1300 мм, по глибині 400-500 мм;
- Під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму.

3.2.3 Мікроклімат

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-втяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86 (табл.3.2).

Таблиця 3.2. Параметри мікроклімату в залежності від категорії робіт

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодна	легка-1 а	22 – 24	40 – 60	0,1
	легка-1 б	21 – 23	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 – 25	40 – 60	0,1
	легка-1 б	22 – 24	40 – 60	0,2

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80 (табл.3.3).

Таблиця 3.3. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n +	n –
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 – 3000	3000 – 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

3.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека виробничих, складських та офісних будівель і приміщень – це комплекс заходів, покликаний зберегти людське здоров'я і життя в екстрених ситуаціях. Заходи щодо забезпечення безпеки розробляються органами Міністерства внутрішніх справ України, Державною службою з надзвичайних ситуацій та іншими відомствами і організаціями.

Для гасіння пожеж на робочому місці використовують вуглекислотні та порошкові вогнегасники. Вуглекислотні вогнегасники випускаються як ручні (ВВК-5). Порошкові вогнегасники ВП-2, ВП-5, ВП-10 та ін. Вогнегасники повинні бути розташовані на вертикальній перегородці або стіні, на спеціальних кронштейнах або в пожежних шафах. Інструкції та правила щодо їх використання, нанесені на корпус вогнегасника, повинні бути повернені назовні і добре видно в екстрених ситуаціях. Механізми запуску і двері пожежних шаф повинні мати захисні пломби (рис.3.1).



Рисунок 3.1. Пожежна шафа

У приміщенні виконуються усі вимоги по пожежній безпеці відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні”. У приміщенні також маєтся план евакуації на випадок виникнення пожежі. Час евакуації відповідає вимозі СНиП 2.01.02-85, а максимальне видалення робочих місць від евакуаційних виходів відповідає СНиП 2.09.02-85.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

В ході дипломної роботи була сконструйована модель робота-маніпулятора на платформі Arduino UNO, керування яким було реалізоване за допомогою програми-скетча, створеного мовою C++ у Arduino IDE. Створене програмне забезпечення протестоване з використанням локального брокера, реалізованого на локальному x86-сумісному ПК.

Проведений при виконанні дипломного проекту огляд та аналіз існуючих розробок показав, що хоча галузь автоматизації та робототехніки є досить розвиненою, застосування роботизації для потреб неруйнівного контролю і побутової сфери є незначним. Кожна промислова роботизована система є вузькоспеціалізованою і потребує значного часу на розробку і впровадження. Також багато систем працюють за «жорсткими алгоритмами» (наприклад, рух тільки за заданою траєкторією), але актуальною задачею є розробка алгоритмів руху первинних перетворювачів для неруйнівного контролю об'єктів складної форми, які дозволяли б орієнтуватись в просторі на основі аналізу сигналів із додаткових датчиків, таких як датчик положення, відстані і т.п.

В даному дипломному проекті була розроблена і реалізована модель робота-маніпулятора, яка може бути застосована (при певній доробці механічної частини) для перенесення та позиціонування дрібних речей, роботи з небезпечними речовинами, реалізації гральних автоматів і т.п. Для навчальних цілей деталі конструкції маніпулятора створені з пластику за допомогою 3D-принтеру. На основі проведеного у роботі аналізу підібрані моделі сервоприводів та проведено моделювання їх

Програма керування роботом-маніпулятором побудована за розробленою блок-схемою алгоритму керування для мікроконтролера Arduino UNO. Передбачено ручний та автоматичний режим керування, зокрема в автоматичному режимі задано рух активної частини по траєкторії відповідно до створеного алгоритму.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні : практикум / [Ю. І. Муляр, В. П. Пурдик, С. В. Репінський та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 133 с.
2. Ляшенко О., Мартинюк О. Моделювання та дослідження електронних пристроїв. Луцьк: Схід.європ. нац. ун-т ім. Л. Українки, 2013. – 217 с.
3. Лісовець С.М. Автоматизована система керування промисловим роботом МП-9С / С.М. Лісовець, С.В. Барилко, В.Г. Здоренко, І.Л. Ківа // Вісник інженерної академії України. – 2018. – № 3. – С. 112–116.
4. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.
5. Саймон Монк Программируем Arduino. Основы работы со скетчами. СПб.: Питер, 2017.
6. ABB's 6 axis robot – for flexible and compact production. Електронний ресурс <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-120>
7. Technical data for the IRB 120 industrial robot. Електронний ресурс <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-120/irb-120-data>.
8. OSTOPUZ robotics. Електронний ресурс <https://octopuz.com>
9. Скарпино М. Двигатели для моделистов. Руководство по шаговым двигателям, сервоприводам / Мэттью Скарпино – М: Вильямс, 2016 – 432 с.
10. Сервоприводи в пакувальному обладнанні.
Електронний ресурс <http://www.proelectro.info/content/detail/3679>
11. Використання сервоприводів при автоматизації обладнання.
Електронний ресурс <http://bezremonta.net/elektrika/2859-.html>
12. Точність і динаміка сервоприводів. Електронний ресурс https://www.nord.com/cms/ua/nord_group/news_and_press/articles_1
13. Arduino Servo Attach. Електронний ресурс <https://www.arduino.cc/en/Reference/ServoAttach>
14. Servo library. Електронний ресурс <https://www.arduino.cc/en/Reference/Servo>.

					КС 56. 20. 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino

Розробив: Фіщенко Ілля, гр.4КС-56, ВСП "ОТФК ОНТУ"

Керівник: Скорняков В.С.

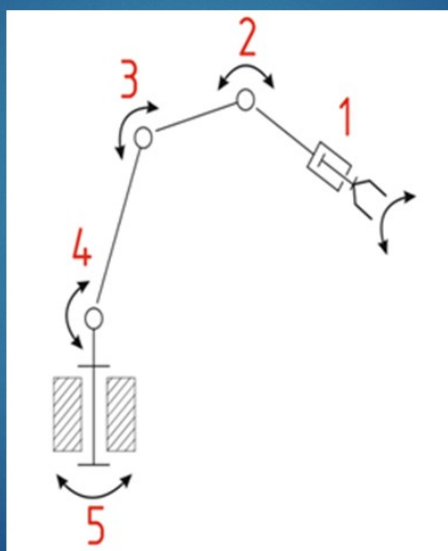
Узагальнена структурна схема побудови робота-маніпулятора



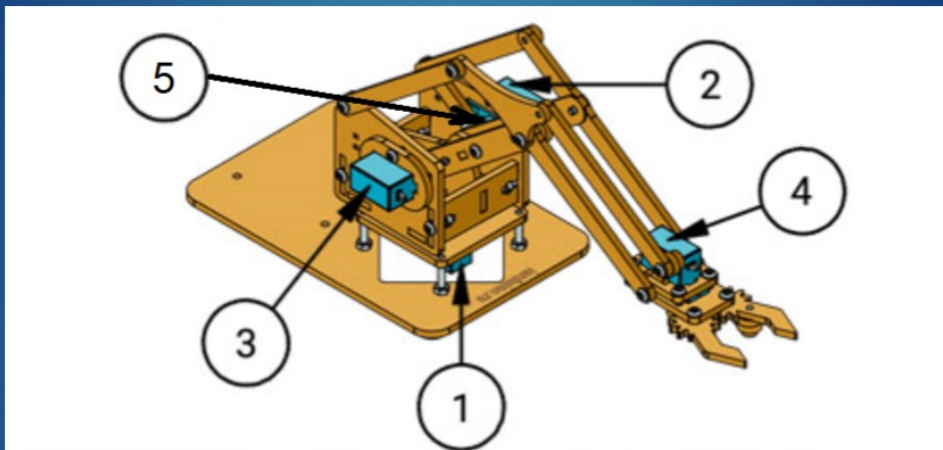
Модель захвату роботу-маніпулятору



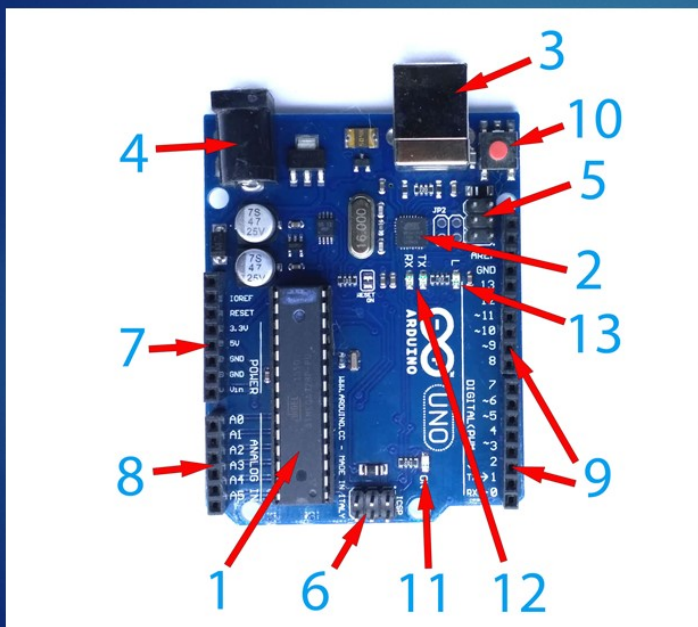
Схема роботи кінематичного механізму роботу-маніпулятору



Макетна модель розташування серводвигунів робота-маніпулятора

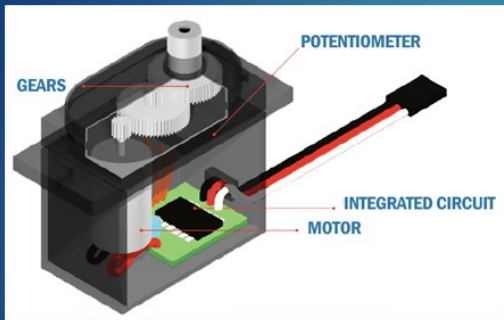


Зовнішній вигляд і склад плати Arduino UNO R3

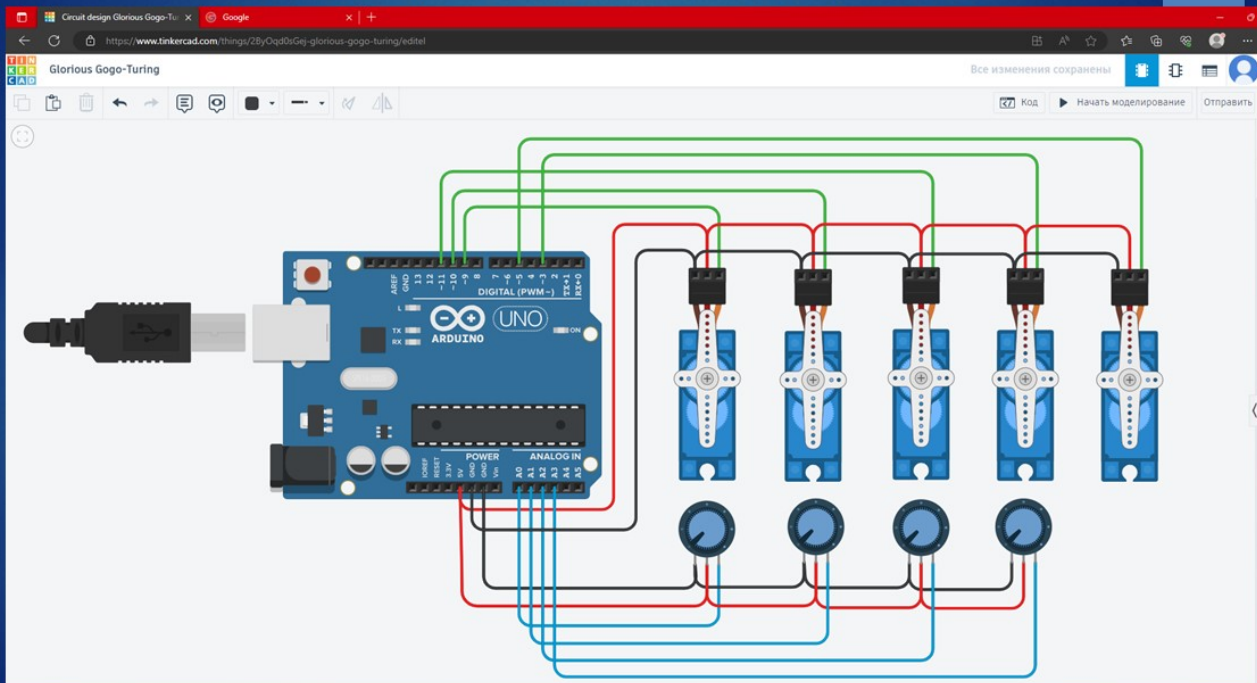


1. Мікроконтролер ATmega328P як головний процесор.
2. Мікроконтролер ATmega16U2 для зв'язку з комп'ютером через порт USB.
3. USB роз'єм для завантаження програм та подачі живлення на плату.
4. Гніздо для підключення від зовнішнього джерела живлення.
5. ICSP роз'єм для прошивки ATmega16U2.
6. ICSP роз'єм 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.

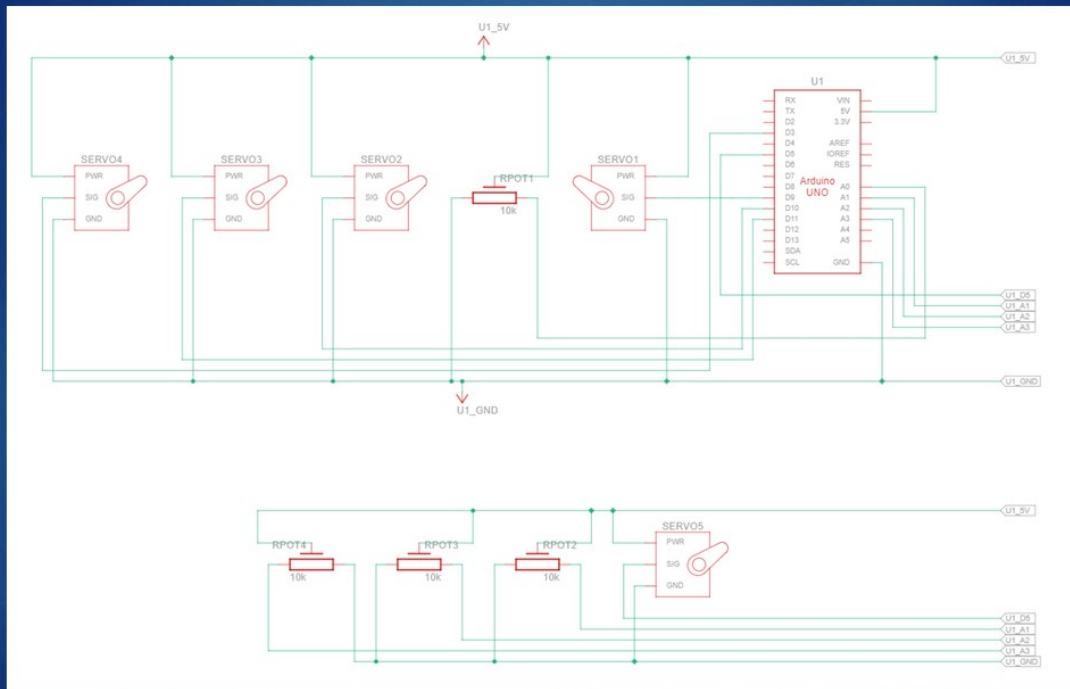
Серводвигун для роботу-маніпулятора



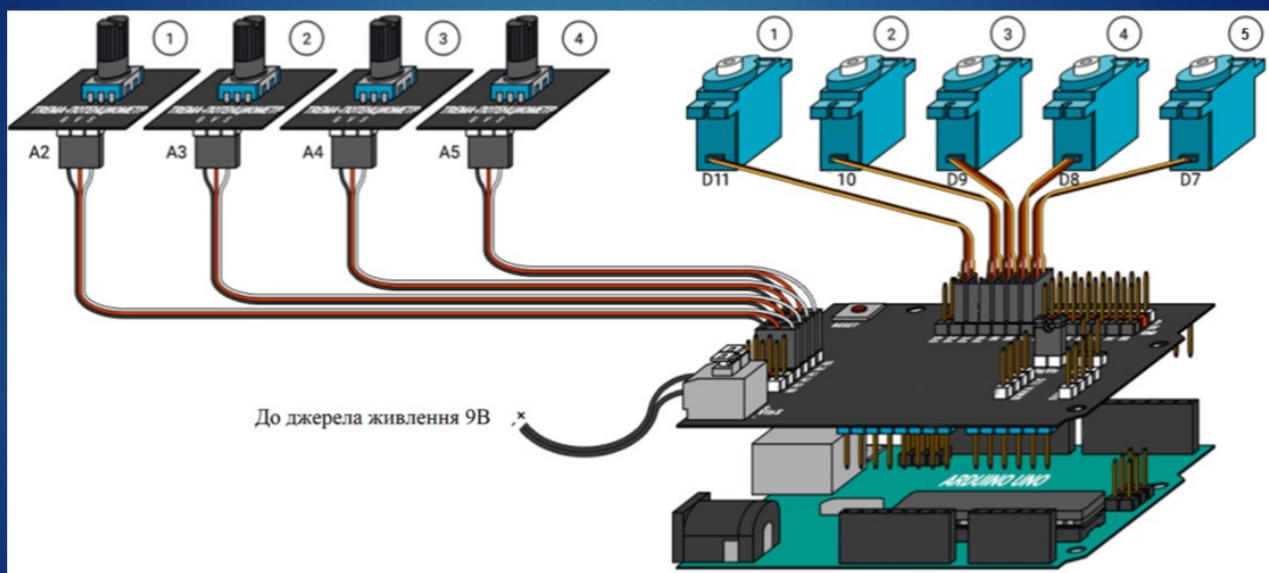
Модель підключення до Arduino UNO серводвигунів та потенціометрів у TinkerCAD



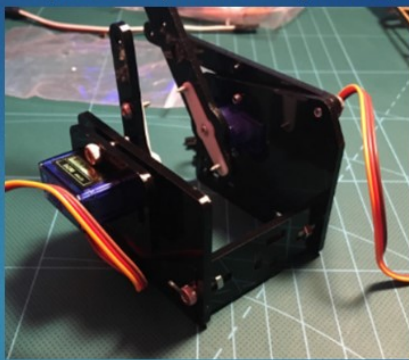
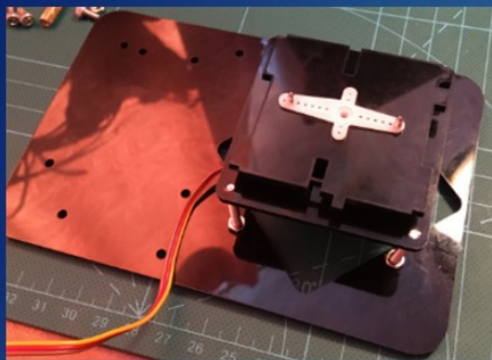
Принципова схема підключення серводвигунів та потенціометрів



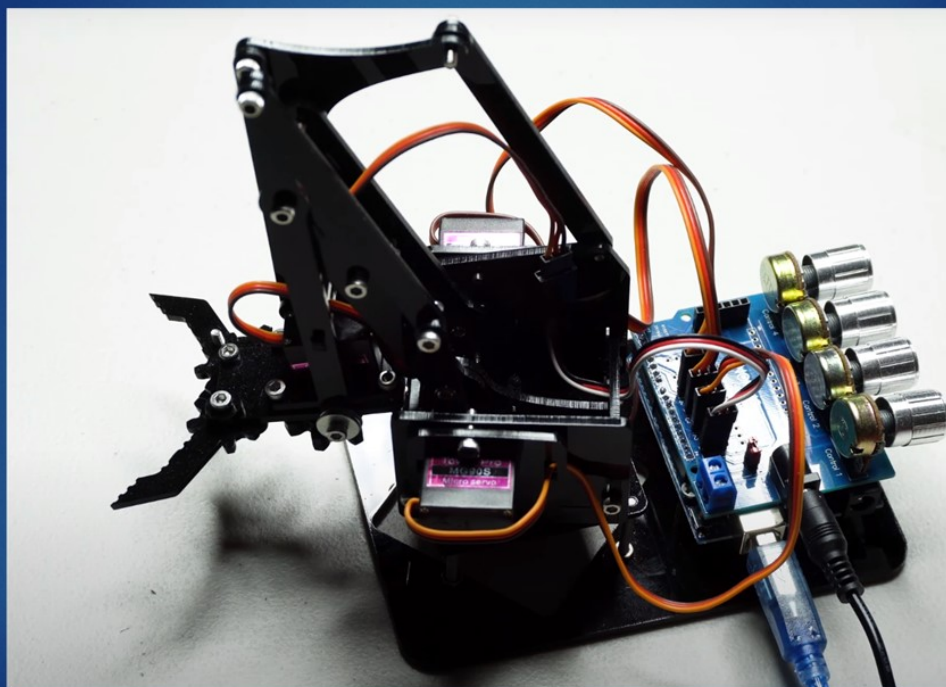
3D-модель підключення компонентів до плати керування



Етапи збірки робота-маніпулятора



Макет зібраного робота-маніпулятора



Ім'я користувача:
Наталія Вікторівна Копусь

ID перевірки:
1015519392

Дата перевірки:
09.06.2023 08:32:13 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
09.06.2023 08:37:36 EEST

ID користувача:
100011688

Назва документа: 4КС-56 Фіщенко І.О.

Кількість сторінок: 50 Кількість слів: 8305 Кількість символів: 62737 Розмір файлу: 2.70 МВ ID файлу: 1015173889

19.5% Схожість

Найбільша схожість: 13.5% з Інтернет-джерелом (https://psnk.kpi.ua/docs/anotations/master/ZhukA_ua.pdf)

19.5% Джерела з Інтернету 209

Сторінка 52

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 12

РЕЦЕНЗІЯ

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

Фіщенко Іллі Олеговича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

Скорняков В'ячеслав Сергійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Проектування робота-маніпулятора на
платформі Arduino

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 68 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 14 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню
Представлений на рецензію дипломний проект повністю відповідає меті
проектування та технічному завданню. Тематика дипломного проекту є
актуальною та присвячена процесу розробки робота-маніпулятора на платформі
Arduino, а також його програмного забезпечення.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи)
Дипломний проект складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку
використаних джерел. У технологічному розділі виконано аналітичний огляд
існуючих роботів-маніпуляторів, програмних засобів керування, визначення
моделі захвату роботу-маніпулятора, підключення серводвигунів до плати
Arduino, створення моделі та макету роботу-маніпулятора, розробка програмного
забезпечення роботу-маніпулятора.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту
(роботи) Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді
презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio.
Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм
оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word.
Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі
не виявлено

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) _____

В даному дипломному проекті була розроблена і реалізована модель робота-маніпулятора, яка може бути застосована для перенесення та позиціонування дрібних речей, роботи з небезпечними речовинами і т.п.

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) _____

1. Бажано було передбачити інші варіанти керування.
2. У розділі охорони праці наведені відомі нормативні вимоги загального плану замість конкретних розрахунків освітлення приміщення, вентиляції, рівня шуму.

Оцінка розрахункової частини _____ відмінно

Оцінка графічної частини _____ відмінно

Загальна оцінка _____ відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента _____ Васіліу Євген Вікторович

Місце роботи і посада рецензента _____ Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, д.т.н., проф. кафедри КБ та ТЗІ, декан факультету інформаційних технологій та кібербезпеки

Підпис: _____ 

« 16 » _____ червня 2023 р.

ПІДПИС ПОСВІДОРО
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ
КАДРІВ ДУІТЗ





ВІДГУК

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

Фіщенко Іллі Олександровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 68 сторінок. У пояснювальній записці наведено етапи розробки робота-маніпулятора на платформі Arduino, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 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 Фіщенко І.О. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи студент виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Фіщенко І.О. 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

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Фіщенко Ілля Олегович,
здобувач освіти гр. 4КС-56, та

Скорняков В'ячеслав Сергійович,
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи молодшого спеціаліста на тему:

**«Проектування робота-маніпулятора на платформі Arduino»
(автор роботи – Фіщенко І.О., керівник роботи – Скорняков В.С.)**

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2023 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



/ Фіщенко І.О. /

Керівник



/ Скорняков В.С. /

«12» червня 2023 р.

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання _____
*Під час дипломного проектування здобувач освіти Фіщенко І.О. мав змогу
самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної
схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над
поставленим завданням, складати схеми та виконувати програмування
мікроконтролерів 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 _____
Скорняков В'ячеслав Сергійович

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

Підпис _____ 

«12» 06 2023 р.