

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему «ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАКЕТУ
ІНТЕРАКТИВНОЇ РУКИ(КОМПЛЕКСНА ТЕМА)»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи РТ-117
Спеціальності 172 Радіотехніка та
телекомунікації

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Радіоелектронні апарати та засоби

Печурін М.Ю

(прізвище та ініціали)

Керівник Куляба Т.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Польська О.В

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки,

Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Радіоелектронні апарати та засоби

(назва освітньої програми(спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. каф. ІТЕЗ Огренич Є.В.,

канд. техн. наук

«28» 05 2021 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Печурін Максим Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проектування конструкції та виготовлення макету інтерактивної руки (комплексна тема)

Затверджена наказом ректора від « 22 » травня 2021 р. №.

2. Термін виконання роботи: з 16 квітня 2021 року до 31 травня 2021 року

3. Вихідні дані: праці вітчизняних та зарубіжних авторів та інша наукова література за темою дипломної роботи, інтерактивний маніпулятор, програмне забезпечення для моделювання роботи інтерактивний маніпулятор, мова програмування.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Вступ.

2 Огляд та аналіз робіт і робото технічних пристроїв.

3 Вибір та обґрунтування середовищ розробки.

4 Вибір компонентів електронного макету та розробка схеми їх підключення.

5 Розробка програми.

6 Висновки.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: Демонстраційний матеріал у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 17 сторінок. формату А4

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Вибрати тему дипломної роботи	до 06.04.2021	виконано
2	Затвердити тему і план роботи у наукового керівника	до 10.04.2021	виконано
3	Визначити статистичну, інформаційну базу дослідження, скласти бібліографію	до 17.04.2021	виконано
4	Оформити і обговорити з науковим керівником перший розділ роботи	до 27.04.2021	виконано
5	Оформити і обговорити з науковим керівником другий розділ роботи	до 05.05.2021	виконано
6	Оформити і обговорити з науковим керівником третій розділ роботи	до 12.05.2021	виконано
7	Доопрацювати роботу, оформити її кінцевий варіант	до 14.05.2021	виконано
8	Отримати відгук керівника та рецензію	до 14.05.2021	виконано
9	Підготувати доповідь на захист	до 15.05.2016	виконано

1. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
Розділи 1-3		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Поспєва І.Є.		

2. Дата видачі завдання: 06.05.2021 р.

Керівник дипломної роботи Куляба Т.І.

(П.І.Б.)

(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання

(підпис випускника)

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

ПЗ:48с., 1 табл., 21 рис., 1 додатка.

Об'єкт дослідження: створення роботу в умовах Запорізького національного технічного університету.

Предмет дослідження: створення Інтерактивного маніпулятора, який повторює рухи людини.

Мета дослідження: створення Інтерактивного маніпулятора за допомогою сучасних технологій, який здатний відтворює рух руки людини.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених завдань використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання. Системний аналіз, дедуктивний та індуктивний методи використовувалися при визначенні суті понять «робот». Теоретичні дослідження проведені на основі фундаментальних засад конструювання верстатів та машин, технології машинобудування, теорії механізмів і машин, теоретичної механіки та методології науково-технічної творчості. Синтез нових конструкцій верстатів здійснено із застосуванням методу багаторівневого морфологічного синтезу і аналізу.

Наукова новизна полягає в комплексному рішенні реалізації Інтерактивного маніпулятора, який повторює рухи людини.

Результати дипломної роботи можуть бути використані на підприємствах приладо- і машинобудівельних галузей, медицині, військовій справі тощо.

РОБОТ, МАНІПУЛЯТОР, ІНТЕРАКТИВНИЙ МАНІПУЛЯТОР,
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1. ОСНОВИ РОБОТОТЕХНІКИ	9
1.1. Основні поняття і визначення роботів і робото технічних пристроїв	9
1.2. Класифікація роботів	10
1.3. Інтерактивний маніпулятор	14
2. ОПИС ІНТЕРАКТИВНОГО МАНІПУЛЯТОРУ	18
2.1. Технічні характеристики інтерактивного маніпулятора	18
2.2. Вибір програмного забезпечення	24
3. РОЗГЛЯД МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ 3D ПРИНТЕРУ	30
3.1 Моделювання	30
3.2 Приклади 3D принтерів	36
3.3 Розробка моделі робота	40
ВИСНОВКИ	45
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	46

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

ABS	—	акрилонітрил бутадієн стерол
Arduino	—	апаратна обчислювальна платформа, основними компонентами якої є плата вводу/виводу та середовище розробки на мові Processing/Wiring
PLA	—	полілактид
ГОСТ	—	державний стандарт
КБ	—	конструкторське бюро
ОГД	—	об'єкт господарської діяльності
ПК	—	персональний комп'ютер
ПР	—	промисловий робот
ЧПУ	—	числове програмне управління

ВСТУП

На сьогодні у виробництві застосовується багато роботів-маніпуляторів, які між собою поділяються на безліч різновидів, але до сих пір потребують втручання технічного спеціаліста так як не здатні самостійно здійснювати певні операції. Одними з найбільш вживаних роботів маніпуляторів є роботи, що здатні виконувати дії подібні руці людини. До таких дій відносяться такі, як: фасування продукції на конвеєрних стрічках та складських приміщеннях, заміна заготовок на верстатах, зміна положення деталей та їх витяг з печей жару чи розчинів, різання та шліфування деталей, їх фарбування та інші. Роботи-маніпулятори знайшли своє застосування на промисловості як для основних, так і для допоміжних робіт. В якості допоміжних операцій, застосування таких роботів може звільнити працівників від завантажувальних робіт, обслуговування верстатів та інших подібних дій. Якщо розглядати роботи-маніпулятори в якості основного технологічного обладнання, то за їх допомогою можливо вирішення задач стосовно проведення точкового і шовного зварювання, лазерного і плазмового різання, процесу шліфування, складання і сортування деталей [5]. Роботи-маніпулятори існують досить різних розмірів і типів. Різняться вони за типом конструкції та принципом роботи. Можливо віддалене керування оператором або за заданою заздалегідь програмою.

Мета дослідження: створення Інтерактивного маніпулятора за допомогою сучасних технологій, який здатний відтворювати рух руки людини.

Виходячи із поставленої мети завданнями дослідження є:

- проаналізувати основні поняття і визначення роботів і робото технічних пристроїв;
- проаналізувати класифікація роботів та визначити до якої класифікації можна віднести Інтерактивний маніпулятор;
- дослідити технічні характеристики інтерактивного маніпулятору;
- змодельовати інтерактивний маніпулятор;

- розглянути можливості створення фізичної моделі робота за допомогою 3D принтеру;

- зібрати інтерактивний маніпулятор.

Об'єкт дослідження: створення роботу в умовах Запорізького національного технічного університету.

Предмет дослідження: створення Інтерактивного маніпулятора, який повторює рухи людини.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених завдань використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання. Системний аналіз, дедуктивний та індуктивний методи використовувалися при визначенні суті понять «робот». Теоретичні дослідження проведені на основі фундаментальних засад конструювання верстатів та машин, технології машинобудування, теорії механізмів і машин, теоретичної механіки та методології науково-технічної творчості. Синтез нових конструкцій верстатів здійснено із застосуванням методу багаторівневого морфологічного синтезу і аналізу.

Наукова новизна полягає в комплексному рішенні реалізації Інтерактивного маніпулятору, який повторює рухи людини.

Результати дипломної роботи можуть бути використані на підприємствах приладо- і машинобудівельних галузей, медицині, військовій справі тощо.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 46 сторінки, з яких 43 сторінок основного тексту. Текст роботи проілюстровано 21 рисунками та 4 таблицями. Список використаних джерел містить 28 найменувань. Основний текст роботи доповнений одним додатком.

1 ОСНОВИ РОБОТОТЕХНІКИ

1.1 Основні поняття і визначення роботів і робото-технічних пристроїв

Робототехніка – це машинобудівна галузь, яка надзвичайно інтенсивно розвивається у всіх країнах, які піклуються про свою технологічну конкурентоспроможність, здоров'я своїх громадян, безпеку та комфорт свого життя. Робототехніка – це прикладна наука, в якій вивчається проектування, розробка, конструювання, експлуатація та використання роботів. Це головний фундамент сучасної промисловості, транспорту, медицини, військової справи, космонавтики та інших сфер діяльності людей.

Робототехніка як наука з'явилася у другій половині 20 століття, коли в процесі розвитку виробництва виникла потреба в використанні автоматичних машин, які здатні виконувати небезпечні та складні операції під контролем людини. Наприклад, в ядерних реакторах для контрольно-вимірювального обладнання або для проведення технологічних операцій при сильному випромінюванні, для цього використовують спеціальні маніпулятори, керовані оператором-людиною. Маніпулятори – це пристрої, здатні відтворювати функції людської руки на відстані. Також для робототехніки на той час були створені науково-технічні передумови:

- комп'ютеризація виробництва;
- автоматизація технологічних процесів;
- величезний досвід використання машин з цифровим програмним управлінням (ЧПУ).

Успішний розвиток робототехніки вимагає міцної й глибокої наукової бази, яка створюється об'єднаними зусиллями вчених в області механіки, прикладної математики, теорії управління, інформатики.

1.2 Класифікація роботів

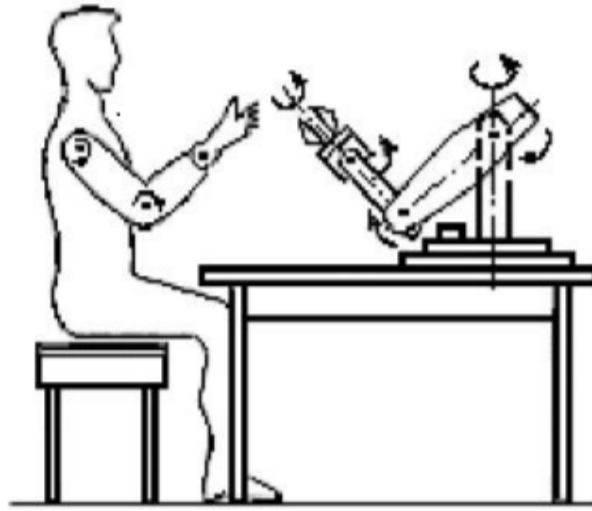


Рисунок 1.1 – Схема кінематичної аналогії руки людини і механічної руки маніпулятора промислового робота

Роботи класифікують за різними ознаками. Найпоширенішою та модифікованою є класифікація за цілями та класом завдань, для яких призначений робот; особливості управління; технологічні характеристики.

Розвиток робототехніки створює нові покоління роботів та їх впровадження в нові галузі. Отже, класифікація за метою та класом завдань, до яких визначені роботи, не є повною і певною мірою характеризує шлях розвитку роботів, а тому її також можна назвати «еволюційною». Роботи всіх поколінь можна розділити на дві великі групи: виробничі і дослідницькі рис. 1.2.

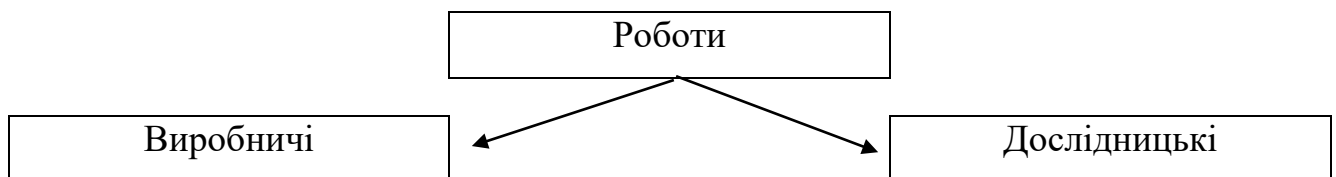


Рисунок 1.2 – Види роботів

Виробничі роботи призначені для виконання важливих, одноманітних, шкідливих та небезпечних для здоров'я людини фізичних робіт, а також певних видів праці, напруженої розумової роботи (дизайн, інформаційна підтримка, проектування, управління).

Промислові роботи призначені для автоматизації базових та допоміжні операції в різних галузях – машинобудуванні, гірничій, нафтохімічній, металургійній, атомній та інших промисловостях.

За методом управління або ступенем участі людина в управлінні роботом поділяється на три групи: біотехнічна, інтерактивна та автоматична рис. 1.4.



Рисунок 1.3 – Види роботів за методом управління

Біотехнічні роботи функціонують лише за участю людини-оператора, який фактично бере на себе контроль всіх механізмів.

Інтерактивні роботи, на відміну від біотехнічних має пам'ять для автоматичного виконання окремих дій, контролюється по черзі оператором або автоматично.

Автономні роботи можуть працювати цілком самостійно без участі людини-оператора.

За способом переміщення роботів можна поділити на такі види рис. 1.4.

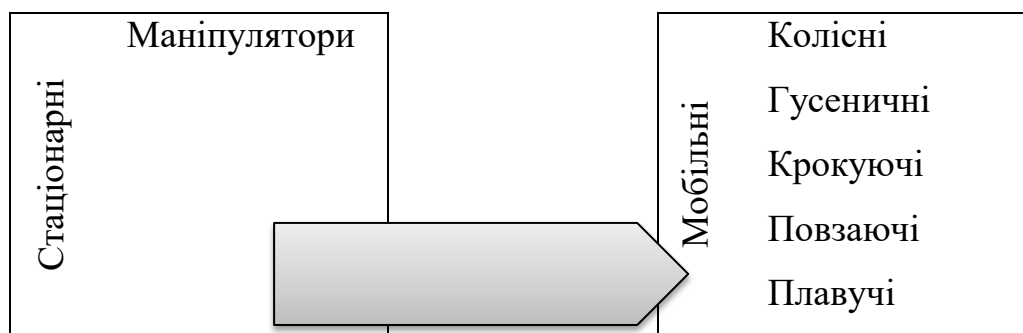


Рисунок 1.4 – Види роботів за способом переміщення

Також класифікують роботів за показниками, що визначають їх конструкцію. До таких показників відносять:

- тип приводів робота,
- його вантажопідйомність
- кількість маніпуляторів
- тип і параметри їх робочої зони,
- рухливість і спосіб розміщення,
- виконання за призначенням

Приводи, які використовуються в маніпуляторах і системах пересування роботів, діляться на електричні, гідравлічні і пневматичні. Часто їх застосовують в комбінації;

Вантажопідйомність робота – це вантажопідйомність його маніпуляторів, а для транспортного робота ще і його шасі. Вантажопідйомність маніпулятора визначається масою переміщуваних ним об'єктів і залежно від призначення робота може складати від одиниць грам (надлегкі роботи, наприклад, вживані в мікроелектроніці) до декількох тисяч кілограм (надважкі, наприклад, транспортні і космічні роботи).

Кількість маніпуляторів у роботів у більшості випадків обмежена одним (одно- маніпуляторні або однорукі роботи). Проте залежно від призначення існують конструкції роботів з двома, трьома і чотирма маніпуляторами (відповідно двух-, трьох- і чотирьох маніпуляторні). Зазвичай маніпулятори

робота виконують однаковими, але є конструкції роботів і з різними маніпуляторами.

Тип і параметри робочої зони маніпуляторів робота визначають область простору, що оточує його, в межах якої робот може здійснювати маніпуляції не пересуваючись, тобто при нерухомій основі. Робоча зона маніпулятора – цей простір, в якому може знаходитися його робочий орган при усіх можливих положеннях ланок маніпулятора.

Форма робочої зони визначається системою координат, в якій здійснюється рух робочого органу маніпулятора, і числом ступенів рухливості маніпулятора. Рухливість робота визначається наявністю або відсутністю у нього системи пересування. У першому випадку роботи називають мобільними, а в другому - стаціонарними. Відповідно до призначення роботів в них застосовують системи пересування практично усіх відомих на сьогодні типів: від наземних колісних і гусеничних до призначених для пересувань у воді, глибинах землі, в повітрі і космосі.

За способом розміщення стаціонарні і мобільні роботи бувають підлоговими, підвісними (мобільні роботи цього типу зазвичай переміщаються по піднятому рейковому шляху), вбудовуваними в інше устаткування.

Виконання робота за призначенням залежить від зовнішніх умов, в яких він повинен функціонувати. Розрізняють виконання нормальне, пилозахисне, теплозахисне, вологозахисне, вибухобезпечне і так далі.

Здійснення класифікація роботів має свої особливості. Розподіл здійснюється при науково обґрунтованому виборі ознак і подальшому розподіленні їх на класифікаційні групи, які представлені в Додатку А.

1.3 Інтерактивний маніпулятор

Сучасний світ – це світ високих технологій, де наука і техніка швидко розвиваються. Багато сучасних технологій використовують злоякісні, шкідливі речовини, що створює небезпеку для життя та здоров'я працівників, тому такі процеси вимагають автоматизації процесів. Заміна людей, що працюють у небезпечному середовищі, на роботів, які також можуть використовуватися на будівництвах для підняття важких предметів, в дистанційному управлінні роботами, замінюючи людини на важких або небезпечних роботах. Заміна людської праці інформаційним управлінням виробничих процесів і є перехід до інформаційного суспільства, що дуже актуально в наш час.

Дослідження робототехніки збільшились завдяки появі нових технологій. Зокрема, інноваційні дослідження, засновані на робототехнічному дизайні рук були реалізовані в декількох дослідницьких центрах світу з 80-х років. Перший протезний робот рука, що складалася з 3 пальців і 1 великого пальця, розроблена Університетом Юти та Массачусетським технологічним інститутом у 1986 році займався вивченням мобільності будівельних машин [9]. Розвиток робототехніки орієнтований на відтворення руки людини.

Інтерактивний маніпулятор – це механізм який відтворює рух руки людини. У даній роботі представлений досвід розробки робо-руки (інтерактивний маніпулятор) на базі плати Arduino. Цей пристрій було розроблено з метою отримання досвіду в створенні роботів-маніпуляторів. Головною функцією інтерактивного маніпулятора була імітація руху, яке виконує оператор. Також в даній роботі представлений досвід аналізу та розробки променево-зап'ясткового суглобу робота, а також управління суглобом за допомогою flex датчика. Пристрій здатний повторювати рухи людини за допомогою спеціальної рукавички, яку одягає оператор. Пристрій повторює рухи людської руки в рукавичці. Пристрій може згинати ті ж пальці, що згинає людина, захоплювати і утримувати предмети рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Інтерактивний маніпулятор

Для того щоб створити, зпроектувати саму конструкцію руки необхідно зрозуміти, як влаштована рука людини, тому розглянемо будову руки. Найбільше нас цікавить анатомія кисті руки людини, адже вона досить складна. Оскільки це дуже рухлива частина тіла, в ній безліч кісток і суглобів, зв'язок і м'язів, також людські пальці, на відміну від кінцівок тварин, мають нігті. Отже, почнемо з огляду кісток. Кістки кисті поділяються на три відділи: зап'ясті, що включає вісім кісток; п'ястні, куди входять п'ять довгих кісток, і пальці, що налічують в загальній сумі чотирнадцять фаланг. Всі кістки досить дрібні і розташовані один до одного дуже близько рис 1.6.



Рисунок 1.6 – Будова кисті людини

Завдяки тому, що кісток багато і вони невеликі, кисть має таку пластичність і рухливість, однак через це при травмах працездатність кисті помітно знижується. Кістки зап'ястя утворюють як малорухливі з'єднання (наприклад, в області зап'ястя), так і суглоби. Лучезапястне з'єднання має форму півкола і забезпечує згинання та розгинання кисті. Це дуже складний суглоб, що дає кисті широкий діапазон рухів. Кістки зап'ястя з'єднані між собою зв'язками і утворюють міцне зчленування, здатне витримувати великі навантаження при опорі на кисть. У підстави великого пальця розташований сідлоподібний суглоб, що дозволяє здійснювати рухи в двох осях, що робить великий палець дуже функціональним.

Кістки фаланг мають кулясті з'єднання, що дозволяє пальцям згинатися тільки в одній площині. Через це пальці досить схильні до травм. На відміну від інших пальців, які налічують по три фаланги, великий палець коротше і складається всього з двох кісток. Кисть має широку мережу інервації, що відповідає за дотик, рух, роботу сальних і потових залоз і терморегуляцію.

М'язів в кистях небагато. Розташовані вони на долоні всередині і зовні. На частку великого пальця доводиться куди більше м'язів, ніж на інші. Згиначі і розгиначі пальців знаходяться в долоні і в передпліччях. Якщо подивитися на тильну сторону кисті з пальцями, максимально піднятими вгору, то можна побачити зв'язки-розгиначі, що тягнуться від пальців до зап'ястя.

Будова руки людини досить складна, що ускладнює створення її аналога. Розробка такого пристрою є досить значущий внеском як в науку, так і в життя людини. Велика частина протезів виготовляються за кордоном, що підвищує їх вартість, яка і так досить велика. На даний момент існує кілька видів протезів руки, а саме: косметичні і функціональні.

Основною функцією косметичних протезів є відтворення зовнішнього вигляду людської руки. У той же час функціональний протез не має такого ж красивого зовнішнього вигляду як косметичний, але він забезпечує кілька основних функцій, таких як хват.

Функціональні протези також діляться на робочі, тягові і міоелектричні. Найвища вартість у міоелектричних (біонічних), так як вони є найбільш сучасними. Але не всі антропоморфні роботи використовуються в якості протезів. Вони отримали велике застосування в областях, де необхідно щоб управління якимось технологічним процесом виконувалося оператором дистанційно, наприклад, в агресивних середовищах, космосі або просто в важкодоступних для людини місцях. Вже неможливо представити підприємства, на яких такі роботи, як фарбування, зварювання, складання та інші, виконуються у великих обсягах без роботизованих систем, особливо таких як маніпуляторні кронштейни. Вони приводяться в дію гідравлічними, електричними, а іноді і пневматичними приводів і мають заздалегідь визначену послідовність рухів, попередньо запрограмовану або безпосередньо за допомогою панелі управління.

Основна мета цієї роботи – розробити апаратне та програмне забезпечення системи, що забезпечує віддалене управління п'ять рухів пальців, якими можна дистанційно керувати за допомогою рукавичок. Цей пристрій можна легко використовувати в галузі медицини, промисловості та оборонної промисловості завдяки розробкам та новим доповненням. Зокрема, його можна використовувати у небезпечних гуманітарних роботах для здоров'я та безпеки людей, таких як утилізація бомб, приватні лабораторні операції. Крім того, завдяки цій системі, яка є привабливою з точки зору вартості, вона дасть змогу розвивати комерційні штучні інтерактивні маніпулятори.

2 ОПИС ІНТЕРАКТИВНОГО МАНІПУЛЯТОРУ

2.1. Технічні характеристики інтерактивного маніпулятора

Технічні характеристики роботів включають такі групи:

- спеціалізація
- номінальну вантажопідйомність,
- зону обслуговування роботом,
- робочу зону роботи,
- число ступенів рухливості,
- швидкість переміщення по ступенях рухливості,
- похибку позиціонування робочого органу,
- похибку відпрацювання траєкторії робочого органу.

За спеціалізацією промислові роботи підрозділяють на:

- спеціальні;
- спеціалізовані;
- універсальні.

Вантажопідйомність – це найбільше значення маси об’єктів маніпулювання, включаючи і масу робочого органу, яку може переміщувати «рука» робота за заданих умов. Для деяких типів промислових роботів важливим показником є зусилля (або крутний момент), що розвивається виконавчим механізмом. До числа таких показників можна віднести зусилля затиску об’єкта маніпулювання захватним пристроєм, робоче зусилля «руки».

Число ступенів рухливості робота визначають як суму можливих координатних рухів його робочого органу або об’єкта маніпулювання щодо опорної системи. Для деяких типів роботів додатково враховують число ступенів рухливості захватного пристрою, рівне числу ступенів свободи всіх його ланок щодо вузла кріплення до «руки» робота.

Робоча зона – це простір, в якому може перебувати робочий орган при його функціонуванні. Вона характеризується своїми формою (або видом) і об’ємом.

Похибка позиціонування, або відпрацювання траєкторії, – це відхилення фактичного стану (або траєкторії) робочого органу від заданого програмою при багаторазовому позиціонуванні (повторення руху), яке оцінюється в лінійних або кутових одиницях. Відносна похибка позиціонування – величина, що характеризує точність робіт з цикловим і позиційним керуванням і дорівнює відношенню абсолютної похибки позиціонування до максимальної відстані від осі найближчої до основи робота кінематичної пари до межі робочої зони, виражена у відсотках. Існує багато технічних характеристик робіт, однак, на практиці по відношенню до кожного конкретного механізму використовується лише невелика їх кількість, найбільш важливих у рамках передбачуваної сфери та завдань його застосування.

Проаналізуємо інтерактивний маніпулятор, розглянемо його технічні можливості та недоліки, які наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1. – Технічні характеристики інтерактивного маніпулятора

Критерій відповідно ГОСТ 25685-83	Параметри інтерактивного маніпулятора
За спеціалізацією	спеціальний
Вантажопідйомність	надлегкі (до 1 кг)
Область застосування	медицина, військова справа тощо
Число ступенів рухливості робота	з двома ступенями рухливості
Вид управління	гнучко програмовані

Продовження таблиці 2.1

Критерій відповідно ГОСТ 25685-83	Параметри інтерактивного маніпулятора
Спосіб програмування	програмовані аналітично
Швидкодія	середня (від 0,5 до 1 м/с)
Точність рухів	середня (від 0,1 до 1 мм)

Основною вимогою до побудови інтерактивного маніпулятора є можливість зчитувати або повторювати рухи людського тіла. Найчастіше це стосується таких частин людського тіла, як руки, ноги і особливо пальці як найбільш тонкий інструмент, створений природою. Для побудови подібних систем управління застосовуються найрізноманітніші підходи, однак найбільш поширеним є спосіб зчитування інформації є Flex-датчику, довжиною 4,5 дюйма. Нам необхідно 5 шт для кожного пальця. Для отримання інформації про механічне вигині. Цей датчик змінює свій опір залежно від величини вигину. Тобто він перетворює зміни механічної структури в електричний опір, при цьому чим більше вигин, тим більше значення опору. Датчики вигину або Flex-датчики досить дешеві і прості в застосуванні, тому їх без проблем можна використовувати в проектах з Arduino. Встановлюємо сенсори на рукавичці. З початку необхідно зробити позначки олівцем або ручкою на вершині кожного суглоба. Ці місця ми використовуємо для кріплення сенсорів, схема кріплення зображена на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема закріплення датчики вигину на одному з п'яти пальців рукавички

Також ми використовуємо мікрокомп'ютер Arduino. Оригінальна плата Arduino Uno останньої моделі R3, виконана на базі мікроконтролера ATmega328P, замість чіпа FTDI використовується ATmega16U2, що дозволяє підвищити швидкість передачі даних. Драйвери для Linux та Mac OS не потрібні, для Windows – необхідний `inf` файл, який входить до складу Arduino IDE. Після прошивання, ATmega16U2 дозволяє використовувати контролер як клавіатуру, мишу або джойстик. Виробництво – Італія. Arduino – це відкрита платформа, яка дозволяє збирати різноманітні електронні пристрої.

Для програмування використовується спрощена версія C++. Розробку ПЗ можна вести як з використанням безкоштовного середовища Arduino IDE, так і за допомогою довільного C/C++ інструментарію. Для програмування та передачі даних на ПК потрібен USB-кабель, а для автономної роботи можна використати блок живлення, батарейки чи акумулятор на 7-12 В. Arduino дозволяє зосередитися на розробці проектів, а не на вивченні пристрою і принципів функціонування окремих елементів. Немає потреби і в створенні закінчених плат і модулів. Ми безпосередньо підключаємо до Arduino необхідні елементи. Далі всі інші зусилля спрямовані на розробку і налагодження керуючої програми. Також

нам необхідно блок сервопривід. Потужний серводвигун з металевим приводом. Крутний момент до 11 кг / см (при напрузі живлення 6В). Керування відбувається за аналоговою мікросхемою.

Вся схема підключення показана на рис 2.2 нижче.

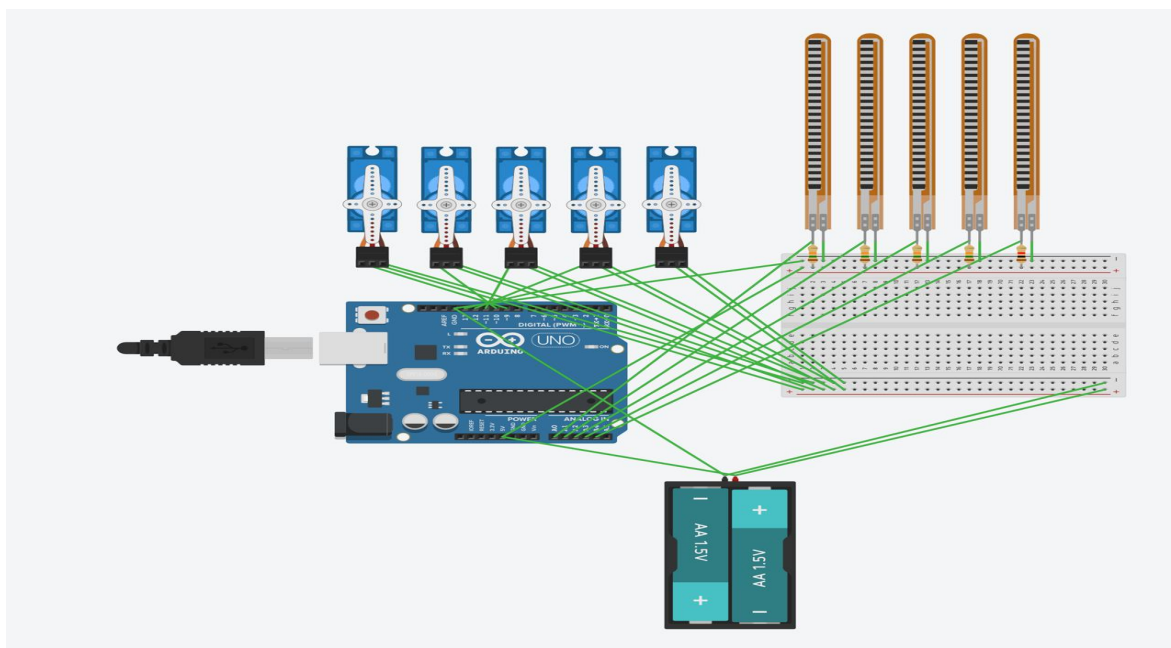


Рисунок 2.2 – Схема підключення інтерактивного маніпулятора

Фінансовий аналіз придбаних комплектуючих елементів, основних і допоміжних матеріалів, які були використані для створення інтерактивного маніпулятора проводиться не тільки з метою надати економічну оцінку, також дає можливість прогнозувати тенденції розвитку. Для цього слід ретельно поставитися до списку показників, які будуть застосовуватися з метою стратегічного планування.

Вартість основних і допоміжних матеріалів, комплектуючих виробів, необхідних для розробки інтерактивного маніпулятора представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Вартість матеріалів інтерактивного маніпулятора

Матеріал	Кількість, шт	Вартість, грн *
Мікрокомп'ютер ArDuino	1	447 грн
Сервопривід	5	695 грн
Flex-датчик	5	2555 грн
Акумулятори	2	294 грн
Набір перемичок: (мама-тато) (папа-папа) (мама-мама)	40	69 грн
Рукавичка	2	60 грн
Друк на 3D-принтері		2000 грн
Пластик PLA		300 грн
Загальна вартість		6420 грн

* Перелік і вартість покупних виробів і деталей, інструменту та допоміжних матеріалів, монтажних матеріалів взяті зі співвідношення ринкових цін, в період виготовлення моделі

Інтерактивний маніпулятор має такі переваги: малі габарити, що дозволяє спростити та мінімізувати витрати на облаштування робочої зони, простота конструкції, висока швидкість та точність позиціонування. Його можна використовувати в небезпечних умовах. Він не потребує великих витрат на обслуговування, собівартість інтерактивного маніпулятора не велика та складає лише 6420 грн.

2.2 Вибір програмного забезпечення

2.2.1 Autodesk Maya

Autodesk Maya - різноманітний тривимірний редактор і редактор комп'ютерних тривимірних анімацій. У наш час має широке застосування в мультиплікації, кінематографії та анімації для різних відео.

Важлива особливість даної програми полягає в тому, що вона доступна для сторонніх розробників програмного забезпечення, які в свою чергу можуть урізноманітнити або змінити програму в версію, які підходять під потреби людини, компанії, студії для комфортної роботи.

Autodesk Maya має в собі інтерпретуваний не залежний від платформи мову: Maya Embedded Language (MEL), сам по собі дуже нагадує мову Tcl і C. Дана мова дозволяє налаштувати і доопрацювати основні функції програми Maya. Наприклад, аніматори не маючи досвіду володіння мовою MEL можуть адаптувати і доповнити Maya створеними ними функціями.

Проектні файли, також всі дані про анімації та геометрії тривимірних побудов, зберігаються в послідовності операцій MEL. Ці файли мають можливість бути збереженими в текстовому файлі (.ma - Maya ASCII), який в свою чергу можна відредагувати в будь-якому текстовому редакторі, що дає кращий рівень гнучкості в роботі з зовнішніми інструментами.

Програма володіє всіма можливими інструментами для роботи і створення 3D графіки. Maya дає можливість реалізувати будь-які етапи створення 3D графіки. Починаючи від моделювання та анімації, закінчуючи композітінг і пошарового рендеринга для подальшої роботи в інших програмах. Autodesk Maya дозволяє моделювати фізику м'яких і твердих тіл, розглянути поведінку м'яких тіл, наприклад тканини, показати ефекти, підлаштувати поведінку зачіски, намалювати сухий або вологий хутро, анімувати різні моделі, зробити схожими на справжні.

Інструмент Paint Effects здійснює можливість намалювати різними віртуальними кистями такі тривимірні об'єкти, як трава, квіти, об'ємні візерунки та інші складні предмети. Програма не дається відразу, потрібно не мало часу для освоєння, але на щастя доступні велика кількість уроків по редактору.



Рисунок 2.3 – Інтерфейс Maya

2.2.2 Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max - багатофункціональне професійне програмне забезпечення для створення і редагування як і 3D графіки і так самої анімацій. Сучасні засоби, що містяться в даній програмі дають всі можливості для художників і фахівців в області мультимедіа і т.д.

3ds Max включає в себе величезну кількість інструментів, які можуть використовувати професіонали і не тільки для моделювання різних за складністю архітектурних проєктів - від заготовок різних частин будинку, наприклад дверей і вікна, так і форм рослинності, огорож і сходів.

Так само в даному 3d редакторі присутні інструменти для аналізу та редагування освітленості тривимірного проекту. Крім цього в програмі, для правдоподібного прорахунку зображення є вбудований фотореалістичний візуалізатор, він здійснює високу якість роботи.

3d Max володіє великою кількістю засобів, які дозволяють створювати різні за формами і складнощів комп'ютерні тривимірні моделі, вони можуть бути як і реальними, так і сама людина може втілити різні свої фантазії, застосовувати різні техніки і механізми, які в себе включають:

- полігональне моделювання, має в собі Editable mesh (редагована поверхня) і так само Editable poly (редагований полігон) - найпопулярніший метод моделювання, який використовується для реалізації складних моделей.

- моделювання та побудова на B-сплайнах

- моделювання за допомогою «сіток шматків», так само звана поверхня Безьє добре використовується для моделювання тіл, що обертаються.

- моделювання за допомогою встановлених в додаток бібліотек модифікаторів.

- моделювання за допомогою сплайнів і подальшому застосуванні модифікаторів Lathe, Bevel profile, Extrude. Такий метод часто застосовують архітектори.

Ці методи можна без проблем поєднувати один з одним.

Як правило, прості об'єкти і служать початком моделювання, які переходять з простих в складні об'єкти зі складною структурою, що пов'язано з використанням примітивів в поєднанні один з одним найпростіших частин в складі об'єктів.

Наприклад, класичний стандартний «Чайник» мається на наборі примітивів виходячи їх історичних причин: на ньому тестується матеріали для моделей і так само перевіряється освітлення в різних сценах. Він давно став своєрідним символом 3d графіки.

Нехай і 3d Max складний, він добре доступний для вивчення, яке досить легке. Недостача будь-якого стандартного інструменту компенсується не маленькою базою додаткових плагінів, які тільки розширюють можливості роботи в програмі.

Програма 3d Max дає можливість дуже точно і гнучко управляти частками моделей, при цьому роблячи різні ефекти - від анімованих різних об'єктів до складних природних явищ, наприклад, дим, хвилю і її бризки і багато іншого.

Програма дозволяє робити вкрай складні проекти новачкам, наприклад, імітація тривимірних волосся, раніше подібним могли займатися тільки справжні професіонали, які мали величезний досвід роботи з тривимірними моделями та навіть власні секрети роботи і скриптів.

3d Max дає величезний набір функцій для моделювання, анімації і все, що може знадобитися художнику, який займається створенням ігор, фільмів, відео, текстур, реальних моделей для друку на 3D принтері. Дана програма добре побудована на сучасних інструментах, робить процес роботи куди простіше, що дозволяє художнику максимально ефективно працювати зі складними моделями і їх компонентами в високій якості.

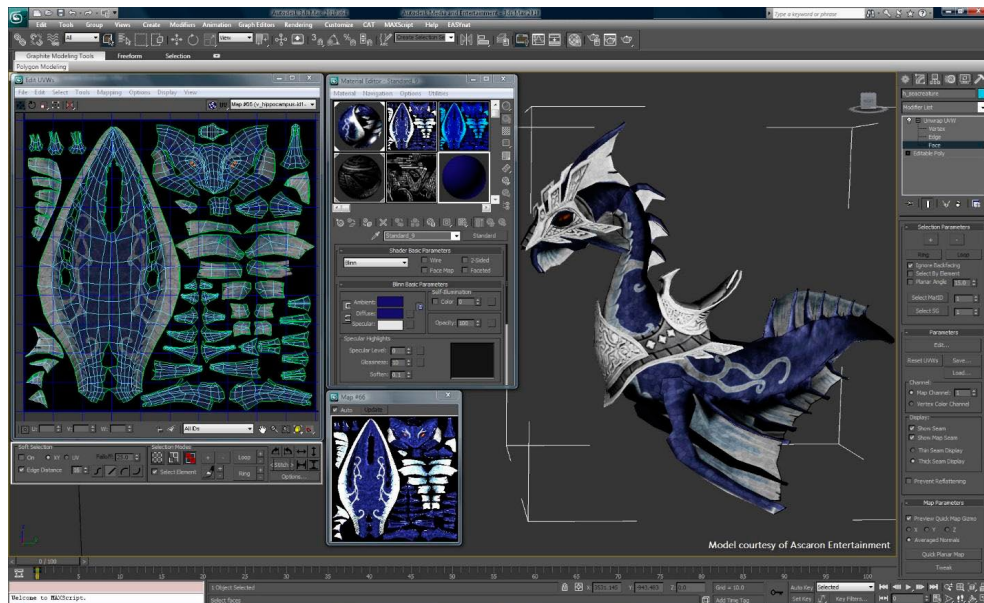


Рисунок 2.4 – Інтерфейс програми 3d Max

2.2.3 Autodesk Fusion 360

Fusion 360 - це програмний комплекс, продукт компанії Autodesk, який пропонує потужні інструменти, які можна застосувати для великого спектра інженерних задач в частині проектування, моделювання і за підсумком розрахувати і підготувати до виробництва. Програма підтримується з різними операційними системами, наприклад Microsoft Windows і Mac OS.

При етапі проектування програма Fusion 360 дає можливість визначити вид, форму виробу і його конструктивні особливості, для цього використовуючи варіанти моделювання такі як: твердотільне, сплайнова, пряме, параметричне. У програмі є бібліотека вбудованих стандартних інженерних компонентів, які можна використовувати за основу споруджуваного проекту і так само використовуватися в якості деталей майбутньої моделі.

Для ретельного опрацювання проекту система дозволяє за допомогою інструментів використовуватися в збірці моделі, провести інженерний і кінематичний аналіз, переглянути анімацію руху деталі і рендер.

Програма робить розрахунок параметрів деталей, що з'єднуються, розраховує спосіб взаємодії і порядок всіх компонентів, розраховує міцність конструкції, тим самим допомагає знайти вразливі місця і відразу ж їх виправити в процесі самого проектування.

У програмі доступні інструменти для прототипування проекту і заготовити його до виготовлення на ЧПУ або друку на 3D принтері. Fusion підтримує 2х, 3х, 5ти координатні верстати. Програма має можливість працювати безпосередньо з 3d принтерами, які заздалегідь закладені в ній.

Fusion 360 володіє хмарним сервісом, який дозволяє працювати з одним проектом відразу декільком учасникам. Даний інструмент дозволяє як і спілкуватися, залишати коментарі, так і відстежити зміни, синхронізуватися між учасниками і робити збереження в тому ж хмарному сервісі.

Fusion 360 легко доступний для новачків. В інтернеті просто знайти безліч уроків, швидко зрозуміти основні інструменти і починати роботу, розробку проекту.

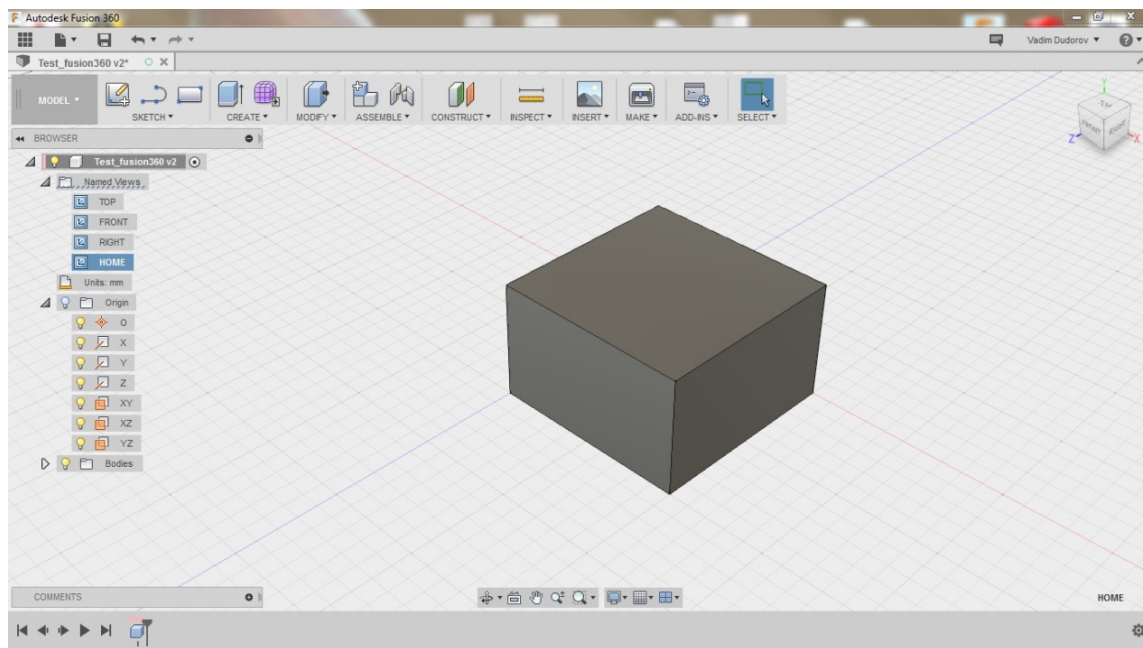


Рисунок 2.5 – Інтерфейс Fusion 360

3 РОЗГЛЯД МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ 3D ПРИНТЕРУ

3.1 Моделювання

3.1 Перший етап 3D-друку Інтерактивного маніпулятора – це моделювання. Програмне забезпечення для 3D-моделювання дозволяє створювати 3D-моделі на комп'ютері. Створення 3D моделі руки і моделювання всіх елементів електроніки і механіки. Для цього була використана спеціалізована програма Fusion 360, яка з легкістю дозволила втілити ідеї і думки в реальну модель і провести механічний аналіз руху всіх елементів. Також візуально зрозуміти, як буде виглядати маніпулятор.

Список елементів макета, які необхідно було змоделювати:

Таблиця 3.1 - Список елементів макета

	Найменування	
1	Вказівний палець	Кінцевик
2		Перша фаланга
3		Друга фаланга (верхня частина)
4		Друга фаланга (нижня частина)
5		Третя фаланга (верхня частина)
6		Третя фаланга (нижня частина)
7	Середній палець	Кінцевик
8		Перша фаланга
9		Друга фаланга (верхня частина)
10		Друга фаланга (нижня частина)
11		Третя фаланга (верхня частина)
12		Третя фаланга (нижня частина)
13	Безіменний палець	Кінцевик
14		Перша фаланга

Продовження таблиці 3.1 - Список елементів макета \\\

15		Друга фаланга (верхня частина)
16		Друга фаланга (нижня частина)
17		Третя фаланга (верхня частина)
18		Третя фаланга (нижня частина)
19	Мізинець	Кінцевик
20		Перша фаланга
21		Друга фаланга (верхня частина)
22		Друга фаланга (нижня частина)
23		Третя фаланга (верхня частина)
24		Третя фаланга (нижня частина)
25	Великий палець	Кінцевик
26		Перша фаланга
27		Друга фаланга (верхня частина)
28		Друга фаланга (нижня частина)
29		Третя фаланга (верхня частина)
30		Третя фаланга (нижня частина)
31	Кисть	Елемент А
32		Елемент В
33		Елемент С
34	Передпліччя	Нижня частина
35		Верхня частина А
36		Верхня частина В
37	Каркас сервопривіда	
38	Притискна планка кронштейна сервопривіду	
39	Кронштейн керуючих натяжителей	

Під час моделювання кожного елемента необхідно задати деякі параметри моделі, такі як розміри і форма.

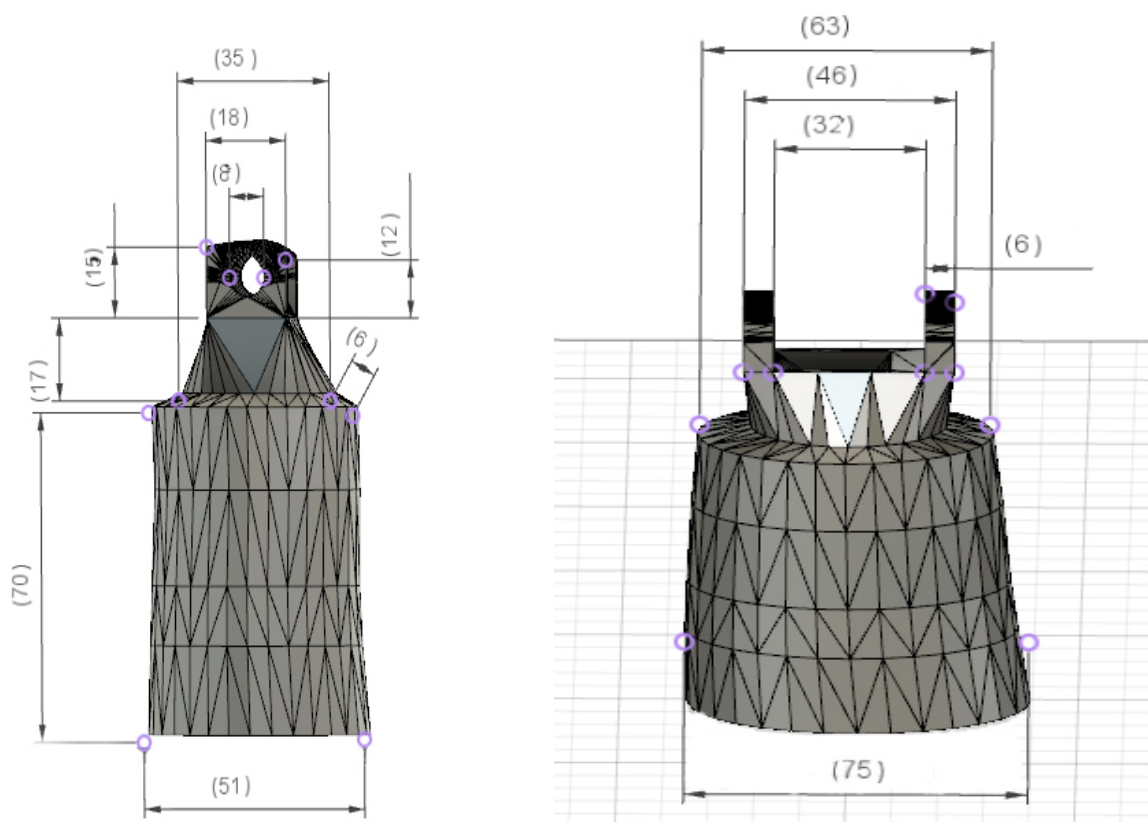


Рисунок 3.1 – Приклад параметрів елемента №34 (нижня частина передпліччя).

Кожен елемент макета моделюється окремо. Дрібні елементи групуються для друку на 3D принтері. Великі елементи друкуються кожен окремо.

Приклад змодельованих елементів див. на рис. 3.2

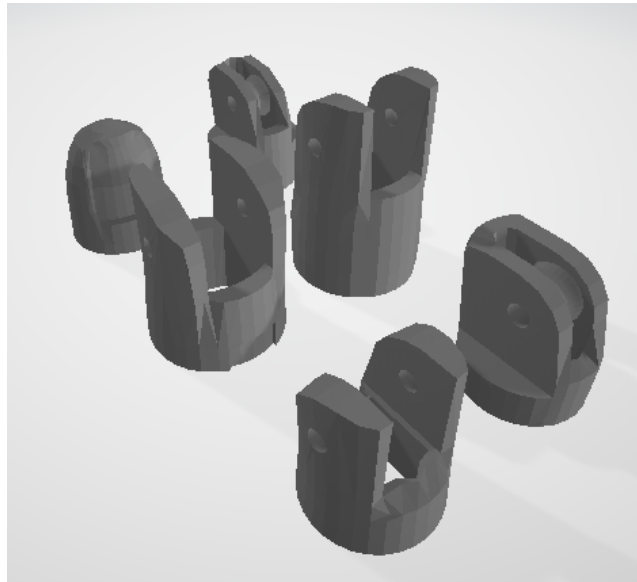


Рисунок 3.2 – Вказівний палець (елементи №1-6)

Технології 3D-друку не стоять на місці. А сьогодні послуга 3D-друку вже стала популярною і доступною. Друк 3D-моделі на 3D-принтері став обов'язковою складовою сучасного виробничого процесу.

3D-друк або «адитивне виробництво» – процес створення цілісних тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. Тобто це створення об'ємного і деталізованого виробу за заданою графічною формою, в результаті перетворення тривимірного графічного зображення в реальний фізичний об'єкт. Можна стверджувати, що 3D-друк є повною протилежністю традиційних методів механічного виробництва і обробки, як фрезерування або різка. 3D-принтерами називають верстати з числовим програмним управлінням (ЧПК), які виконують побудову деталі адитивним способом. Хоча технологія 3D-друку з'явилася ще в 80-х роках минулого століття, широке комерційне поширення 3D-принтери отримали тільки на початку 2010-х.

3D-друк виконується з використанням різних матеріалів (силікон, бетон, пластик, акрил, гідрогель, папір, деревні волокна, гіпс, метал, нейлон, полімерна або кам'яна крихта та ін).

3D-друк застосовується для створення реального предмету унікальної форми з максимально точними розмірами. Отже, принтер створює те, для чого раніше був потрібен цілий завод.

Друк на 3D-принтері використовується в наступних сферах:

- медицина. Вчені створюють за допомогою 3D-принтерів окремі клітини людського організму і тестують нові препарати. Крім того, відомі випадки друку на 3D-принтері вставної щелепи, інших видів анатомічних протезів, а також суглобів, штучних нирок, печінки, трахеї, клітин шкіри, судин і навіть нервової тканини;

- кіно (об'єкти надруковані для кіноіндустрії часом виглядають набагато реалістичніше, ніж комп'ютерна графіка і коштують дешевше, ніж справжні декорації (автомобілів, елементів інтер'єру, копій антикварних або футуристичною меблів і коштовностей і под.);

- архітектура. Вже сьогодні архітектори готові до того, щоб за допомогою 3D-принтеру будувати фантастичні будівлі з піску і інших елементів не тільки на Землі, але і на інших планетах нашої Сонячної системи;

- реклама і маркетинг. Реальні прототипи виробів створюються швидко і коштують недорого. Раніше подібна робота виконувалася вручну, що займало набагато більше часу, зараз, завдяки перенесенню конструювання в електронну форму, процес створення виробу з нуля подешевшав.

Технології 3D-друку стануть в нагоді тоді, коли необхідні:

- прототипування форми нового продукту, який потрібно наочно презентувати та затвердити у Замовника (наприклад, це може бути оригінальний футляр для iPhone, а також прототип будівлі, упаковки або транспортного засобу);

- створення деталей механізму: у такому випадку 3D-друк допоможе замінити загублені або зламані деталі, щоб уникнути великих витрат на покупку нового виробу або комплекту деталей. Це може бути деталь поламаної іграшки або кришка литого диску автомобіля, загублена в дорозі;

- друк прототипу для створення силіконових форм (або прес-форм з інших матеріалів), які будуть використані для лиття невеликої партії однакових виробів (дрібносерійне виробництво);
- друк декоративних виробів (предмети побуту, вази, фігурки казкових персонажів, збірні (у т. ч. декоративні) вироби тощо).

Переваги 3D-друку:

- швидкість (вручну створення реальної моделі в залежності від складності роботи може займати до місяця часу і більше. Технологія 3D-друку дозволить зробити це за один день);
- ціна (цінова політика безпосередньо залежить від складності моделі, а також використовуваного матеріалу. З упевненістю можна сказати, що 3D-друк буде коштувати на порядок дешевше, ніж ручне або автоматичне виробництво 3D-моделі);
- функціональність (об'єкт, виготовлений 3D-принтером можна використовувати відразу після виготовлення, але не варто забувати про те, що за допомогою 3D-принтеру можна поставити на потік дрібносерійне виробництво).

3D-принтери: порівняння, плюси і мінуси

Існує безліч технологій друку для 3D-принтерів: цифрова світлодіодна проекція (DLP), стереолітографія (SLA), селективне лазерне спікання (SLS), теплове спікання (SHS) і т.д. Зараз ми розглянемо про найпопулярніші на даний момент 3D-принтерах FFF.

FFF-принтери (Fused Filament Fabrication, «виробництво методом наплавлення ниток»), також відомі як принтери FDM (від Fused Deposition Modelling, «моделювання методом наплавлення»). Являють собою пристрої для створення тривимірних об'єктів, як зрозуміло з назви, шляхом пошарового нанесення на робочу поверхню розплавленого термопластика. FFF-принтери використовуються як для комерційної, так і для домашнього друку моделей.

3.2 Приклади 3D принтерів.

У кожного принтера є власна кінематична схема, по якій механічні частини пристрою приводяться в рух, а саме платформа і екструдери. Нижче буде розглянуто 3 типи принтерів: картезіанський, дельта і полярний.

3.2.1 Картезіанські 3D принтери.

Найпопулярнішим на ринку принтерів є з картезіанської кінематикою. Дана технологія використовує декартову систему координат, працює на основі трьох осей - X, Y, Z. За однією з цих осей або відразу кілька і відбувається рух механічний частин принтера, заданою програмою координати роблять схему переміщення і так само положення голівки, яка знаходиться щодо платформи. Принцип роботи полягає в тому, що платформа робить переміщення по висоті, а точніше осі Z, а головка переміщається по двох площинах X і Y. Ця схема більш поширена.

З усіх видів кінематичних 3D принтерів, більш ідеальну стабільність результатів показують картезіанські. Низька вартість витратних матеріалів, асортимент кольорів так само є плюсом даного виду принтерів. Картезіанські більш популярні серед як домашнього використання, так і для друку об'єктів для продажу. Дані принтери давно використовують як і любителі, так і професіонали. У мережі інтернет давно існує безліч спільнот, в яких можна знайти інформацію про те, як влаштован принтер, як працювати з ним і багато корисне.

Принтер легко придбати в зв'язку з не найвищою ціною. Поставляються вони як у вигляді набору для збірки, так і у вигляді зібраних, щоб друкувати можна було відразу після розпакування.



Рисунок 3.3 – Приклад картезіанського 3D принтера

3.2.2 Дельта-принтери.

Зовні і так само по роботі механічної частини дельта принтери відрізняються від картезіанських. Головною відмінністю принтера від картезіанського є спосіб рух голівки щодо столу принтера.

Дельта механіка принтера зовні являє собою закріпленого на трьох точках екструдера, який з'єднаний в єдину конструкцію, платформа принтера нерухома.

З переваг принтера перед картезіанським можна назвати високу швидкість друку, при цьому принтер поступається в якості друку. І причиною тому закріплений екструдер на трьох точках, двигуни працюють всі одночасно, через спільної роботи часто можуть виникати помилки координат, що і робить якість гіршою.

З плюсів можна відзначити малогабаритність. Конструкція досить таки не широка, хоча висока, при цьому не займає багато місця. Відсутні виступаючі деталі. Можливість друкувати високі моделі.

З недоліків можна відзначити задоволену високу ціну. Конструкція складна в збірці самостійно для новачків.



Рисунок 3.4 – Приклад Дельта-принтеру

3.2.3 Полярні 3D принтери.

Полярні принтери на ринку являються свіжими, їх кінематична схема представлена не так давно на ринку компанією Polar. Виходячи з назви можна зрозуміти, що принтер використовує полярну систему координат. Якщо перед цим принтери використовували звичні координати XYZ, то дана система позиціонує екструдер по радіусу і куту.

Робочий стіл, точніше платформа принтера має круглу форму, обертання столу відбувається по колу, рухається лише по горизонтальній осі, сам екструдер рухається виключно вгору і вниз. Конструкція нагадує собою вініловий програвач, тільки при цьому стіл не тільки обертається, а друкуюча головка обмежена в рухах.

З плюсів принтер дозволяє створювати великі об'єкти, так само він має більше енергоефективності. Полярні принтери менш точні у пресі, проте це згодом може виправитися.

Принтер використовує PLA пластик для друку, платформа не має підігріву, тим самим друкувати ABS пластиком вже важче. Виробник рекомендує використовувати принтер лише для освітніх цілей.

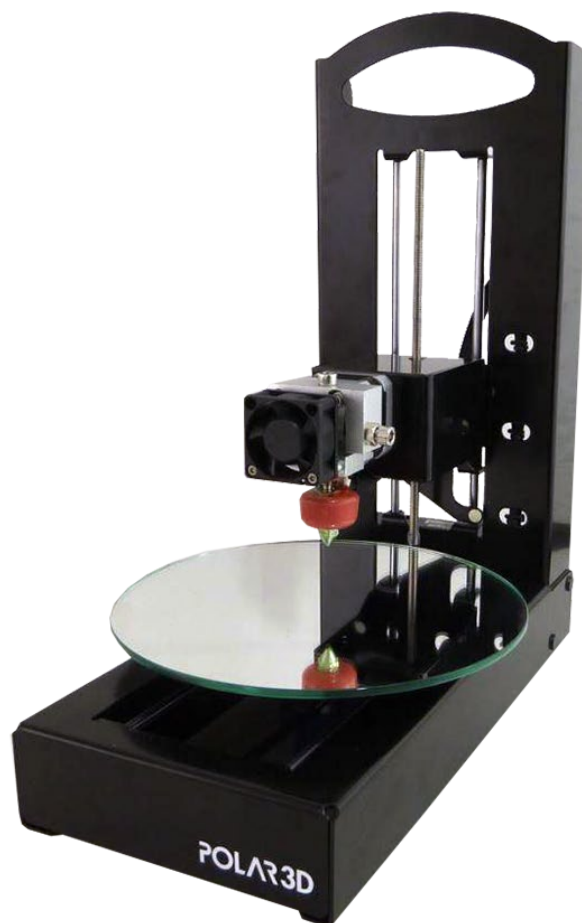


Рисунок 3.5 – Приклад Полярного 3D принтеру

3.3 Розробка моделі робота.

Для створення Інтерактивного маніпулятора ми використовуємо саморобний 3D-принтер (який знаходиться в університеті) та слайсер Ultimaker Cura.

Ultimaker Cura працює, розрізаючи файл моделі користувача на шари генеруючи специфічний для принтера g-code. Після завершення g-код може бути відправлений на принтер для виготовлення фізичного об'єкта. Слайсер відображає траєкторію руху головки принтера, час друку і масу матеріалу, який буде витрачено при друку з обраного матеріалу.

Програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, сумісний з більшістю настільних 3D-принтерів, може працювати з файлами в найбільш поширених 3D-форматах, таких як STL, OBJ, X3D, 3MF, а також формати файлів зображень, такі як BMP, GIF, JPG і PNG.

Робочий процес 3D-друку Інтерактивного маніпулятора зображено на рис. 3.6.

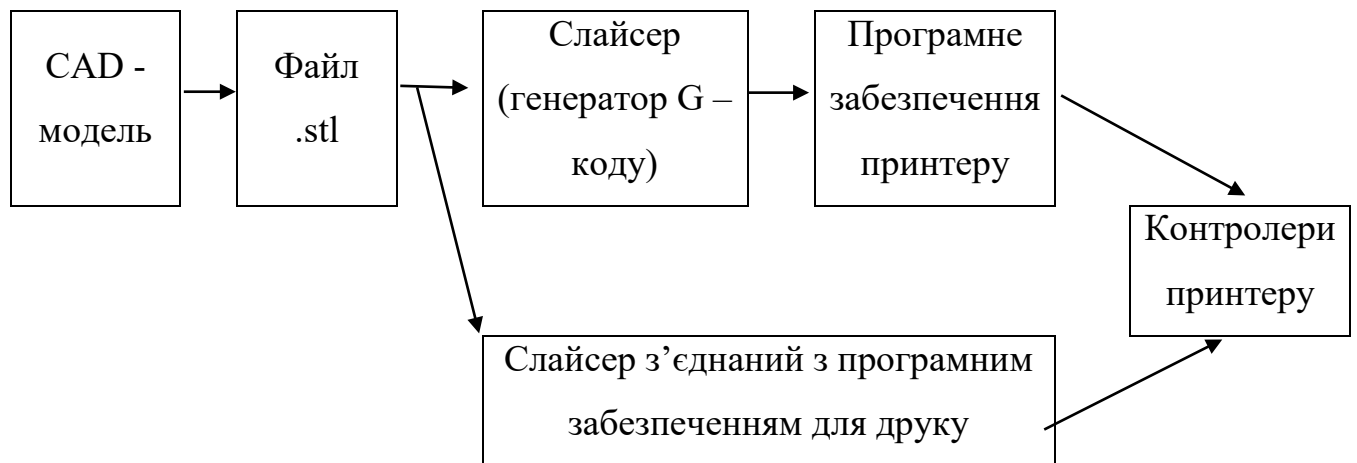


Рисунок 3.6 – Робочий процес 3D-друку

Виготовлення маніпулятора руки вироблялося на 3D принтері рис 3.7. Друк проводиться пластиком PLA

PLA-пластик (полілактид, ПЛА) - є біорозкладаним, біосумісним, термопластичними алифатическим поліефір, структурна одиниця якого - молочна кислота [6].

Робота PLA-пластиком на 3D-принтері ведеться за допомогою технології моделювання методом пошарового наплавлення (FDM-Fused Deposition Modeling). Нитка розплавляється, після чого доставляється за спеціальною насадкою на поверхню для роботи і осаджується. В результаті побудови моделі розплавленим пластиком створюється повністю готовий до застосування об'єкт.

Величина	Значення
Температура плавлення	173-178°C
Температура розм'якшення	50°C
Твердість (по Роквеллу)	R70-R90
Відносне подовження при розриві	3,8%
Температура склування	60-65°C
Густина	1,23-1,25 г/см ³
Точність друку	± 0,1%

Таблиця 3.2 Характеристики PLA пластика.

PLA пластик має механічні властивості:

- міцність на розтяг 51 МПа;
- відносне подовження при розриві 30%;
- модуль пружності при розтягу 2300 МПа;
- модуль пружності при згинанні 1440;
- міцність при згинанні 80 Мпа.

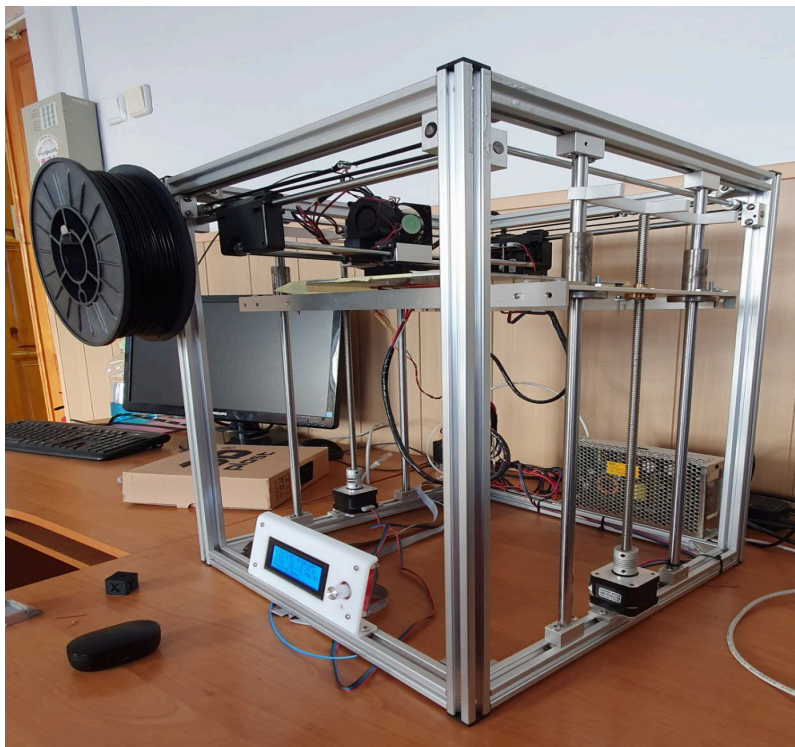


Рисунок 3.7 – Саморобний 3D-принтер Національного Університету «Запорізька Політехніка»

Перегляд, редагування та ремонт моделей для друку в форматі STL. Не всі файли STL ідеальні, а деякі можуть мати і явні недоліки. Дефекти моделей приводять збоїв при друку.

Програмне забезпечення перегляду, редагування і ремонту файлів STL дозволяє візуалізувати, змінювати і виправляти файли STL, щоб гарантувати, що вони готові до 3D-друку. Зазвичай таке ПО поєднане з наступною різновидом програм для 3D-друку – Слайсери. Слайсер перетворює STL-файл в G-код - керуючий код для принтера, що містить команди для друку кожного шару моделі і послідовність їх застосування. Також слайсер містить в собі функції діагностики і ремонту або автоматичного виправлення моделей.

Калібрування допомагає відкалібрувати принтер і спрощує підбір параметрів для оптимальної друку. Вона потрібна як під час першого налаштування принтера, так і в процесі використання – для визначення параметрів друку конкретного пластика. Програма для друку, вона відповідає за передачу G-коду на принтер, дозволяє відстежувати процес друку і змінювати налаштування в режимі реального часу, якщо принтер підключений до комп'ютера.

Ці чотири типи програмного забезпечення для тривимірного друку дозволяють втілити цифрову 3D-модель в фізичний 3D -об'єкт рис 3.8 та рис. 3.9.



Рисунок 3.8 – Фаланги пальців Інтерактивного маніпулятора роздруковані на 3D-принтері



Рисунок 3.9 – Нижня частина передпліччя

Після друку всіх запчастин Інтерактивного маніпулятора проводимо збірку діючого прототипу. Для перевірки працездатності зібрати маніпулятор та перевіряємо вірність концепції.

Далі проводимо обробку деталей. Всі деталі маніпулятора доводимо до відповідного стану, якщо необхідно використовуємо напилки, наждачний папір, для гладкості і міцності.

На цьому етапі йде збірка і налагодження механічної частини руки маніпулятора. Складання деталей суглобів пальців рис. 3.10. Збірка корпусу, підключення всіх компонентів.

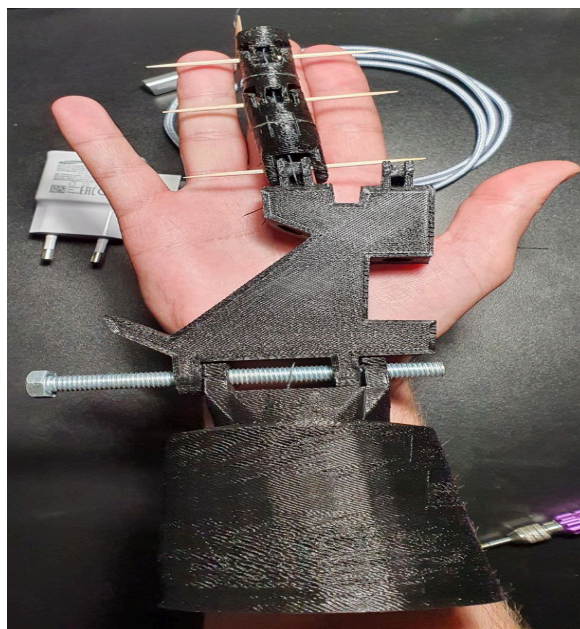


Рисунок 3.10 – Збір і налагодження механічної частини руки маніпулятора

Підводячи підсумки переваг використання 3D-принтеру, треба зазначити, що завдяки оптимальному співвідношенню ціни і якості, всі недоліки моделі, виявлені на етапі її прототипування, можна швидко і з незначними витратами усунути; а також створити відразу кілька варіацій прототипів одного і того ж продукту.

ВИСНОВКИ

У рамках роботи здійснено розробку Інтерактивного маніпулятора. Для вирішення поставлених завдань використовувалися методи системного аналізу, керування промисловими роботами та сучасних інформаційних технологій.

Проведений огляд та аналіз основних понять та визначень роботів і робото технічних пристроїв встановив, що робот – це машина з антропоморфною (гуманоїдною) поведінкою, яка частково або повністю виконує функції людини (іноді тварини) при взаємодії з навколишнім світом. Робот – це електромеханічний пристрій, здатний до доцільної поведінки в умовах мінливої зовнішньої обстановки, здійснює робочі операції зі складними просторовими переміщеннями та має широке застосування в виробництві.

Була розглянута класифікація роботів та основних технічних характеристик Інтерактивного маніпулятора.

Було проведено розрахунок характеристик Інтерактивного маніпулятора, створена та розглянута схема робота маніпулятора. В середовищі 3D моделювання Fusion 360 було розроблено просторову модель макета Інтерактивного маніпулятора, було створено деталювання та креслення основних деталей та маніпулятора в цілому. Завдяки 3D-принтеру роздруковано і зібрано усі деталі, з яких і складається робот. Окрім цього робота-маніпулятора запрограмовано та налагоджено на подальшу роботу у навчальних цілях.

У цьому дослідженні було помічено, що рухи пальців сприймаються та імітуються з високим ступенем точності без проблем завдяки гнучким датчикам, встановленим на рукавиці. Новизна система полягає в тому, що систему можна контролювати та відстежувати положення рухів руки.

Також слід зазначити, що ціна Інтерактивного маніпулятора стане комерційно більш поширеною, оскільки вона низька вартість складає лише 6420 грн. Інтерактивний маніпулятор також може бути використаний в оборонній промисловості, при проведенні робіт зі знешкодження бомб, в небезпечних місцях для здоров'я та безпеки людини тощо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Johnsson J. Boeing Scuttles Use of Robots for Fuselage Work on 777, 777X Jetliners. Transport topics /J. Johnsson, P. Shukovsky– New York 2019 – 1p.
2. Бейктал, Дж. Конструюем роботов на Arduino. Первые шаги / Дж. Бейктал ; пер. с англ. О. А. Трефиловой. – Москва : Лаборатория знаний, 2016. – 320 с.
3. Васильков В. Г. Організація виробництва. Навч. посібник / В. Г. Васильков – К.: КНЕУ, 2003. – 524 с.
4. Гернет М.М. Курс теоретической механики: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 344 с.
5. Гоголюк П. Ф. Теорія автоматичного керування: навч. посіб. / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. – 280 с. – ISBN: 978-966-553-725-0
6. Гололобов В.Н. С чего начинаются роботы. О проекте Arduino для школьников и не только [Текст] / В.Н. Голобоко. - Москва: 2011.— 189 с.
7. ГОСТ 25685-83 Роботы промышленные. Классификация
8. Депутат О.П. та ін. Цивільна оборона. Підручник [Текст] / О.П.Депутат, І.В.Коваленко, І.С.Мужик; За ред. полковника П. І. Кашина. - Львів: ІПП «Василькевич К.І.», 2005. - 340 с.
9. Дергунов О.В. Комп'ютеризована система вихрострумового неруйнівного контролю / О.В. Дергунов, Ю.В. Куц, // Системи обробки інформації. Вип. 8, Харків - 2013. - С.75-79.
10. Довідкова інформація Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступа : <https://www.arduino.cc>
11. ДСТУ 2879-94 Маніпулятори, автооператори, роботи промислові та системи виробничі гнучкі. Терміни та визначення.
12. Дубовой В. М., Моделирование та оптимізація систем: підручник / В.М. Дубовой, Р.Н. Кветний, О.І. Михальов, А.В.Усов. – Вінниця: «ТД «Еднльвейс», 2017. – 804 с.

- 13.Дьяконов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2002. – 61 с.
- 14.Егоров О.Д. Конструирование механизмов роботов / О.Д. Егоров; М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2012. - 444 с.
- 15.Куц Ю. В. Статистична фазометрія / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак – Тернопіль: Вид-во Тернопіл. технічного ун-ту імені Івана Пулюя, 2009. – 383с.
- 16.Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напр. «Автоматизація і комп'ютерноінтегровані Технології» / М.В. Лукінюк ; Нац. техн. ун-т України «Київськ. політехн. ін-т». – К. : КПІ, 2008. – 236 с.
- 17.Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: Физматгиз, 1971. – 632 с.
- 18.Основы проектирования машин: учебное пособие / И.Ф. Дьяков, В.Я. Недоводеев, В.Н. Демокритов, А.В. Олешкевич. – Изд. 2-е, перераб. И доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 127 с.
- 19.Попович М. Г. Теорія автоматичного керування: Підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – Київ: «Либідь», 2007. – 656 с. - ISBN: 966-06-0447
- 20.Промышленные роботы и манипуляторы [электронный ресурс]. Режим доступа:
http://cncnc.ru/documentation/theory_of_mechanismus_and_machines/lect_19
- 21.Репнікова Н. Б. Теорія автоматичного керування: класика і сучасність; підручник / Н. Б. Репнікова. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 328 с.
- 22.Сляднева Н.А. «Робоскоп вт-3000» Роботизированный комплекс вихретокового контроля / Диагностические приборы. Средства и технологии неразрушающего контроля.– 2008, №1. – С.31.

- 23.Спину Г. А. Промислові роботи: конструювання та застосування. – Київ: Вища школа, 1985.
- Чірва Д. М. «Інформаційна система для моделювання роботи маніпуляторів» випускна робота 2020 р. – 50 с.
- 24.Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб.и доп. – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 416 с.