

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МОДЕЛІ ОБРОБНОГО
ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Гловацький Ігор Валерійович

(підпис)

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

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гловацькому Ігорю Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування та виготовлення моделі обробного обладнання за допомогою лазерних технологій

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р., № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталей обробного обладнання, технічні характеристики лазерного різального верстата з ЧПК

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

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

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. 3D модель чотириноного обробного обладнання – 1 ф. А1; 2. Послідовність створення деталі лазерним різанням – 1 ф. А1; 3. Розкрій деталей для лазерного вирізання – 1 ф. А1; 4. Деталі виробу та зібрана одиниця – 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

1.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>15.03.25</i>	
2.	<i>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>11.04.25</i>	
3.	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>16.04.25</i>	
4.	<i>ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	<i>20.04.25</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>11.05.25</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>24.05.25</i>	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>30.05.25</i>	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Гловацький І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Сичук В.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гловацький І.В. Проектування та виготовлення моделі обробного обладнання за допомогою лазерних технологій. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

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

Робота включає в себе наступні питання які були розглянуті: різновиди та особливості роботів на ногах; гексапод, робот який натхненний формою павука; моделювання деталей обробного обладнання; моделювання збірної одиниці; налагодження обробки деталей лазерним різанням; виготовлення деталей на лазерному верстаті; збирання виробу; особливості безпеки лазерних різальних машин; передексплуатаційні перевірки безпеки; поширені небезпеки та захисні заходи при роботі з лазерним різальним верстатом; відповідність стандартам безпеки; надзвичайні процедури.

Ключові слова: лазерне різання, робот, ЧПК, моделювання.

ABSTRACT

Glowatsky I.V. Design and manufacturing of a model of processing equipment using laser technologies. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

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

The work includes the following issues that were considered: types and features of legged robots; hexapod, a robot inspired by the shape of a spider; modeling of processing equipment parts; modeling of an assembly unit; setting up laser cutting processing of parts; manufacturing parts on a laser machine; assembling the product; safety features of laser cutting machines; pre-operational safety checks; common hazards and protective measures when working with a laser cutting machine; compliance with safety standards; emergency procedures.

Keywords: laser cutting, robot, CNC, modeling.

ВСТУП

Робота гексаподів та чотириногих роботів

Сучасна робототехніка активно розвивається в напрямі створення мобільних платформ, здатних ефективно пересуватися по складних поверхнях. Серед таких пристроїв особливе місце займають гексаподи (шестиногі роботи) та чотириногі роботи, які імітують біомеханіку комах або тварин.

Гексаподи — це роботи з шістьма кінцівками, зазвичай симетрично розміщеними по три з кожного боку корпусу. Така конструкція забезпечує їм надзвичайну стійкість і можливість залишатися збалансованими навіть у разі втрати однієї ноги. Гексаподи здатні реалізовувати різноманітні типи ходи: трипода (три ноги на землі — три в русі), хвильова хода, чергова. Завдяки цьому вони можуть долати перешкоди, працювати в умовах складного рельєфу, наприклад, у зоні катастроф чи під час дослідження поверхні інших планет. Одним з відомих прикладів є гексаподний робот від Boston Dynamics або дослідницькі проекти NASA.

Чотириногі роботи (квадрупеди) більш схожі на ссавців, таких як собаки або олені. Завдяки меншій кількості кінцівок, вони мають гнучкішу систему управління, але потребують складніших алгоритмів балансування. Такі роботи здатні до стрибків, бігу, руху по сходах і навіть збереження рівноваги при штовханні. Один із найвідоміших прикладів — робот Spot від Boston Dynamics. Він широко застосовується в індустріальному моніторингу, безпеці, будівництві, а також у військових цілях.

Загалом, гексаподи мають перевагу в стабільності, а чотириногі — у мобільності та адаптивності. Вибір конструкції залежить від завдань, які стоять перед розробниками. Обидва типи роботів мають велике майбутнє в галузях, де недоступні традиційні транспортні засоби або де потрібне автономне рішення в складному середовищі.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Різновиди та особливості роботів на ногах

Роботи на ногах [1] — це тип мобільних роботів, які використовують шарнірні кінцівки, такі як механізми для ніг, для пересування. Вони є більш універсальними, ніж колісні роботи, і можуть пересуватися по різних місцевостях, хоча ці переваги вимагають підвищеної складності та енергоспоживання. Роботи на ногах часто імітують тварин на ногах, таких як люди або комахи, як приклад біомімікрії.

Хо́да та схема опори

Роботи на ногах, або ходові машини, призначені для пересування по пересіченій місцевості та потребують керування приводами ніг для підтримки рівноваги, датчиків для визначення положення ніг та алгоритмів планування для визначення напрямку та швидкості руху. Періодичний контакт ніг робота з землею називається ходою ходунків.

Для підтримки руху центр ваги ходунків повинен підтримуватися статично або динамічно. Статична підтримка забезпечується шляхом забезпечення того, щоб центр ваги знаходився в межах опорної схеми, утвореної ногами, що контактують із землею. Динамічна підтримка забезпечується шляхом утримання траєкторії центру ваги таким чином, щоб його можна було переміщувати силами однієї або кількох його ніг.

Типи

Роботів на ногах можна класифікувати за кількістю кінцівок, які вони використовують, що визначає доступні ходи. Роботи з багатьма ногами, як правило, стабільніші, тоді як менша кількість ніг забезпечує більшу маневреність.

Одноногі

Одноногі роботи, або роботи-пого-стіки, використовують стрибки для навігації. У 1980-х роках Університет Карнегі-Меллона розробив одноногого робота для вивчення рівноваги. SALTO в Берклі — ще один приклад.

Двоногі

Двоногі роботи демонструють двоногий рух. Як такі, вони стикаються з двома основними проблемами:

1. Контроль стабільності, що стосується балансу робота;
2. Контроль руху, що стосується здатності робота рухатися.

Контроль стабільності особливо складний для двоногих систем, які повинні підтримувати баланс у напрямку вперед-назад навіть у стані спокою. Деякі роботи, особливо іграшки, вирішують цю проблему за допомогою великих ніг, що забезпечують більшу стабільність, зменшуючи при цьому рухливість. Як альтернатива, більш досконалі системи використовують датчики, такі як акселерометри або гіроскопи, для забезпечення динамічного зворотного зв'язку, який наближається до балансу людини. Такі датчики також використовуються для контролю руху та ходьби. Складність цих завдань сприяє машинному навчанню.



Рисунок 1.1 – [ASIMO](#) - двоногий робот

Простий двоногий рух можна апроксимувати рухом, що котиться, де довжина кожної сторони відповідає довжині одного кроку. Зі зменшенням довжини кроку кількість сторін збільшується, і рух наближається до руху по колу. Це пов'язує двоногий рух з рухом на колесах як обмеження довжини кроку.

До двоногих роботів належать:

- Атлас від Boston Dynamics
- Іграшкові роботи, такі як QRIO та ASIMO.
- Робот Валькірія від NASA, призначений для допомоги людям на Марсі.
- Робот TORIO, який грає в пінг-понг.

Чотириногий

Чотириногі роботи демонструють чотириногий рух. Вони мають підвищену стабільність порівняно з двоногими роботами, особливо під час руху. На низьких швидкостях чотириногий робот може рухати лише одну ногу за раз, забезпечуючи стабільний триногий механізм. Чотириногі роботи також мають нижчий центр ваги, ніж двоногі системи.

До чотириногих роботів належать:

- Серія ТІТАН, розроблена з 1980-х років лабораторією Хіросе-Йонеда.
- Динамічно стабільний BigDog, розроблений у 2005 році компанією Boston Dynamics, Лабораторією реактивного руху NASA та польовою станцією Конкорд Гарвардського університету.
- Наступник BigDog, LS3.
- Spot від Boston Dynamics
- ANYmal та ANYmal X (вибухобезпечна версія) від ANYbotics
- Новий міні-робот-гепард від MIT, що перевертається назад
- Aliengo від Unitree Robotics
- Stanford Pupper
- Роботи Open Dynamic Robot Initiative з 8 та 12 ступенями свободи

- Робот-кіт-бот з рухомим хребтом
- Робот-дитинча гепарда від Лабораторії біороботики
- Робот Oncilla від Лабораторії біороботики (з відкритим кодом)
- Робот Morti від Dynamic Locomotion Group
- Медоїд від MAB Robotics



Рисунок 1.2 – Чотириногий робот "BigDog" розроблявся як мул, здатний долати складну місцевість.

Шестиногий

Шестиногі роботи, або гексаподи, мотивовані прагненням до ще більшої стабільності, ніж двоногі або чотириногі роботи. Їхні остаточні конструкції часто імітують механіку комах, і їхні ходи можна класифікувати аналогічно. До них належать:

- Хвильова хода: найповільніша хода, при якій пари ніг рухаються «хвилею» від спини до переду.

- Тринога хода: трохи швидший крок, при якому три ноги рухаються одночасно. Решта три ноги забезпечують стабільний триніг для робота.

Шестиногі роботи включають:

- LAURON, шестиногий робот, натхненний біологічними процесами, який розробляється в FZI Forschungszentrum Informatik у Німеччині.

- Odex, шестиногий робот вагою 375 фунтів, розроблений Odetics у 1980-х роках. Odex відзначився своїми бортовими комп'ютерами, які керували кожною ногою.

- Genghis, один з найперших автономних шестиногих роботів, був розроблений у Массачусетському технологічному інституті Родні Бруксом у 1980-х роках.

- Сучасна серія іграшок «Гексжук».

Восьминогий

Восьминогі роботи натхненні павуками та іншими павукоподібними, а також деякими підводними ходячими істотами. Вони пропонують найбільшу стабільність, що дозволило досягти деяких ранніх успіхів з роботами на ногах.

До восьминогих роботів належать:

- Dante, проект Університету Карнегі-Меллона, розроблений для дослідження гори Еребус.

- T8X, комерційно доступний робот, розроблений для імітації зовнішнього вигляду та рухів павука.

Гібриди

Деякі роботи використовують комбінацію ніг і коліс. Це забезпечує машині швидкість та енергоефективність пересування на колесах, а також мобільність навігації на ногах. Одним із прикладів є Handle від Boston Dynamics, двоногий робот з колесами на обох ногах.

1.2 Гексапод, робот який натхненний формою павука

Шестиногого робота-крокуна не слід плутати з платформою Стюарта, різновидом паралельного маніпулятора, що використовується в робототехніці.

Робот-гексапод [2] — це механічний транспортний засіб, який ходить на шести ногах. Оскільки робот може бути статично стабільним на трьох або більше ногах, робот-гексапод має велику гнучкість у тому, як він може рухатися. Якщо ноги стають несправними, робот все ще може ходити. Крім того, не всі ноги робота потрібні для стабільності; інші ноги вільні для досягнення нових положень ніг або маніпулювання корисним вантажем.

Багато роботів-гексаподів біологічно натхненні локомоцією гексапод-роботами-інсектоподібними. Гексаподи можуть бути використані для перевірки біологічних теорій про локомоцію комах, руховий контроль та нейробіологію.



Рисунок 1.3 – Жук-шестиногий

Конструкції

Конструкції гексаподів різняться розташуванням ніг. Роботи, натхненні комахами, зазвичай мають латерально симетричну структуру, як-от робот RiSE в Карнегі-Меллон. Радіально симетричний гексапод — це робот ATHLETE (All-Terrain Hex-Legged Extra-Terrestrial Explorer) в JPL.

Як правило, окремі ноги мають від двох до шести ступенів свободи. Ноги гексапода зазвичай загострені, але також можуть мати наконечники з клейкого матеріалу, щоб допомогти підніматися по стінах або колесах, щоб робот міг швидко рухатися, коли земля рівна.



Рисунок 1.4 – Два роботи-гексаподи в Технологічному інституті Джорджії з камерами CMUCam, встановленими зверху

Локомоція

Найчастіше гексаподи контролюються за допомогою рухів, які дозволяють роботу рухатися вперед, повертатися та, можливо, робити кроки вбік. Деякі з найпоширеніших рухів такі:

- Змінний триніжок: 3 ноги на землі одночасно.
- Чотириногий.
- Повз: рухайте лише однією ногою за раз.

Ходи гексаподів часто стабільні, навіть на злегка кам'янистій та нерівній місцевості.

Рух також може бути безходовим, що означає, що послідовність рухів ніг не фіксована, а вибирається комп'ютером у відповідь на вимірюване середовище. Це може бути найбільш корисним на дуже кам'янистій місцевості, але існуючі методи планування руху є обчислювально-ресурсоємними.



Рисунок 1.5 – Моделювання ходячого гексапода

Біологічно натхненний

Комахи обрані як моделі, оскільки їхня нервова система простіша, ніж у інших видів тварин. Крім того, складну поведінку можна пояснити лише кількома нейронами, а шлях між сенсорним вхідним сигналом та руховим виходом відносно коротший. Поведінка ходьби комах та нейронна архітектура використовуються для покращення пересування роботів. І навпаки, біологи можуть використовувати роботів-гексаподів для перевірки різних гіпотез.

Біологічно натхненні роботи-гексаподи значною мірою залежать від виду комах, який використовується як модель. Тарган та палочник – два найпоширеніші види комах; обидва були ретельно вивчені етологічно та нейрофізіологічно. Наразі невідома повна нервова система, тому моделі зазвичай поєднують різні моделі комах, включаючи моделі інших комах.

Ходи комах зазвичай отримують двома підходами: централізованою та децентралізованою архітектурами керування. Централізовані контролери безпосередньо визначають переходи всіх ніг, тоді як у децентралізованих архітектурах шість вузлів (ніг) з'єднані в паралельну мережу; ходи виникають внаслідок взаємодії між сусідніми ногами.

1.3 Висновки щодо розділу

В даному розділі проведено огляд ряду роботизованих систем які здійснюють рух за рахунок ходи, тобто переставлянням ніг робота. Проаналізовано одно-, дво-, чотири-, шести-, восьминогі мобільні роботи [1]. В якості дослідної конструкції робота обрано чотириногу компоновку, що дуже

подібна до гексаподної конструкції [2]. В наступних розділах буде здійснено проектування конструкції чотириноного робота та безпосереднє виготовлення його рухомих елементів.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Моделювання деталей обробного обладнання

В якості компоновки обробного обладнання оберемо конструкцію запропоновану в матеріалах за посиланням [4]. Інформація викладена у вище представленому джерелі стосується конструкції квадрупеда, тобто мобільного робота який пересувається за рахунок чотирьох ніг.

Для початку необхідно змодельювати усі необхідні деталі виробу. Скористаємося програмним забезпеченням SolidWorks.

В нашому випадку можна скористатися двома способами побудови деталей. Перший спосіб полягає у витягуванні векторної графіки деталі на товщину заготовки. Другий спосіб полягає у побудові деталі за допомогою набору різних функцій в самій програмі SolidWorks.

Розглянемо перший спосіб.

Отже, в програму SolidWorks завантажуюємо DXF файл (рис. 2.1).

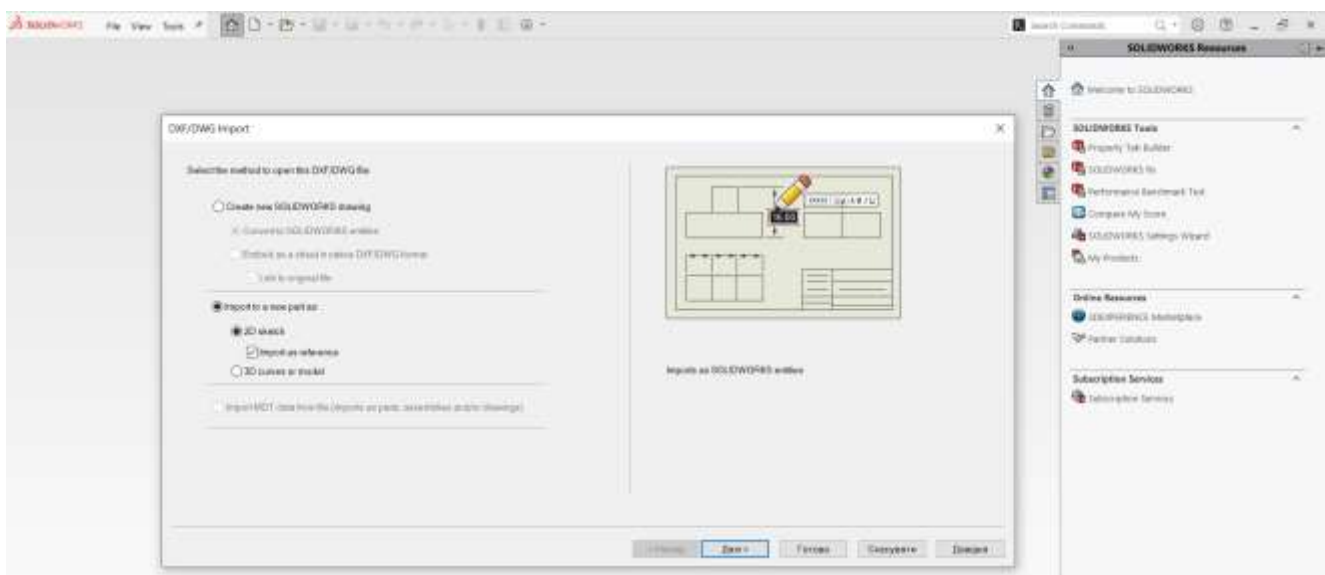


Рисунок 2.1 – Завантаження DXF файлу.

Обираємо одиниці вимірювання геометричної форми контуру. В нашому випадку міліметри (рис. 2.2).

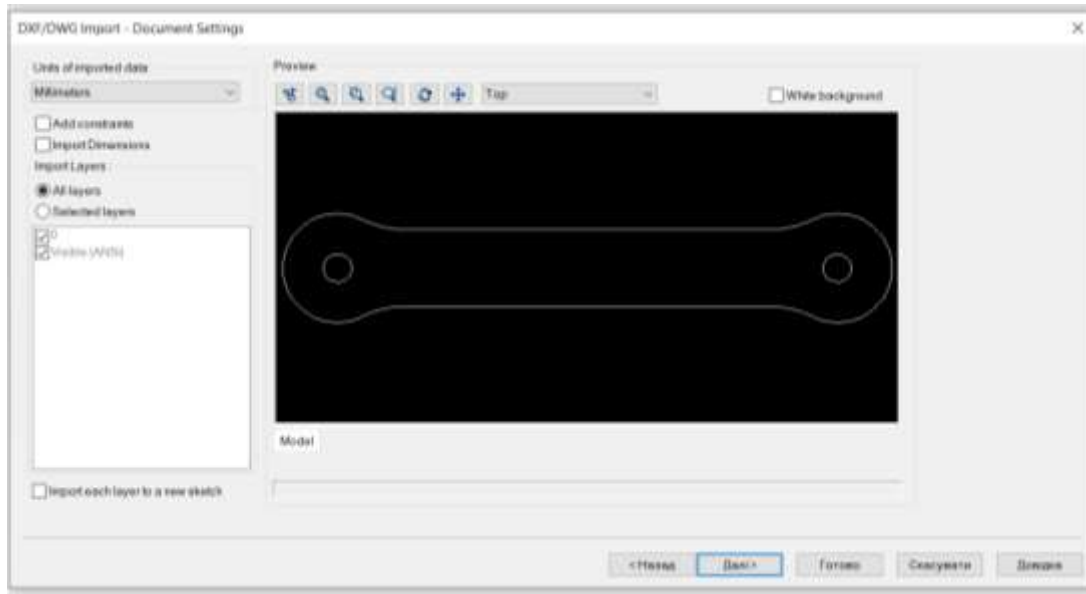


Рисунок 2.2 – Вибір одиниць вимірювання геометрії деталі.

В результаті отримуємо імпортований контур деталі в SolidWorks (рис. 2.3).

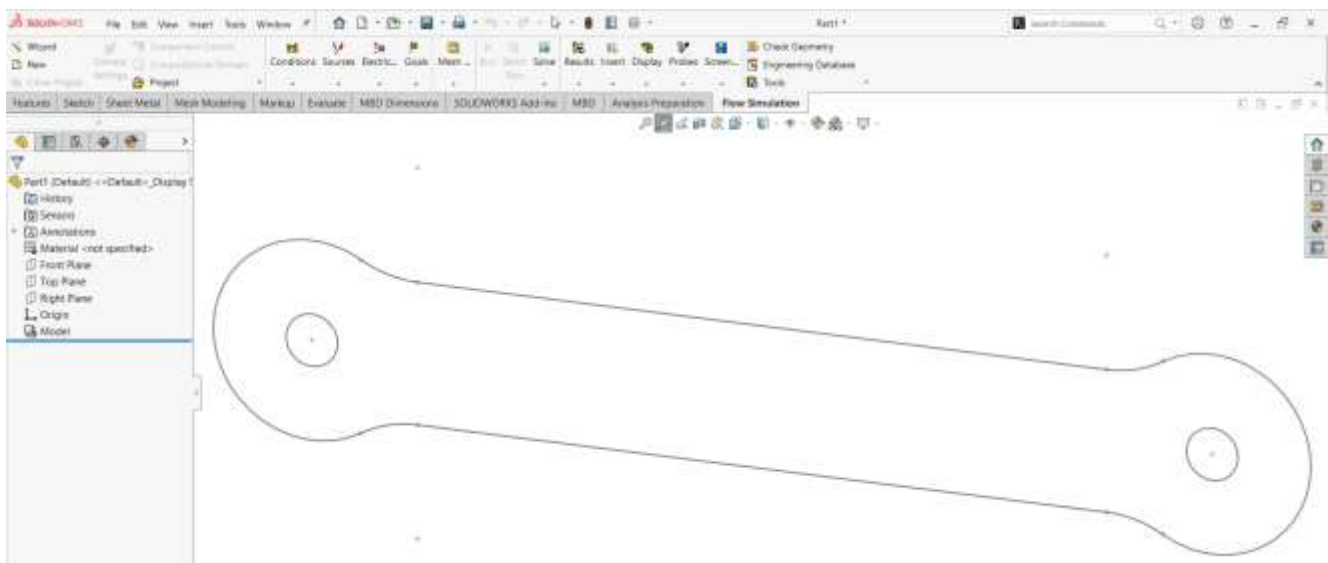


Рисунок 2.3 – Результат імпорту контуру деталі.

Маючи геометрію деталі в середовищі SolidWorks можна над нею здійснювати різноманітні маніпуляції/обробку. Тут необхідно застосувати команду Extrude Boss/Base, тобто створити деталь методом витягування і витягнути її на товщину заготовки, тобто 3 мм (рис. 2.4).

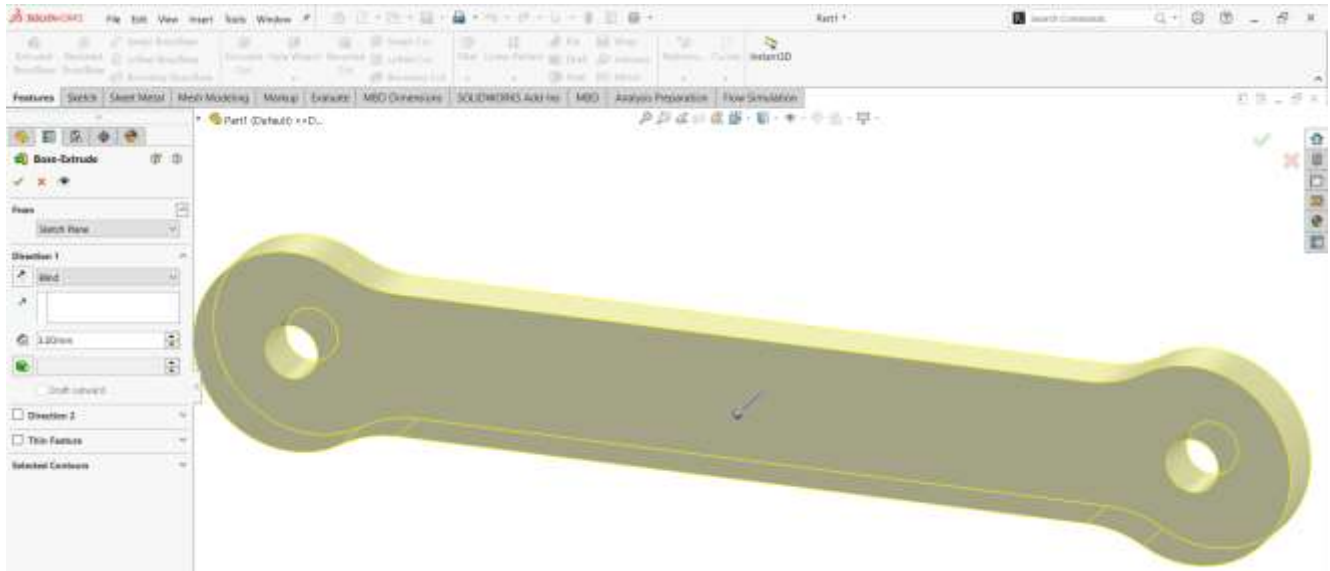


Рисунок 2.4 – Витягування контуру на товщину 3мм.

В результаті проведеної роботи отримуємо готову 3D модель деталі, що є складовою обробного обладнання (рис. 2.5).

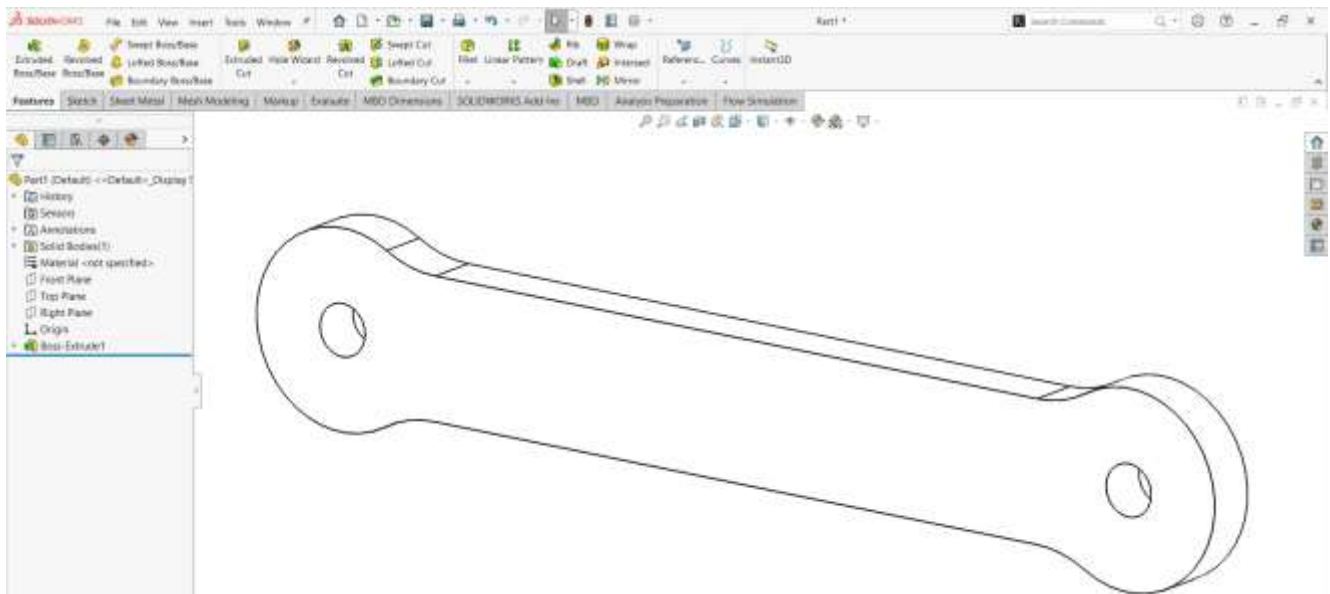


Рисунок 2.5 – Готова 3D модель деталі.

Розглянемо другий варіант побудови цієї ж деталі (методами SolidWorks).

Отже в режимі ескізу за допомогою елементарних побудов (лінії, кола, скруглення) згідно геометричних розмірів утворюємо контур деталі (рис. 2.6).

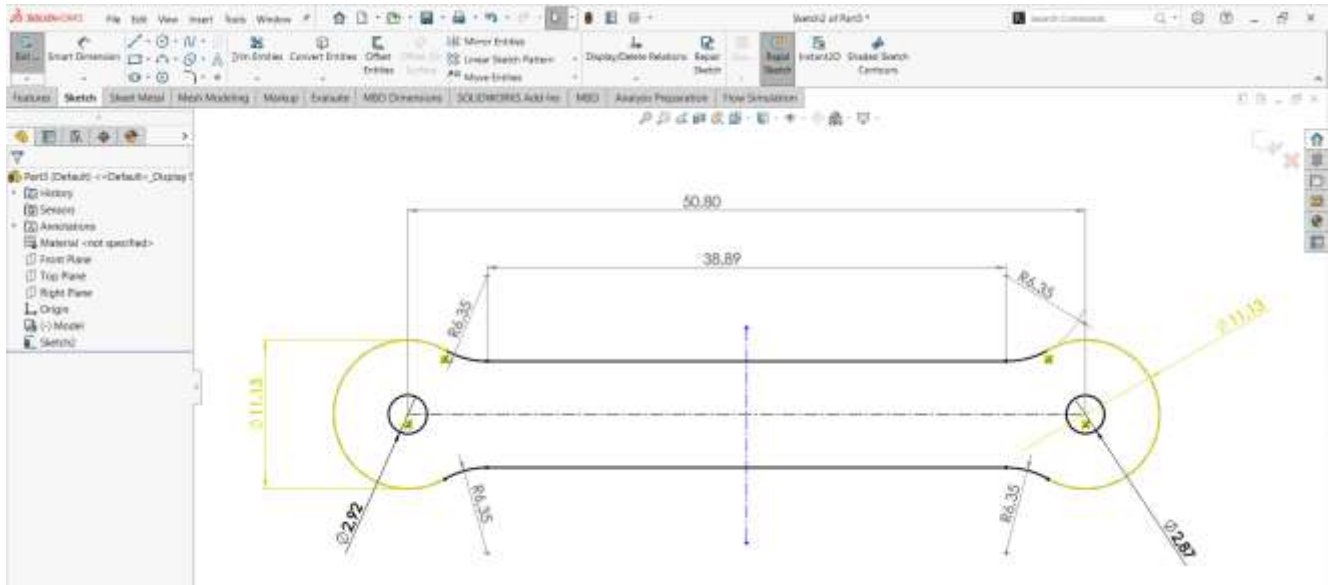


Рисунок 2.6 – Побудова контурів деталі в режимі ескізу елементами SolidWorks.

Для створення об'ємної фігури, отриманий готовий контур аналогічним чином витягуємо на товщину 3 мм (рис. 2.7).

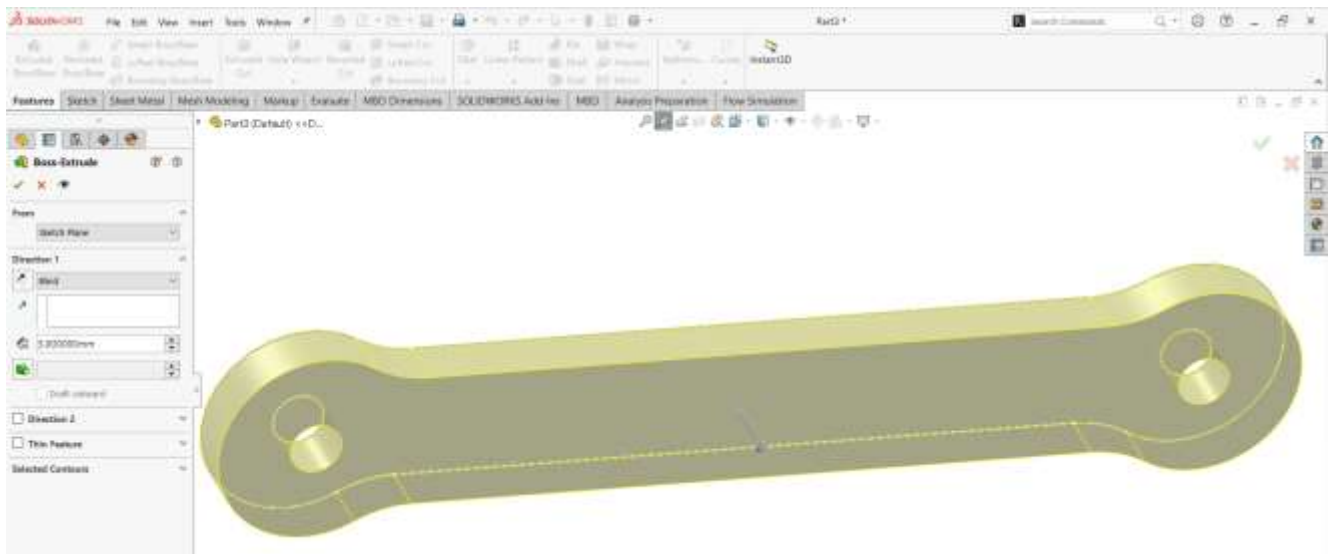


Рисунок 2.7 – Створення об'ємної фігури методом витягування.

В результаті проведеної роботи отримуємо готову 3D модель деталі яка є складовою квадрупеда (рис. 2.8), яка по своїй суті є аналогічною деталі, що була побудована першим способом.

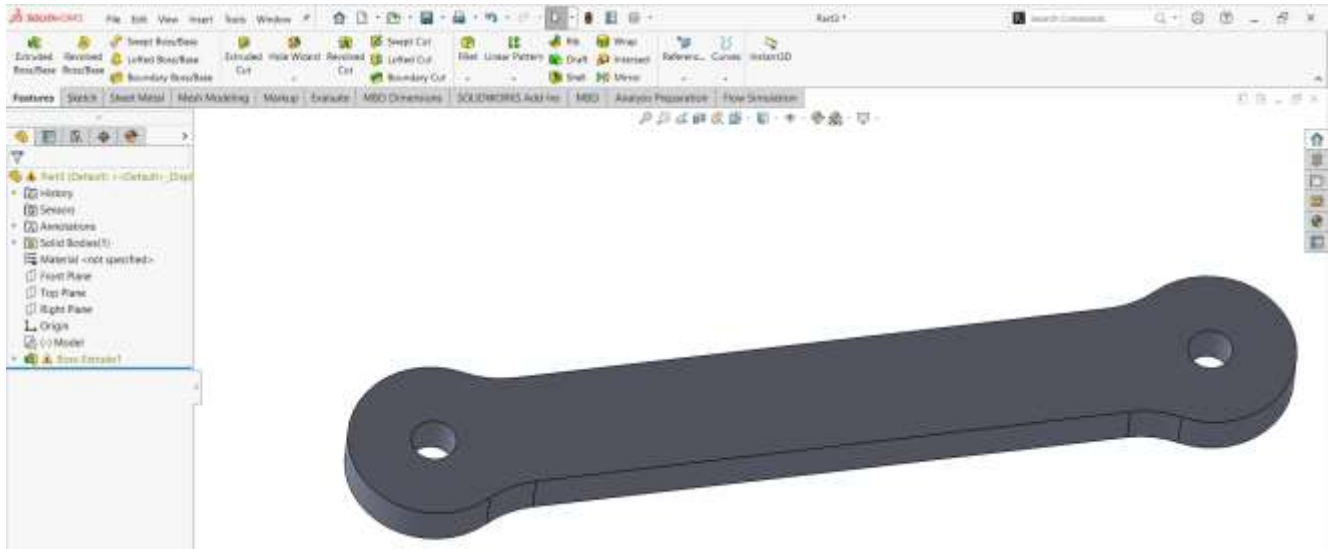


Рисунок 2.8 – Створення об'ємної фігури методом витягування.

На рисунках представлених далі показані усі змодельовані деталі з яких складається обладнання.

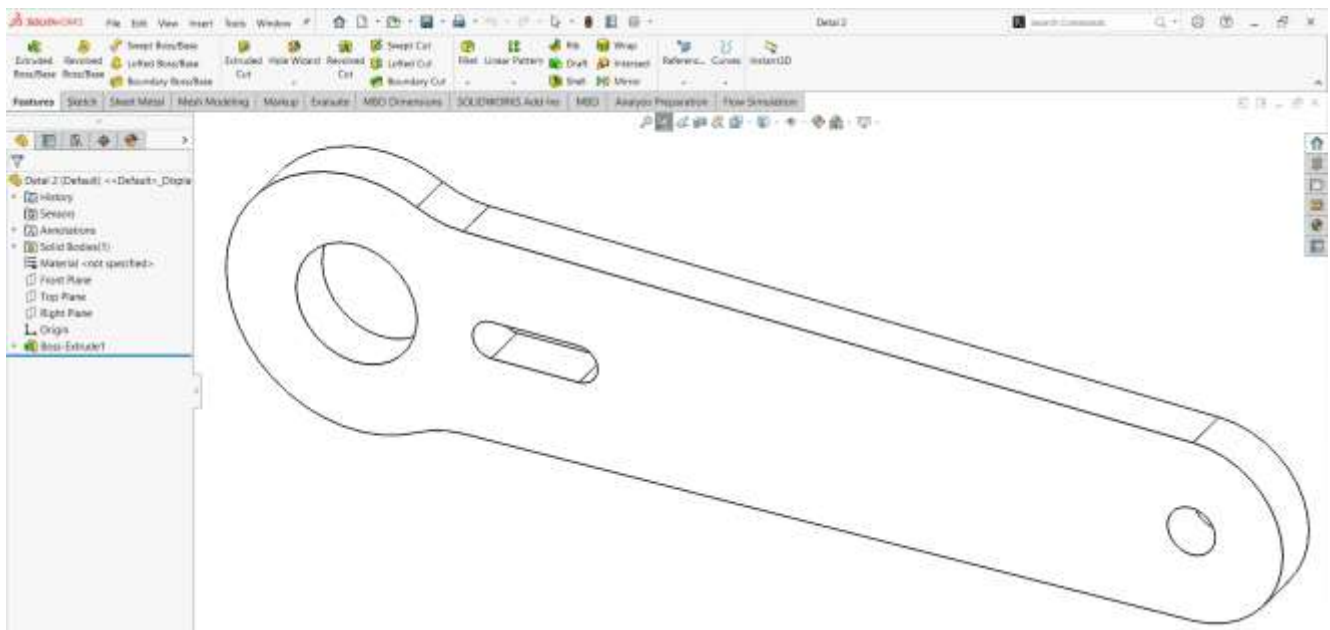


Рисунок 2.9 – Змодельована деталь 2.

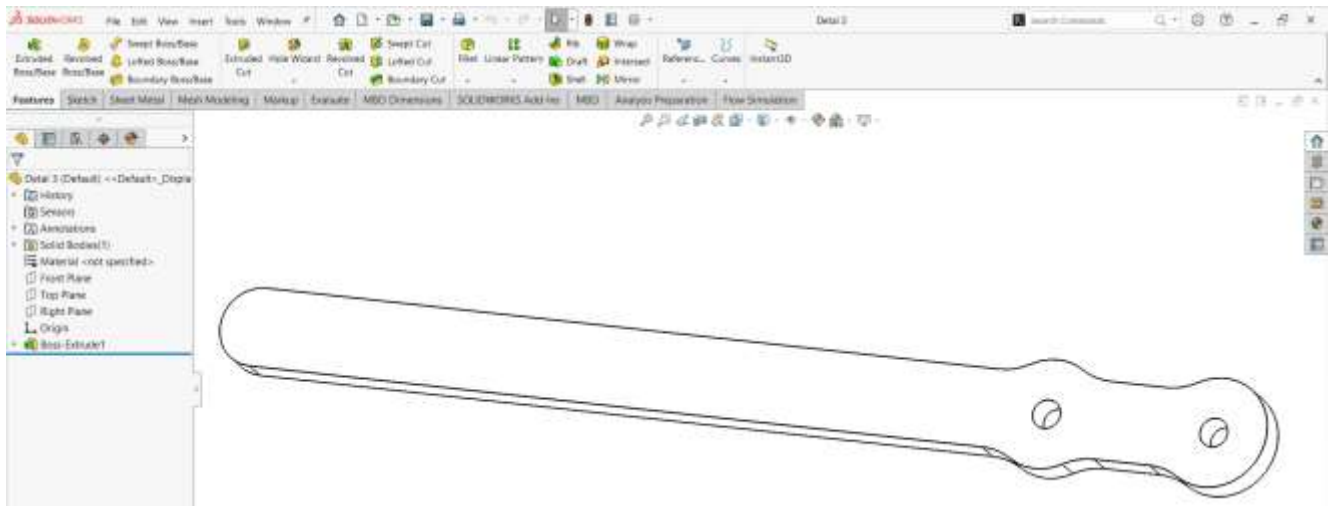


Рисунок 2.10 – Змодельована деталь 3.

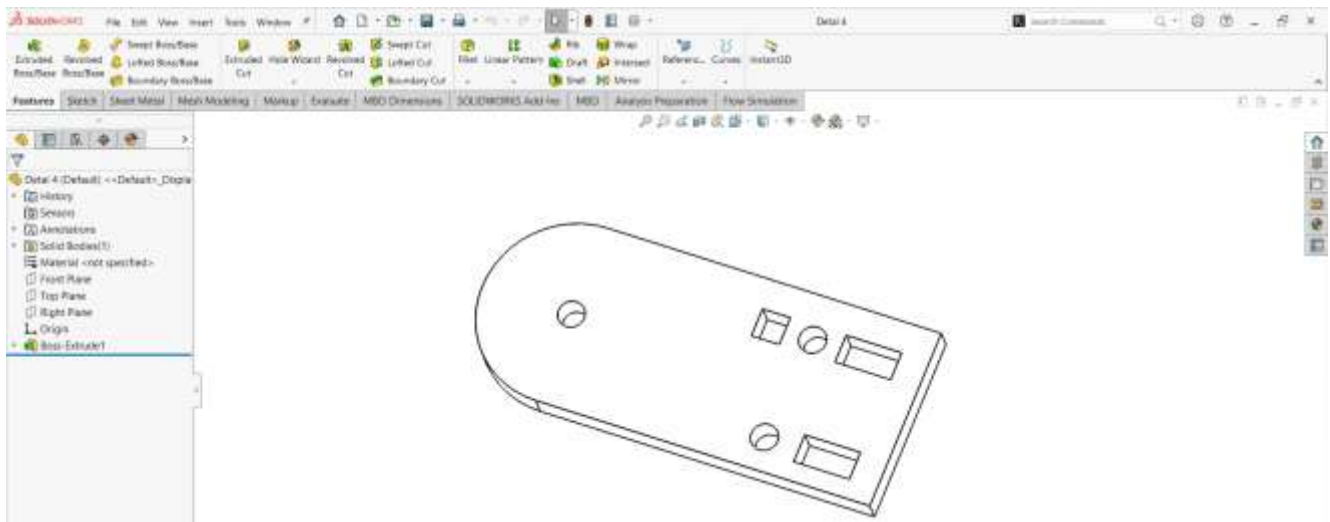


Рисунок 2.11 – Змодельована деталь 4.

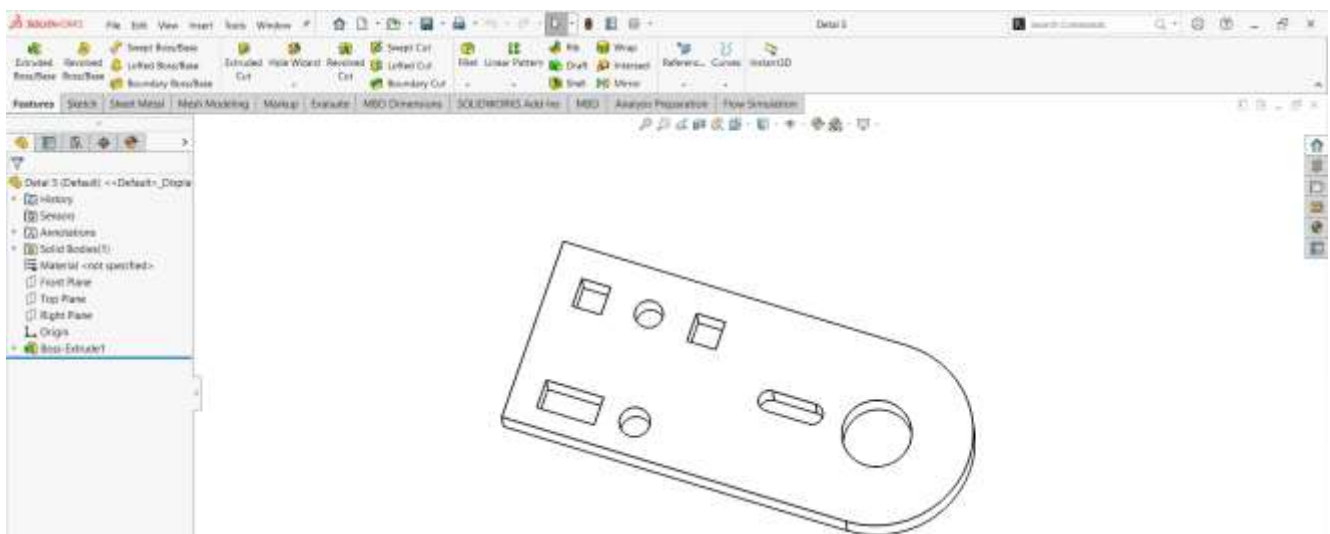


Рисунок 2.12 – Змодельована деталь 5.

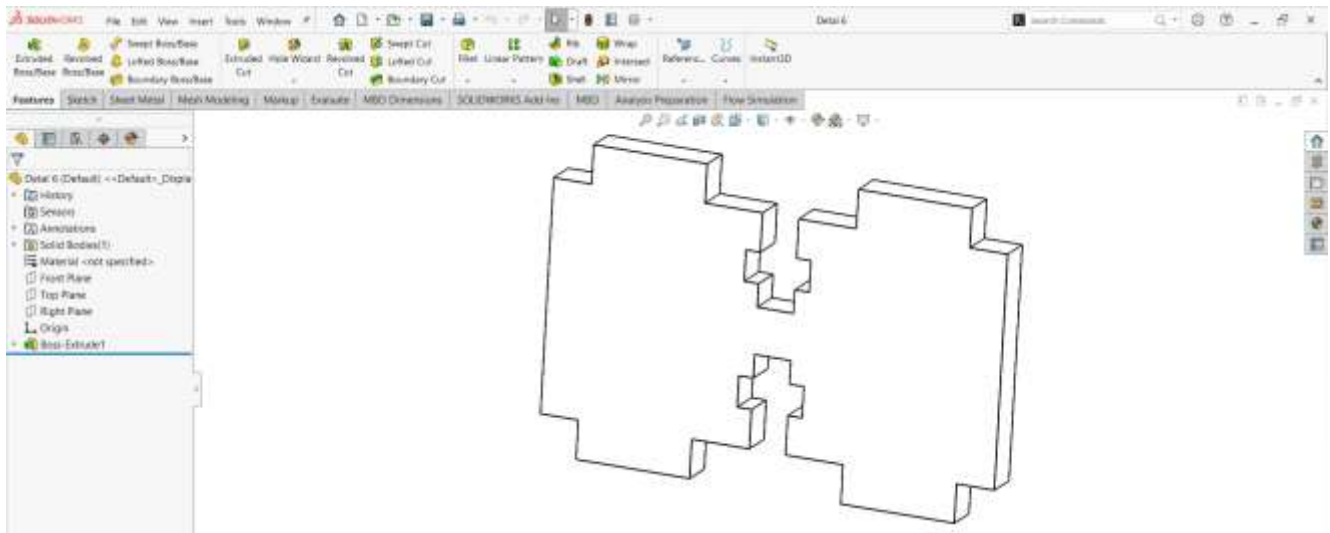


Рисунок 2.13 – Змодельована деталь 6.

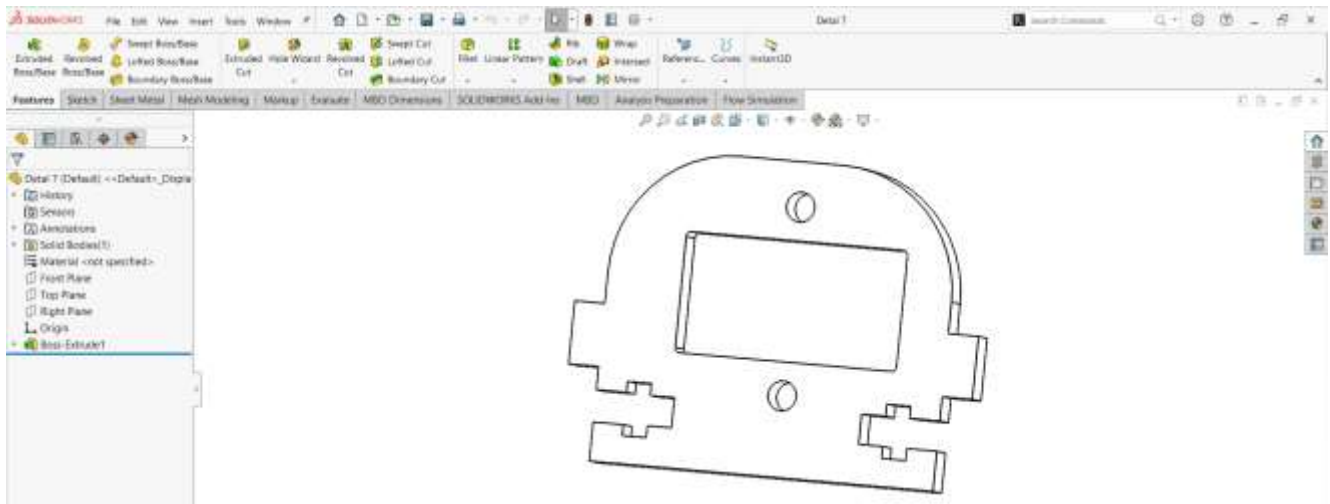


Рисунок 2.14 – Змодельована деталь 7.

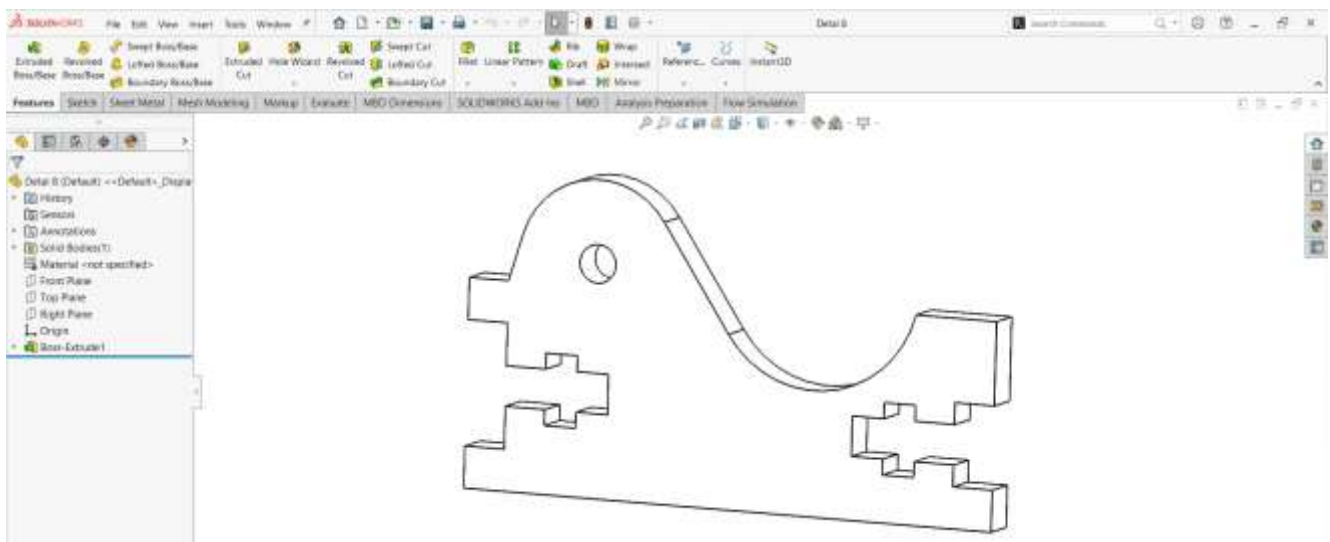


Рисунок 2.15 – Змодельована деталь 8.

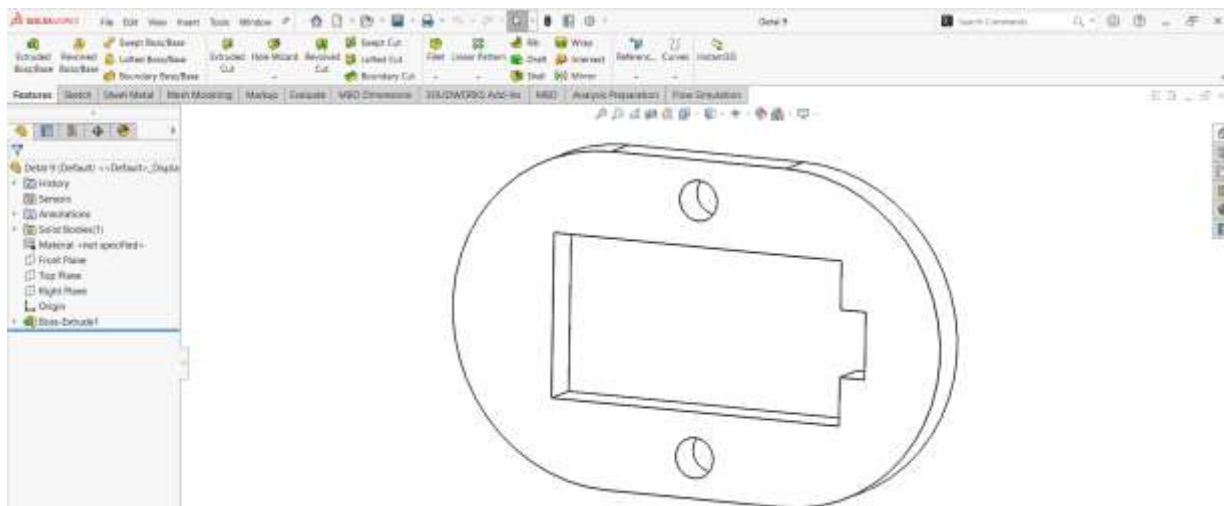


Рисунок 2.16 – Змодельована деталь 9.

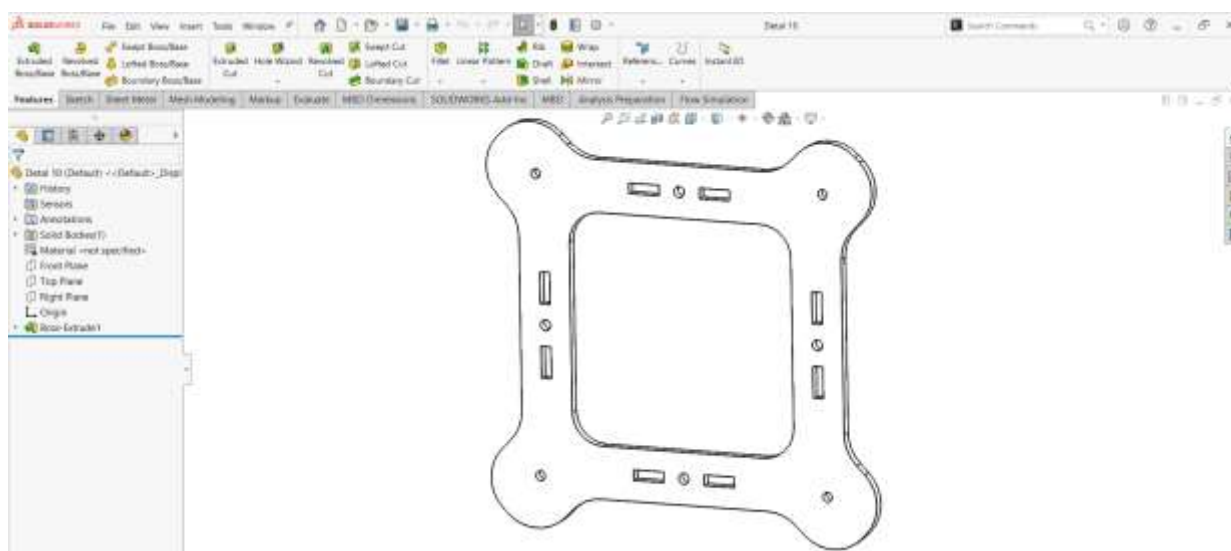


Рисунок 2.17 – Змодельована деталь 10.

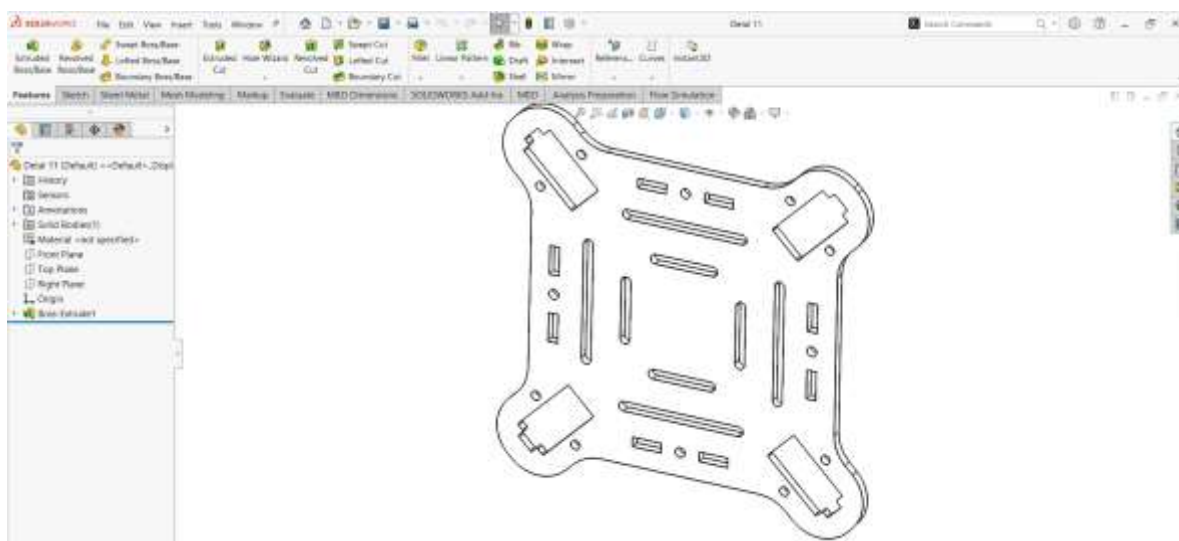


Рисунок 2.18 – Змодельована деталь 11.

Усі змодельовані деталі виконані згідно розмірів, щоб в подальшому зробити збірну одиницю.

2.2 Моделювання збірної одиниці

Змодельовати збірну одиницю необхідно для того щоб переконатися що всі деталі підходять одна до одної і не заважають одна одній при русі.

Сутність збирання деталей в збірну одиницю полягає у визначеному взаємному розміщенні поверхонь одних деталей з поверхнями інших деталей. Взаєморозміщеннями можуть слугувати до прикладу паралельність, перпендикулярність, концентричність, суміщення, розміщення під кутом, розміщення на визначеній відстані, дотичність і т.п.

В якості прикладу опишемо збірку двох деталей.

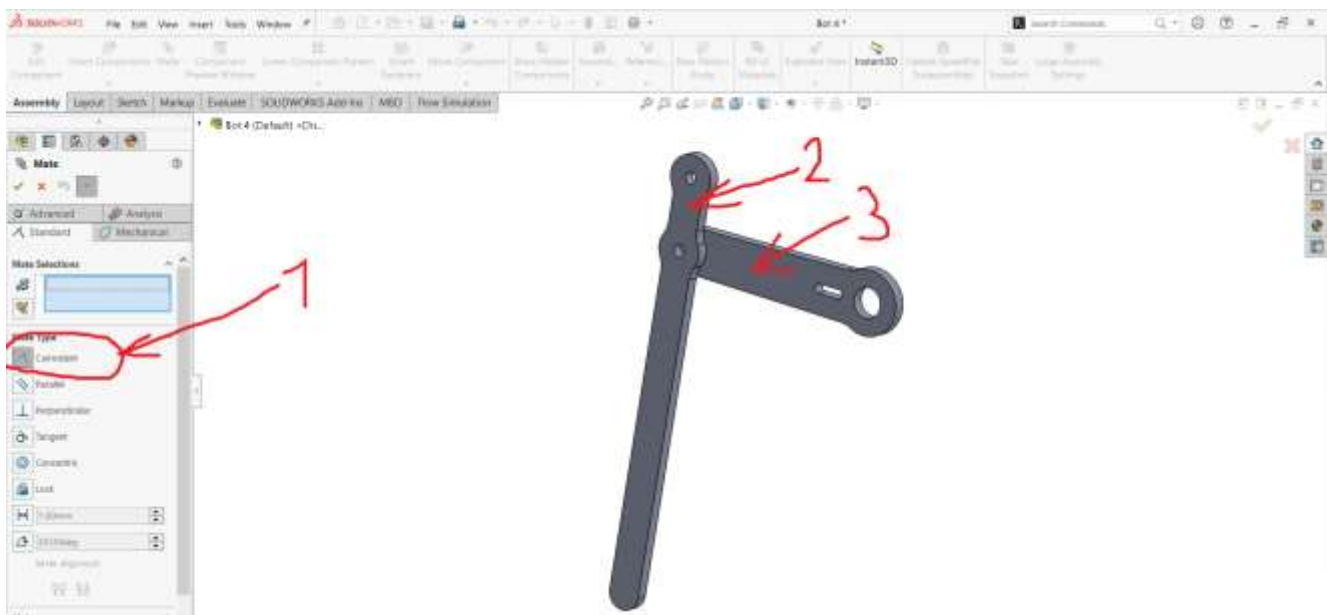


Рисунок 2.19 – Налаштування взаємного розміщення двох поверхонь двох деталей.

На рис. 2.19 показано налаштування розміщення двох деталей. Позиція 1 – тип взаємного розміщення поверхонь позиція 2 та позиція 3. Тобто дані поверхні сумістилися.

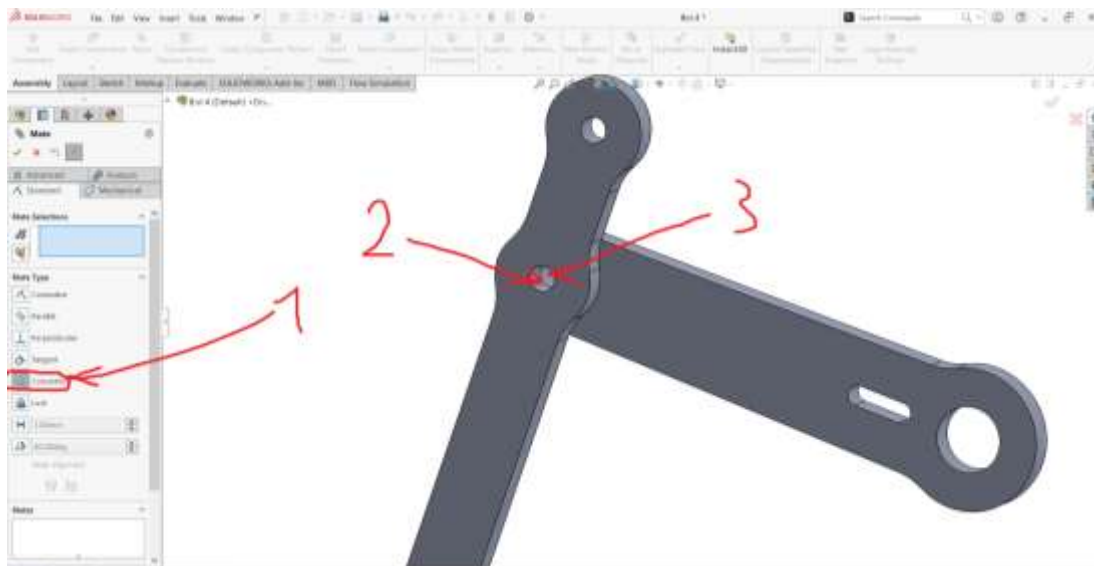


Рисунок 2.20 – Налагодження взаємного розміщення концентричності двох поверхонь двох деталей.

На рис. 2.20 показано додаткове налагодження розміщення двох деталей. Позиція 1 – тип взаємного розміщення (концентричність) поверхонь позиція 2 та позиція 3. Тобто дані поверхні сумістилися. В даному випадку отвори розмістилися концентрично один до одного. В результаті отримали з'єднання яке імітує шарнірне.

Подібним чином налагоджуємо взаємне розміщення і інших деталей збірної одиниці. На рисунку 2.21 показано результат проведеної роботи.

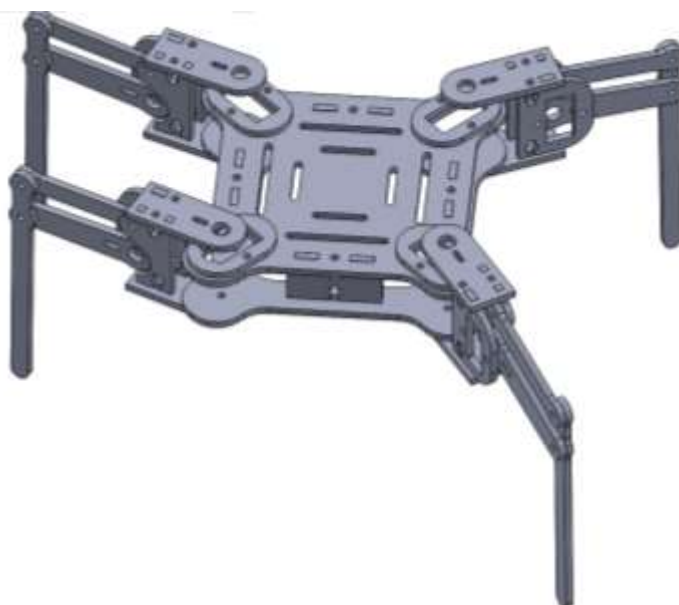


Рисунок 2.21 – 3D модель збірної одиниці.

2.3 Моделювання руху збірної одиниці

Отримавши збірну одиницю для перевірки її руху необхідно змоделювати симуляцію ходи даного виробу. Така перевірка дозволить уникнути ситуацію, коли деталі виробу будуть впиратися одні в інші.

Застосуємо функціонал модуля Motion Study, в якому призначимо поворотний рух ноги. Дане налагодження наведено на рис.2.22.

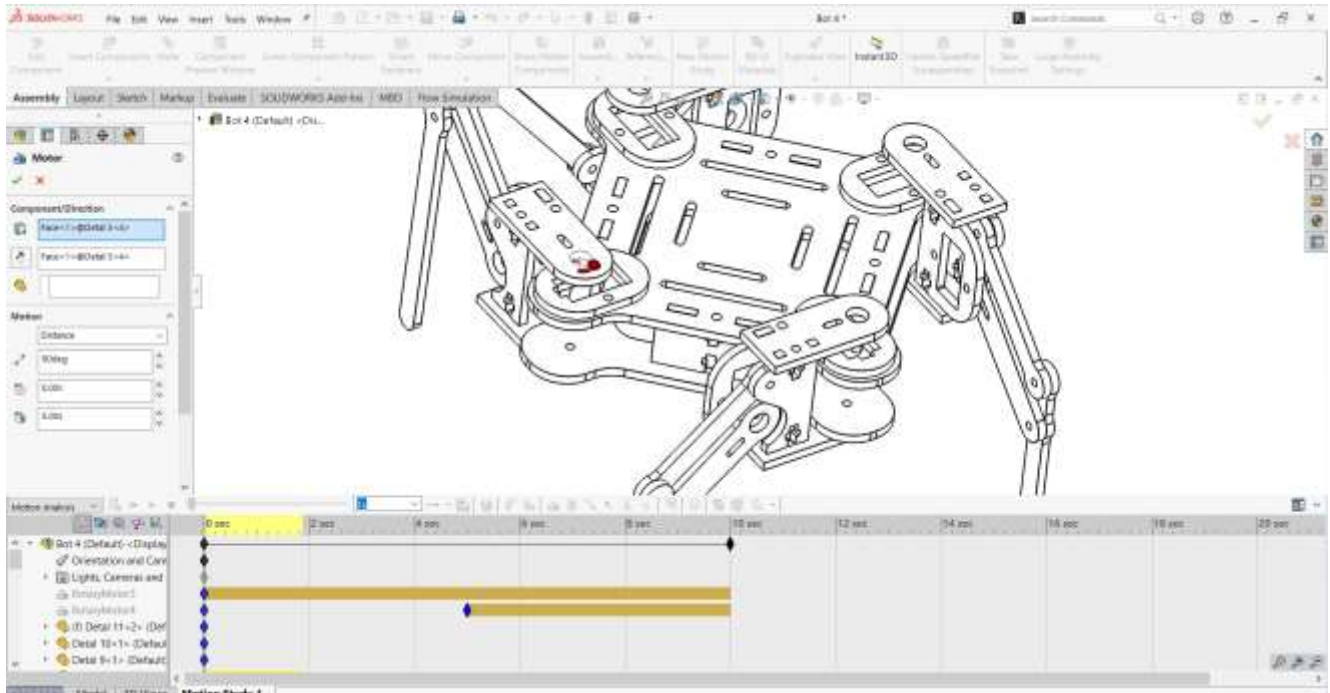


Рисунок 2.22 – Моделювання руху збірної одиниці.

Провівши усі необхідні моделювання та симуляції. Було визначено, що конструкція правильна і буде коректно функціонувати в реальному житті.

2.3 Висновки щодо розділу

Даний розділ був присвячений моделюванню усіх компонентів виробу, взаємного розташування деталей та здійснено симуляцію руху збірної одиниці. Усі дані дії були призначені для перевірки правильного функціонування рухомого механізму. Результат роботи – усе змодельовано правильно і рух виробу є коректним.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Налагодження обробки деталей лазерним різанням

Усі змодельовані деталі необхідно виготовити. В якості методу виготовлення оберемо лазерне різання на верстаті з числовим програмним управлінням.

Приведемо послідовність дій для здійснення налагодження обробки. В якості програмного забезпечення для налагодження оберемо FeatureCAM.

Важливим етапом у налагодженні обробки є формування розкладки усіх деталей на листовій заготовці. На рис. 3.1 наведено результат розкладки деталей на листовій заготовці.

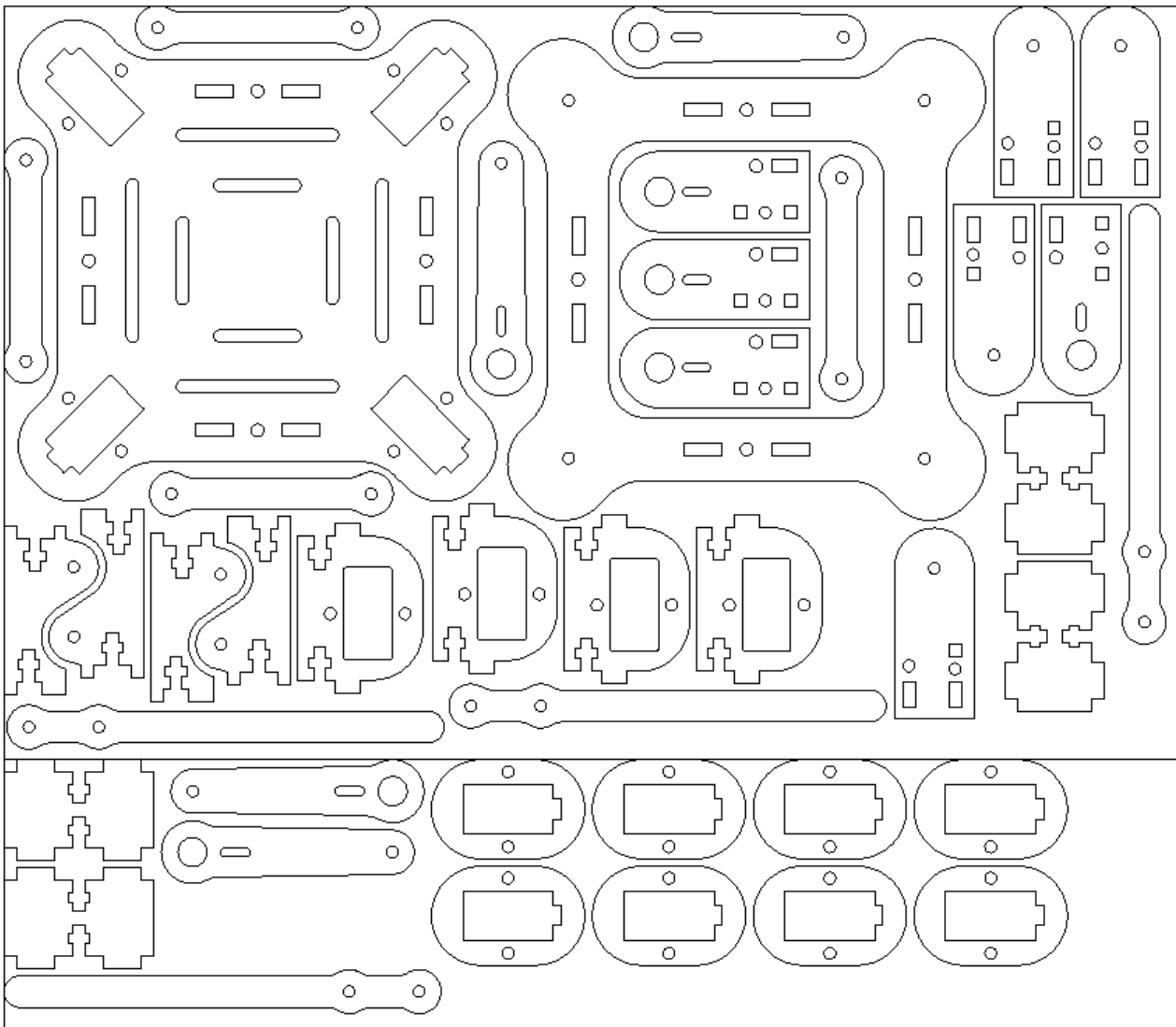


Рисунок 3.1 – Розкладка деталей.

Як видно з рис. 3.1 розкладка здійснена таким чином щоб максимально економно використати листову заготовку товщиною 3мм.

Далі в програмному забезпеченні FeatureCAM відкриваємо дану розкладку і обираємо метод фрезерування (представлено на рис. 3.2) (згодом програмний код буде підлаштовано під лазерне різання).

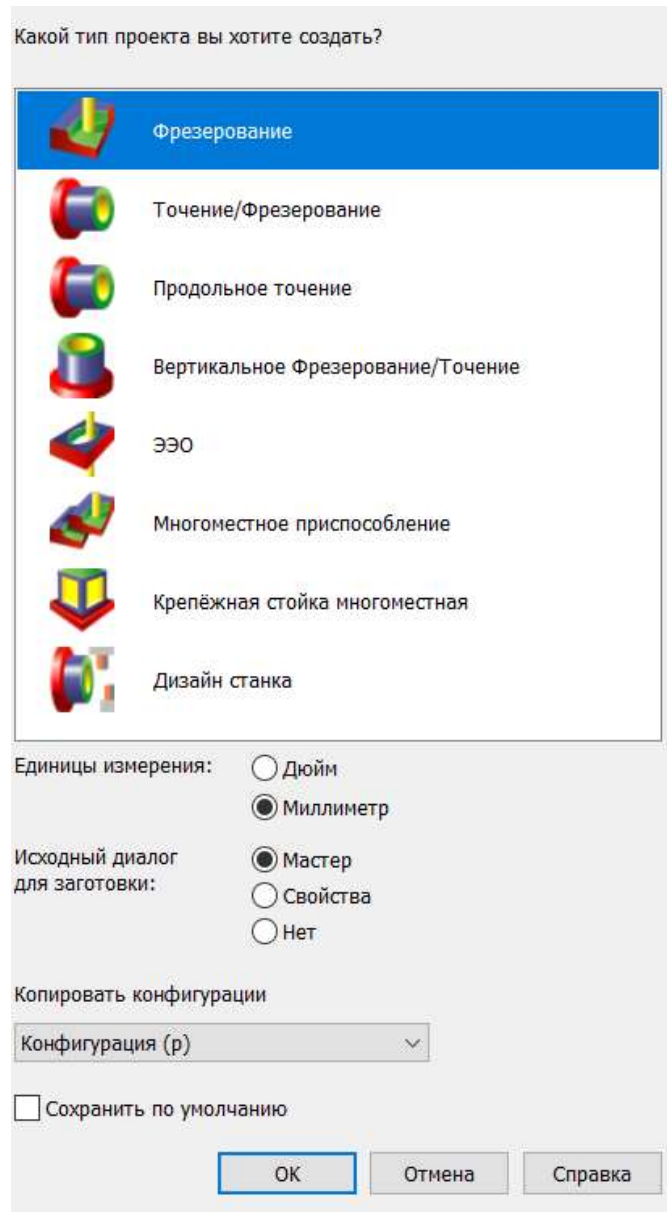


Рисунок 3.2 – Вибір методу обробки.

На рисунку 3.3 наведено файл для обробки та визначення розташування по осях X Y Z.

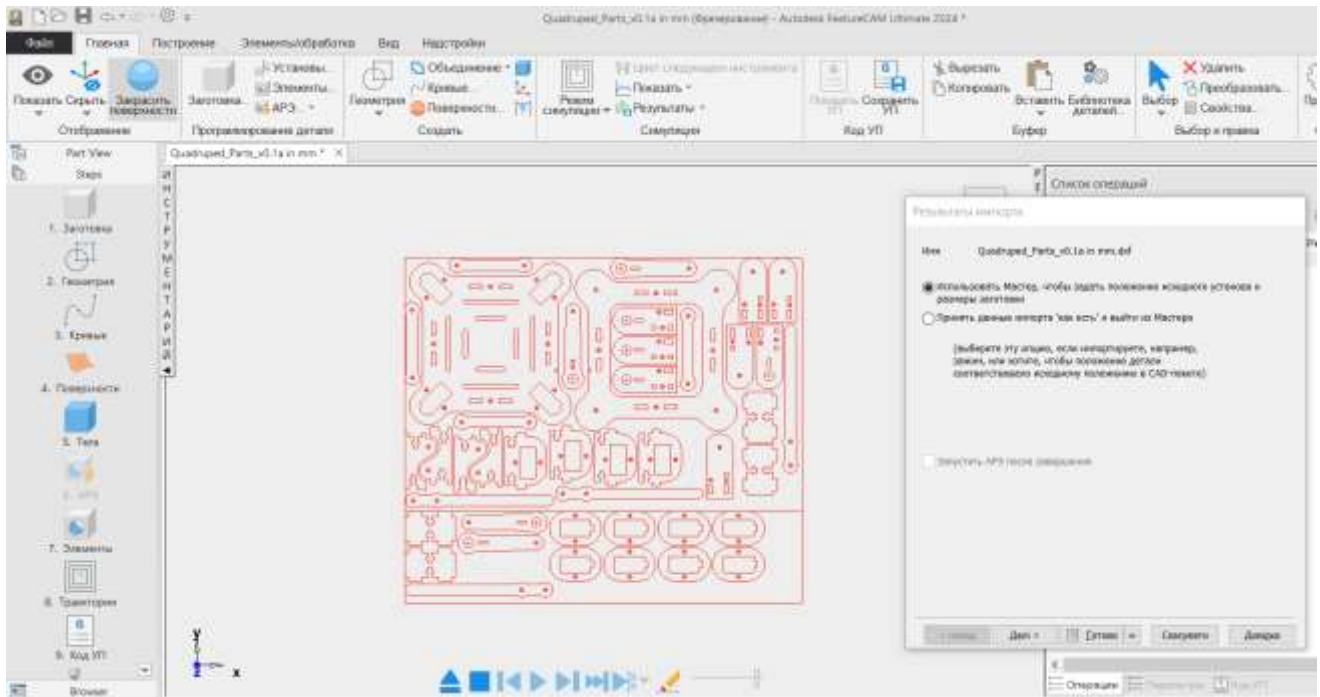


Рисунок 3.3 – Визначення розташування по осях X Y Z.

Далі необхідно призначити форму та розміри заготовки (рис. 3.4).

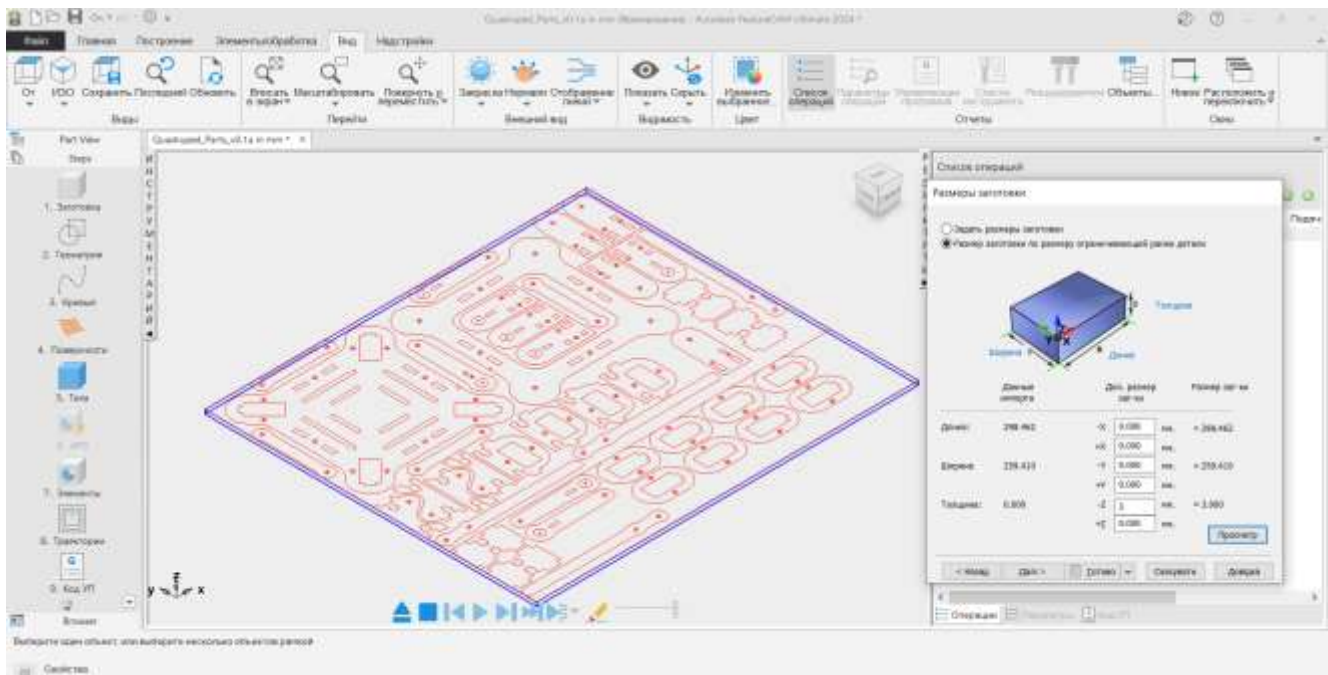


Рисунок 3.4 – Визначення форми та розміру заготовки.

Заготовка на обробку – листовий матеріал товщиною 3мм.

Далі необхідно призначити нульове положення кромки фрези. Оберемо що це положення буде в центрі та на поверхні заготовки (рис. 3.5).

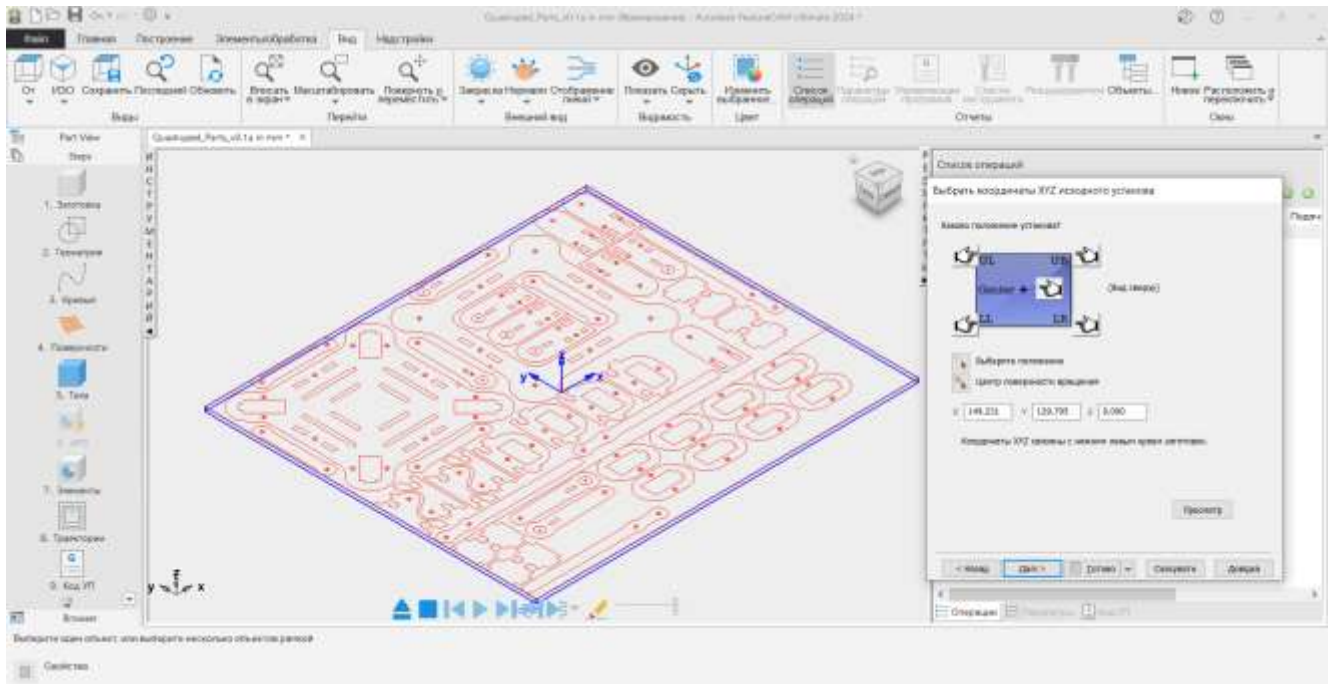


Рисунок 3.5 – Визначення нульового положення фрезы.

Далі треба обрати стратегію обробки КАНАВКА, тобто імітація лазерного променя який переміщається по контуру кожної деталі (рис. 3.6).

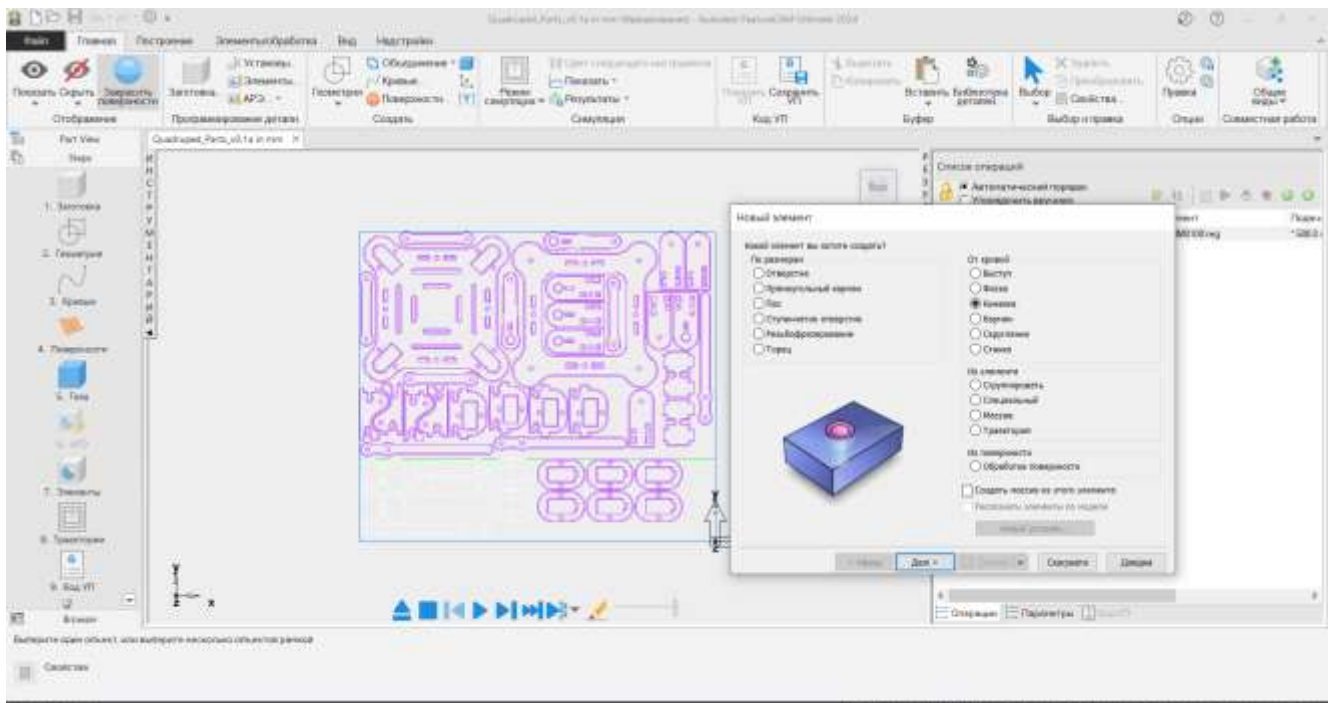


Рисунок 3.6 – Визначення стратегії обробки.

Далі призначаємо розмір та глибину канавки (тобто по суті лазерний різ).

Результат представлено на рисунку 3.7.

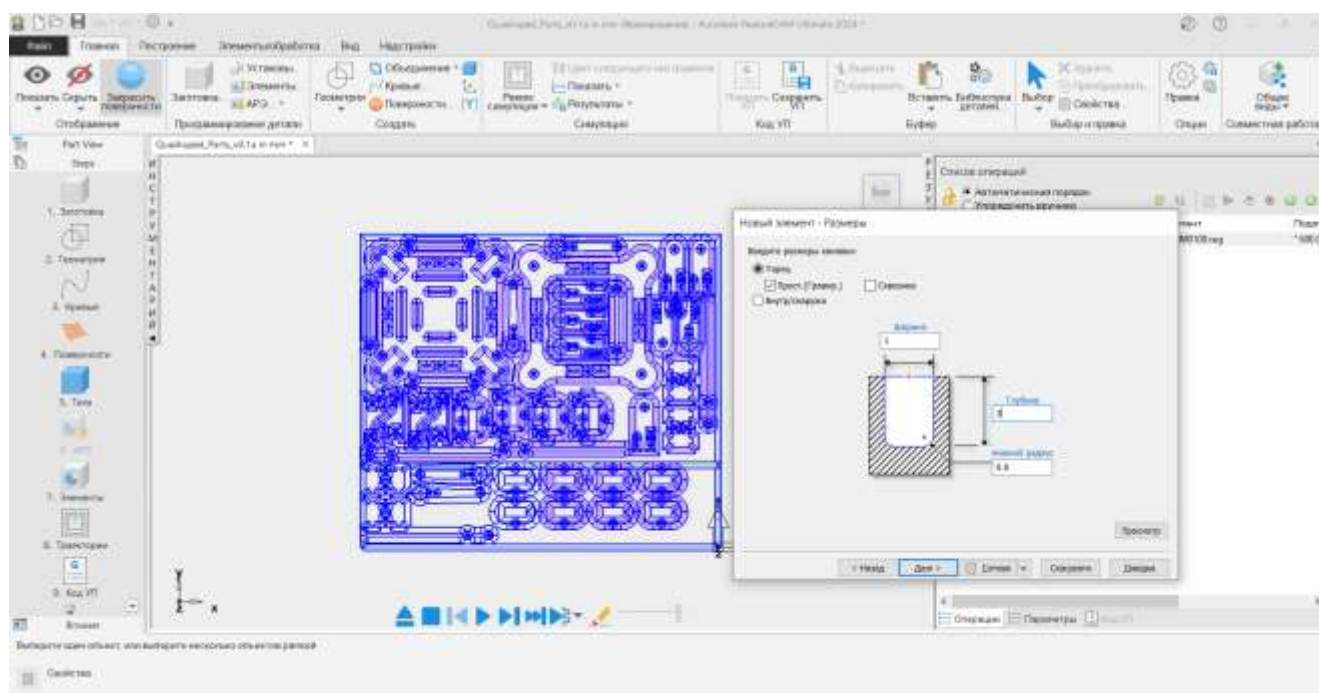


Рисунок 3.7 – Визначення розміру та глибини канавки.

Далі обираємо інструмент (рис. 3.8), для імітації лазерного променя призначаємо фрезу діаметром 1мм.

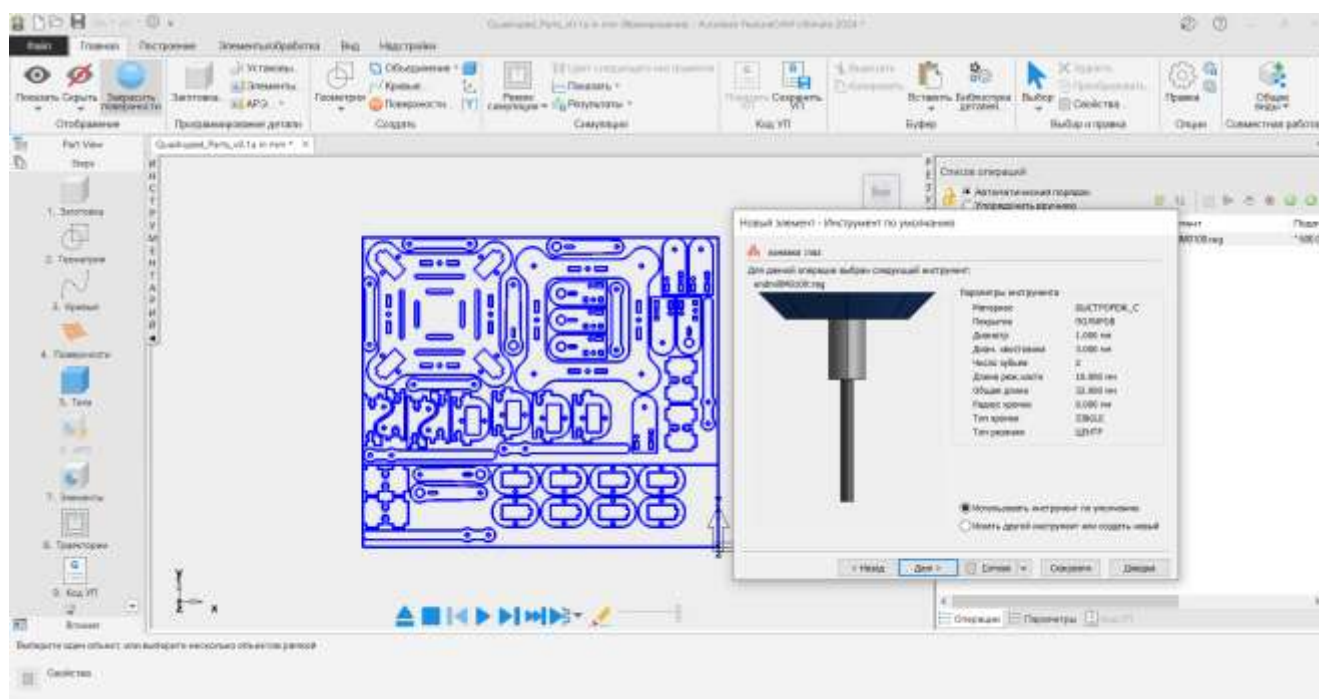


Рисунок 3.8 – Вибір інструменту.

Далі обираємо режими різання (рис. 3.9). в нашому випадку потужність лазера буде максимальною 3000 об/хв (максимальна потужність) та переміщення лазерного променя 500 мм/хв.

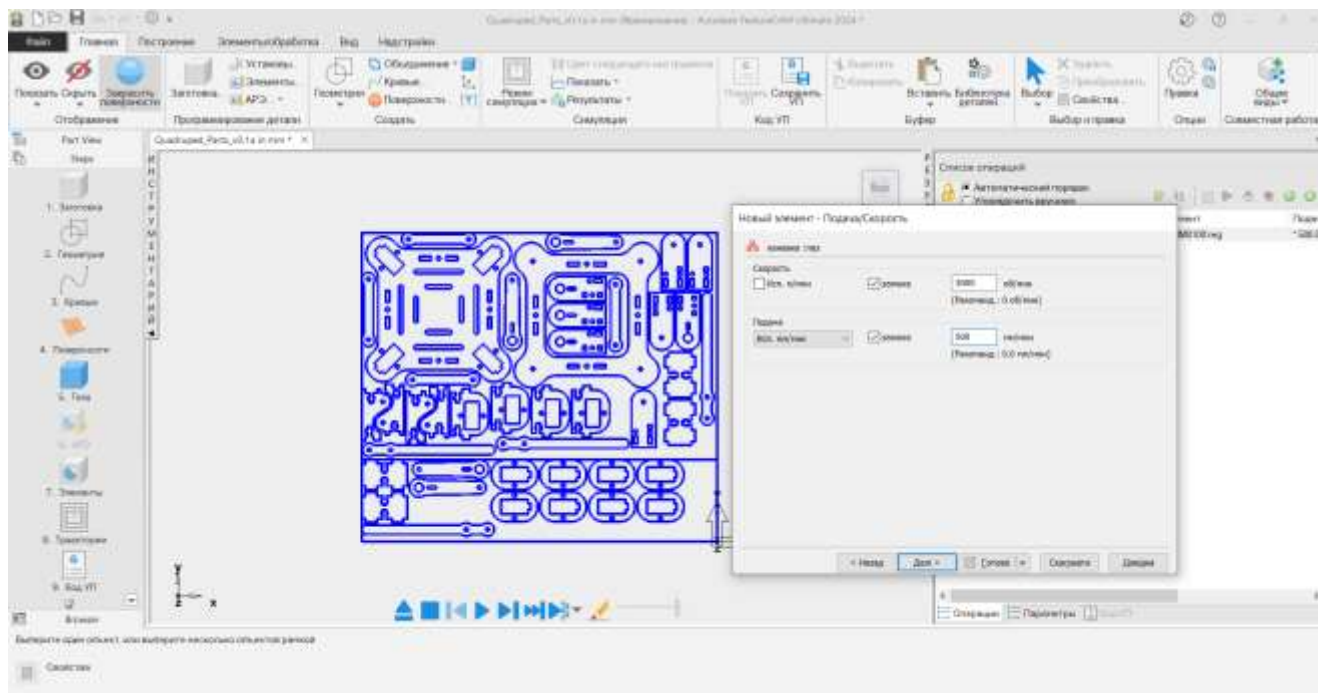


Рисунок 3.9 – Вибір режимів різання.

Важливим етапом у підготовці різання це перегляд результату симуляції обробки (рис. 3.10).

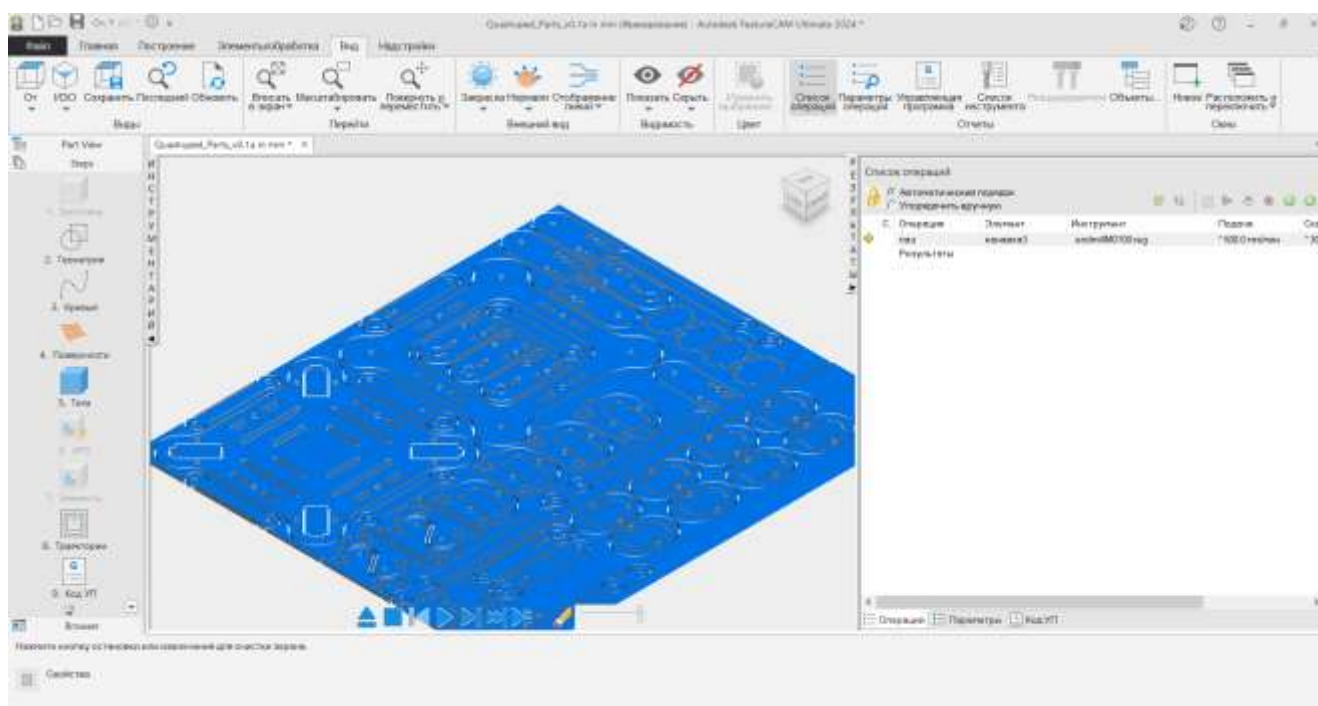


Рисунок 3.10 – Результат симуляції лазерного різання.

Переконавшись, що усе налагоджено коректно можна зформувати програмний код не обробку. Також здійснивши певні підналагодження коду, його можна запускати та верстаті. Нижче приведено фрагмент програмного коду згідно якого верстат здійснить різання.

N35 G01 f700 X0 Y0

N50 G94

N55 X-46.055 Y19.992

S3000 M03

N70 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N75 X-49.055 Y19.992 R1.5

N80 X-47.555 Y21.492 R1.5

N85 X-46.055 Y19.992 R1.5

N95 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N100 X-49.055 Y19.992 R1.5

N105 X-47.555 Y21.492 R1.5

N110 X-46.055 Y19.992 R1.5

N120 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N125 X-49.055 Y19.992 R1.5

N130 X-47.555 Y21.492 R1.5

N135 X-46.055 Y19.992 R1.5

N145 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N150 X-49.055 Y19.992 R1.5

N155 X-47.555 Y21.492 R1.5

N160 X-46.055 Y19.992 R1.5

N170 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N175 X-49.055 Y19.992 R1.5

N180 X-47.555 Y21.492 R1.5

N185 X-46.055 Y19.992 R1.5

N195 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N200 X-49.055 Y19.992 R1.5

N205 X-47.555 Y21.492 R1.5

N210 X-46.055 Y19.992 R1.5

N220 G02 X-47.555 Y18.492 R1.5 F500.

N225 X-49.055 Y19.992 R1.5

N230 X-47.555 Y21.492 R1.5

N235 X-46.055 Y19.992 R1.5

S0

G01 f700

N245 Y38.992

S3000

N260 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N265 X-49.055 Y38.992 R1.5

N270 X-47.555 Y40.492 R1.5

N275 X-46.055 Y38.992 R1.5

N285 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N290 X-49.055 Y38.992 R1.5

N295 X-47.555 Y40.492 R1.5

N300 X-46.055 Y38.992 R1.5

N310 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N315 X-49.055 Y38.992 R1.5

N320 X-47.555 Y40.492 R1.5

N325 X-46.055 Y38.992 R1.5

N335 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N340 X-49.055 Y38.992 R1.5

N345 X-47.555 Y40.492 R1.5

N350 X-46.055 Y38.992 R1.5

N360 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N365 X-49.055 Y38.992 R1.5

N370 X-47.555 Y40.492 R1.5

N375 X-46.055 Y38.992 R1.5

N385 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N390 X-49.055 Y38.992 R1.5

N395 X-47.555 Y40.492 R1.5

N400 X-46.055 Y38.992 R1.5

N410 G02 X-47.555 Y37.492 R1.5 F500.

N415 X-49.055 Y38.992 R1.5

N420 X-47.555 Y40.492 R1.5

N425 X-46.055 Y38.992 R1.5

S0

G01 f700

N435 Y46.897

S3000

N450 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N455 X-49.055 Y46.897 R1.5

N460 X-47.555 Y48.397 R1.5

N465 X-46.055 Y46.897 R1.5

N475 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N480 X-49.055 Y46.897 R1.5

N485 X-47.555 Y48.397 R1.5

N490 X-46.055 Y46.897 R1.5

N500 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N505 X-49.055 Y46.897 R1.5

N510 X-47.555 Y48.397 R1.5

N515 X-46.055 Y46.897 R1.5

N525 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N530 X-49.055 Y46.897 R1.5

N535 X-47.555 Y48.397 R1.5

N540 X-46.055 Y46.897 R1.5

N550 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N555 X-49.055 Y46.897 R1.5

N560 X-47.555 Y48.397 R1.5

N565 X-46.055 Y46.897 R1.5

N575 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N580 X-49.055 Y46.897 R1.5

N585 X-47.555 Y48.397 R1.5

N590 X-46.055 Y46.897 R1.5

N600 G02 X-47.555 Y45.398 R1.5 F500.

N605 X-49.055 Y46.897 R1.5

N610 X-47.555 Y48.397 R1.5

N615 X-46.055 Y46.897 R1.5

S0

G01 f700

N625 Y65.897

S3000

N640 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N645 X-49.055 Y65.897 R1.5

N650 X-47.555 Y67.397 R1.5

N655 X-46.055 Y65.897 R1.5

N665 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N670 X-49.055 Y65.897 R1.5

N675 X-47.555 Y67.397 R1.5

N680 X-46.055 Y65.897 R1.5

N690 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N695 X-49.055 Y65.897 R1.5

N700 X-47.555 Y67.397 R1.5

N705 X-46.055 Y65.897 R1.5

N715 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N720 X-49.055 Y65.897 R1.5

N725 X-47.555 Y67.397 R1.5

N730 X-46.055 Y65.897 R1.5

N740 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N745 X-49.055 Y65.897 R1.5

N750 X-47.555 Y67.397 R1.5

N755 X-46.055 Y65.897 R1.5

N765 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N770 X-49.055 Y65.897 R1.5

N775 X-47.555 Y67.397 R1.5

N780 X-46.055 Y65.897 R1.5

N790 G02 X-47.555 Y64.398 R1.5 F500.

N795 X-49.055 Y65.897 R1.5

N800 X-47.555 Y67.397 R1.5

N805 X-46.055 Y65.897 R1.5

S0

G01 f700

N815 X-86.96

S3000

N830 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N835 X-89.96 Y65.897 R1.5

N840 X-88.46 Y67.397 R1.5

N845 X-86.96 Y65.897 R1.5

N855 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N860 X-89.96 Y65.897 R1.5

N865 X-88.46 Y67.397 R1.5

N870 X-86.96 Y65.897 R1.5

N880 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N885 X-89.96 Y65.897 R1.5

N890 X-88.46 Y67.397 R1.5

N895 X-86.96 Y65.897 R1.5

N905 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N910 X-89.96 Y65.897 R1.5

N915 X-88.46 Y67.397 R1.5

N920 X-86.96 Y65.897 R1.5

N930 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N935 X-89.96 Y65.897 R1.5

N940 X-88.46 Y67.397 R1.5

N945 X-86.96 Y65.897 R1.5

N955 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N960 X-89.96 Y65.897 R1.5

N965 X-88.46 Y67.397 R1.5

N970 X-86.96 Y65.897 R1.5

N980 G02 X-88.46 Y64.398 R1.5 F500.

N985 X-89.96 Y65.897 R1.5

N990 X-88.46 Y67.397 R1.5

N995 X-86.96 Y65.897 R1.5

S0

G01 f700

N1005 Y46.897

S3000

N1020 G02 X-88.46 Y45.398 R1.5 F500.

N1025 X-89.96 Y46.897 R1.5

N1030 X-88.46 Y48.397 R1.5

N1035 X-86.96 Y46.897 R1.5

N1045 G02 X-88.46 Y45.398 R1.5 F500.

N1050 X-89.96 Y46.897 R1.5

N1055 X-88.46 Y48.397 R1.5

N1060 X-86.96 Y46.897 R1.5

N1070 G02 X-88.46 Y45.398 R1.5 F500.

N1075 X-89.96 Y46.897 R1.5

N1080 X-88.46 Y48.397 R1.5

N1085 X-86.96 Y46.897 R1.5

N1095 G02 X-88.46 Y45.398 R1.5 F500.

N1100 X-89.96 Y46.897 R1.5

N1105 X-88.46 Y48.397 R1.5

N1110 X-86.96 Y46.897 R1.5

...

3.2 Виготовлення деталей на лазерному верстаті

Вище представлений програмний код запускаємо на лазерному різачку.

Процес різання представлено на рис. 3.11.

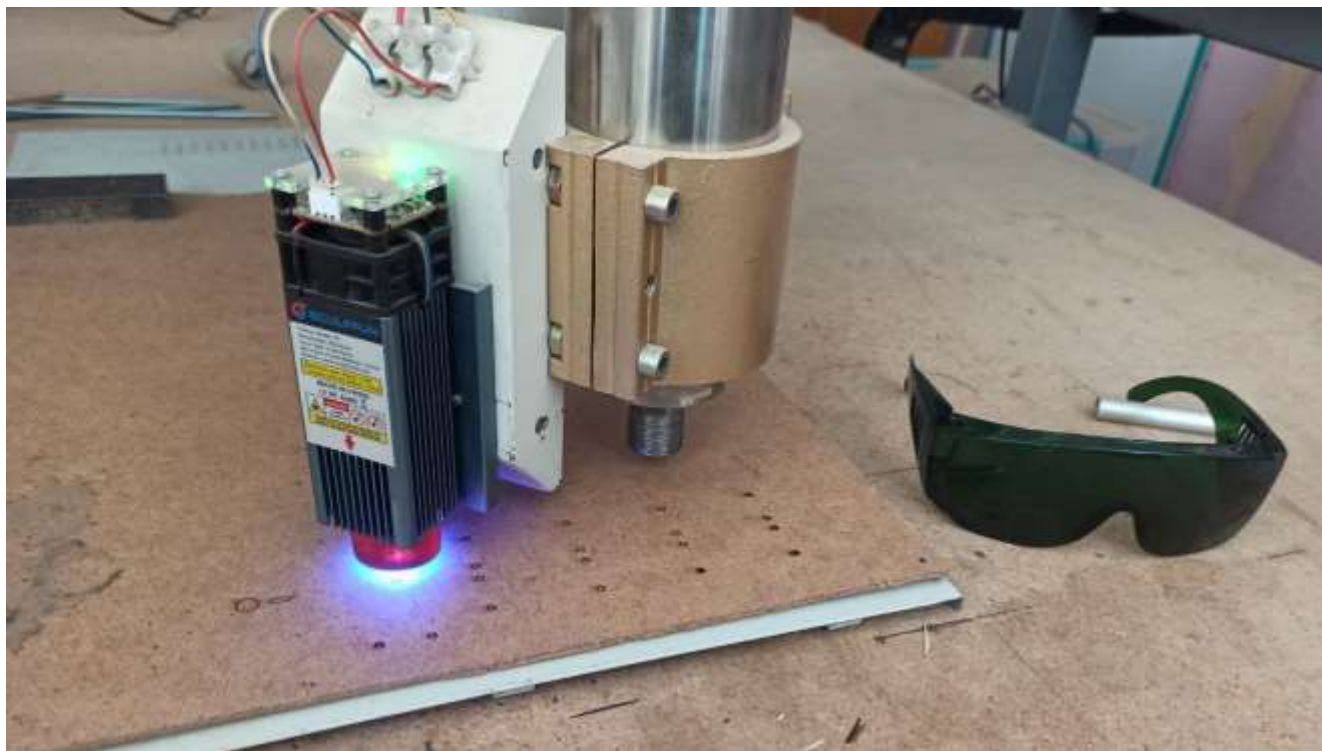


Рисунок 3.11 – Процес лазерного різання.

В результаті отримуємо необхідні деталі представлені на рисунках нижче.

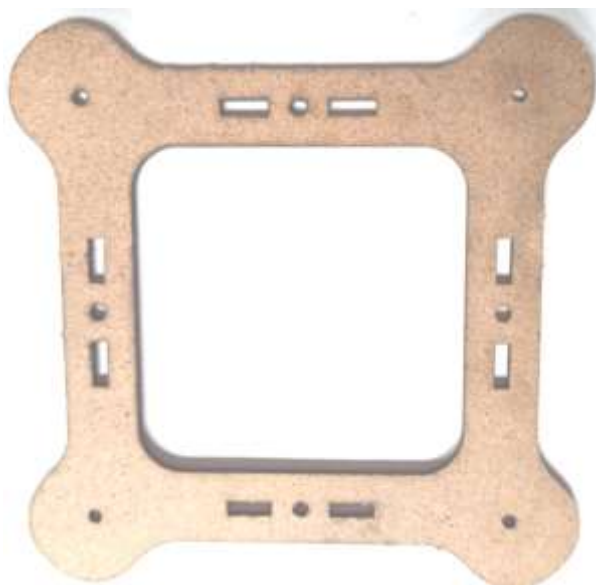


Рисунок 3.12 – Виготовлена деталь 1.

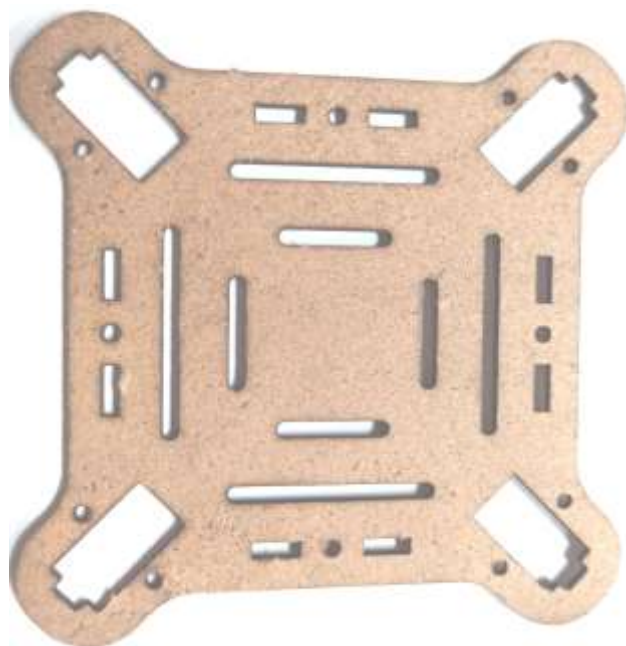


Рисунок 3.13 – Виготовлена деталь 2.



Рисунок 3.14 – Виготовлена деталь 3.



Рисунок 3.15 – Виготовлена деталь 4.



Рисунок 3.16 – Виготовлена деталь 5.

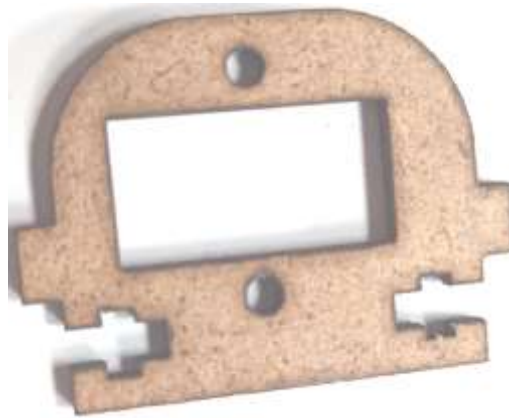


Рисунок 3.17 – Виготовлена деталь 6.



Рисунок 3.18 – Виготовлена деталь 7.

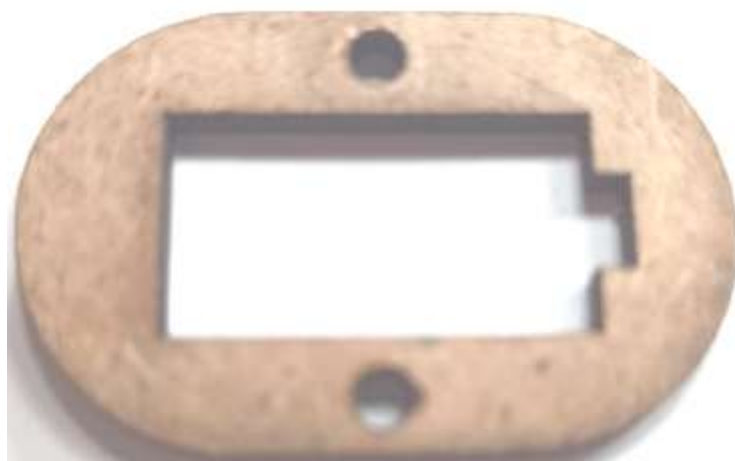


Рисунок 3.19 – Виготовлена деталь 8.



Рисунок 3.20 – Виготовлена деталь 9.



Рисунок 3.21 – Виготовлена деталь 10.



Рисунок 3.22 – Виготовлена деталь 11.



Рисунок 3.23 – Усі виготовлені необхідні деталі.

Наступний етап це збирання в готовий виріб.

3.3 Збирання виробу

Виготовивши усі необхідні деталі далі їх можна зібрати в цілісний рухомий виріб. Збирання проходить з застосуванням болтів та гайок. Результат роботи наведений на рисунку 3.24.

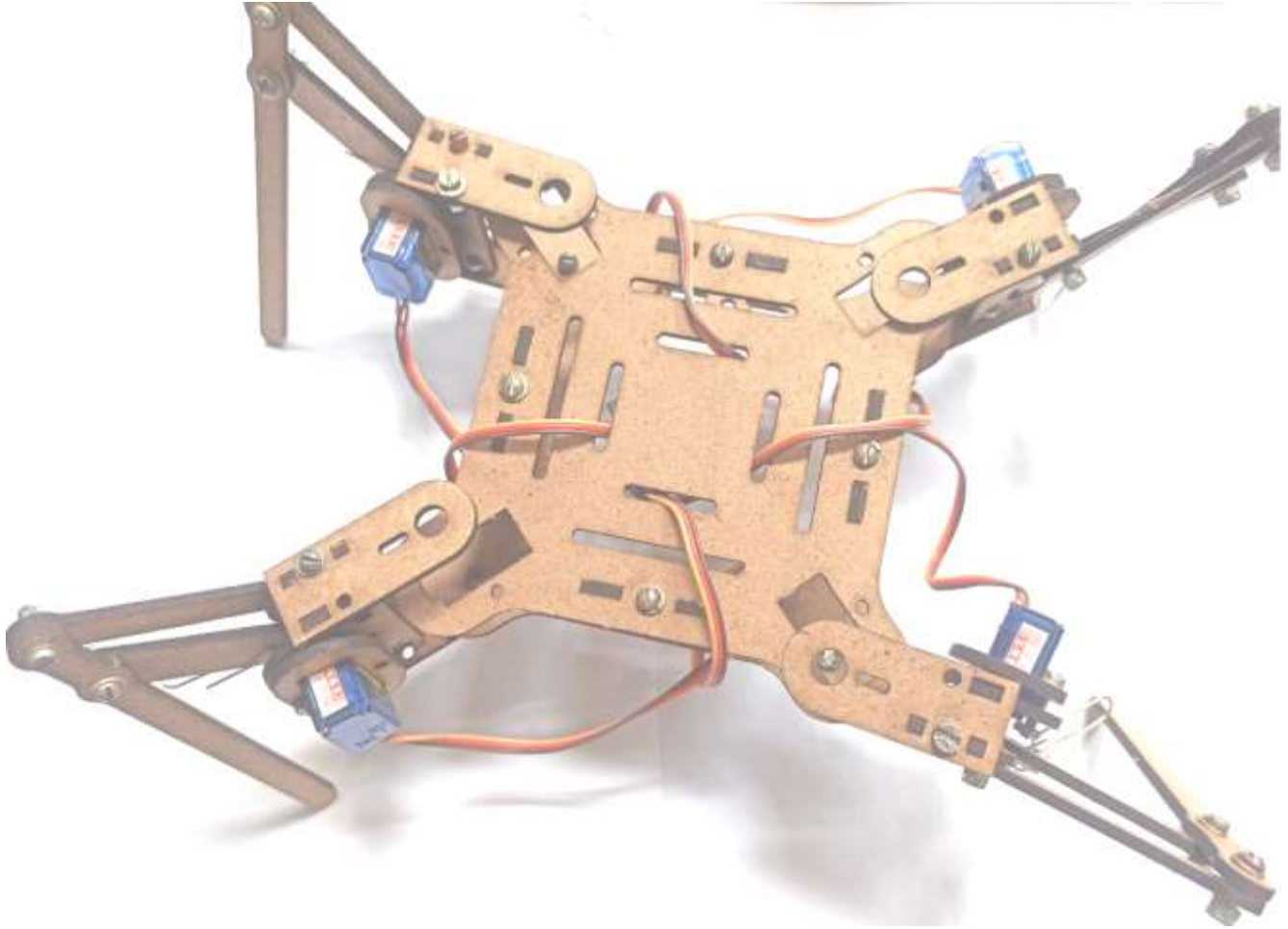


Рисунок 3.24 – Зібраний готовий виріб.

Виготовлений квадрупед може рухати своїми ногами відповідно здійснювати переміщення

3.4 Висновки щодо розділу

В даному розділі представлено процес налагодження обробки для лазерного верстата з ЧПК. Далі деталі були виготовлені і саме обладнання було зібране в один функціональний елемент.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Особливості безпеки лазерних різальних машин

Опрацюємо матеріали викладені в посиланні [3]

Щоб уникнути непотрібних нещасних випадків та ризиків, сучасні лазерні різальні машини оснащуються системами безпеки. Ось детальний опис обладнаних пристроїв безпеки:

Блокувальний пристрій

Лазерний різальний верстат оснащений блокувальними пристроями. Ці пристрої можуть зупинити верстат для захисту оператора за певних умов. Ніколи не порушуйте лазерні блокування, вбудовані в різак. Це може призвести до виходу променя з лазерного різака.

Кнопка аварійної зупинки

У лазерному різальному верстаті встановлено кнопку аварійної зупинки. Зазвичай її встановлюють у видному місці, щоб полегшити негайне натискання у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Після натискання кнопки верстат зупиниться. Лазер та джерело живлення також зупиняться. Ця функція може запобігти надмірному виникненню інцидентів, забезпечуючи безпеку операторів.

Захисний кожух та екран

Лазерний різальний верстат оснащений захисним кожухом та екраном для запобігання лазерному випромінюванню. Ці захисні пристрої не тільки захищають операторів від лазерного випромінювання, але й запобігають пошкодженню людського тіла бризками металевих частин та димом.

Кожух сучасного лазерного різального верстата зазвичай виготовлений з прозорих матеріалів. Це допомагає оператору чітко спостерігати за процесом різання, забезпечуючи безпеку.

Етикетка з попередженням про небезпеку

На лазерному різальному верстаті наклеєно кілька яскравих попереджувальних наклейок з попередженнями про небезпеку, які нагадують

оператору про потенційно небезпечні зони, такі як зони лазерного випромінювання або зони високої температури.

Система охолодження

Система охолодження використовується не лише для звичайної роботи обладнання, але й корисна для запобігання перегріву або несправності машини. Ця система може підтримувати температуру лазера та інших деталей у безпечному діапазоні.

Система димо- та пиловідведення

Під час процесу різання утворюється певна кількість диму та шкідливих газів. Тому лазерний різальний верстат оснащений системою видалення диму та пилу.

Ця система може ефективно відводити дим та пил, що утворюються під час процесу різання, запобігаючи забрудненню навколишнього середовища та захищаючи здоров'я операторів.

Навчання операторів та захисне спорядження

Оператор лазерного різального верстата повинен пройти суворе навчання та носити належне захисне спорядження, таке як захисні окуляри та рукавички. Оператор ніколи не повинен залишати лазерний різак без нагляду під час його роботи через ризик займання.

4.2 Передексплуатаційні перевірки безпеки

Перед використанням лазерного різального верстата вкрай важливо виконати ключові передексплуатаційні перевірки безпеки. Це гарантує безпеку експлуатації як обладнання, так і робочого місця, зменшуючи ризики. Зверніть увагу на перевірку обладнання, налаштування робочого місця та використання матеріалів.

Огляд обладнання

Огляд обладнання є важливим. Почніть з огляду лазерного різального верстата на наявність видимих пошкоджень або зносу. Перевірте всі з'єднання,

включаючи шнури живлення та шланги. Переконайтеся, що кнопки аварійної зупинки працюють.

Регулярно очищуйте лінзу та дзеркала, оскільки бруд може вплинути на роботу. Переконайтеся, що всі рухомі частини працюють безперебійно. Під час перевірки звертайте увагу на ознаки неправильного вирівнювання або незвичайні звуки. Документуйте результати у журналі. Регулярні перевірки технічного обслуговування підтримують обладнання в оптимальному стані та запобігають неочікуваним збоям.

Міркування щодо безпеки робочого простору

Охайне робоче місце знижує ризик нещасних випадків. Тримайте проходи вільними, щоб уникнути небезпеки спотикання. Переконайтеся, що робочі місця добре освітлені для полегшення виконання точних завдань. Важливо, щоб вентиляційні системи працювали ефективно для видалення токсичних та агресивних випарів.

Вогнегасники повинні бути легкодоступними, а працівники навчені їх використовувати. Чітко позначте виходи та евакуаційні шляхи. Зафіксуйте будь-які інструменти або предмети, які можуть становити небезпеку під час роботи машини. Ці заходи захищають як людей, так і робоче середовище.

Обробка та зберігання матеріалів

Правильне поводження з матеріалами та їх зберігання є життєво важливими для безпеки. Визначте матеріали, придатні для лазерного різання, уникаючи тих, що виділяють шкідливі випари. Зберігайте матеріали у відведених місцях, організованих за типом, щоб уникнути плутанини.

Використовуйте засоби індивідуального захисту, такі як рукавички, під час роботи з матеріалами. Перед запуском машини переконайтеся, що листи матеріалу розміщені рівно та стабільно. Дотримуйтесь обмежень ваги полиць для зберігання, щоб запобігти їх падінню. Ретельне поводження з матеріалами мінімізує ризики для безпеки.

4.3 Поширені небезпеки та захисні заходи при роботі з лазерним різальним верстатом

Травми очей та шкіри

Лазерний промінь має високу інтенсивність, що дозволяє йому спрямовуватися або відбиватися від шкіри чи очей людини, що може завдати серйозної шкоди.

Захисні заходи:

- **Використовуйте захисні окуляри:** оператор повинен носити спеціалізовані захисні окуляри для захисту від лазера, щоб запобігти травмам. НЕ дивіться безпосередньо в лазерний промінь. Вони також, як правило, мають різні кольори залежно від довжини хвилі, яку вони поглинають: синій або зелений для діодних лазерів, сірий для CO₂-лазерів та світло-зелений для волоконних лазерів.
- **Одягайте захисний одяг:** довгий одяг та захисні рукавички можуть ефективно запобігти прямому опроміненню шкіри.
- **Використання захисного екрану:** захисний екран слід встановити навколо лазерного різального верстата, щоб уникнути розсіювання та відбиття лазерного променя.

Висока температура та пожежна небезпека

Під час процесу лазерного різання утворюватиметься висока температура. Це може призвести до пожежі, особливо під час різання легкозаймистих матеріалів.

Захисні заходи:

- **Підтримуйте чистоту на робочому місці:** очищайте всі легкозаймисті предмети в робочій зоні, щоб запобігти пожежній небезпеці.
- **Оснащення протипожежним обладнанням:** протипожежне обладнання повинно бути оснащене, наприклад, вуглекислотним вогнегасником або порошковим вогнегасником.

- **Контролюйте температуру:** датчики температури слід використовувати для контролю температури зони різання. Таким чином, оператор може негайно виявити та усунути перегрів.

Електрична небезпеки

Верстат для лазерного різання часто використовує джерело живлення високої напруги, тому існує ризик ураження електричним струмом та пожежі.

Захисні заходи:

- **Регулярно перевіряйте обладнання:** перевіряйте електрообладнання та проводку та переконайтеся, що вони у належному стані. Таким чином можна уникнути витoku струму та коротких замикань.
- **Використовуйте кваліфіковане електрообладнання:** переконайтеся, що всі електроприлади відповідають відповідним критеріям безпеки, а також можуть бути встановлені та обслуговуватися професійним персоналом.
- **Навчання оператора:** оператор повинен пройти навчання з електробезпеки та переконатися, що він може опанувати основні знання з електробезпеки та методи дій у надзвичайних ситуаціях.

Вдихання парів та частинок

Під час різання утворюватиметься велика кількість диму та дрібних частинок. Тривале вдихання пошкодить дихальну систему.

Захисні заходи:

- **Встановлення системи вентиляції:** у зоні різання слід встановити високоефективну вентиляцію та систему димовидалення, що усуває шкідливі випари та частинки.
- **Одягайте захисну маску:** оператор повинен одягати відповідну захисну маску, щоб запобігти вдиханню шкідливих речовин.
- **Регулярно перевіряйте якість повітря:** якість повітря в робочому приміщенні слід регулярно контролювати, щоб переконаватися, що вона відповідає стандартам безпеки.

Захист від лазерного випромінювання

Лазерне випромінювання шкодить не тільки очам і шкірі, але й створює потенційну небезпеку для інших органів.

Захисні заходи:

- **Використовуйте лазер низької потужності:** використовуйте лазер низької потужності за умови дотримання вимог обробки, зменшуючи небезпеку радіуса.
- **Встановіть попереджувальну етикетку:** встановіть чітку попереджувальну етикетку навколо лазерного різального верстата, щоб нагадати оператору про лазерне випромінювання.
- **Регулярні медичні огляди:** регулярно перевіряйте стан здоров'я операторів, щоб вчасно виявляти та лікувати проблеми зі здоров'ям, спричинені радіацією.

Захист від шкідливих газів

Деякі матеріали під час процесу лазерного різання виділяють шкідливі гази, такі як хлор та фтор. Це завдає значної шкоди здоров'ю людини.

Захисні заходи:

- **Виберіть правильний матеріал:** намагайтеся не використовувати матеріал, який виділяє шкідливі гази. Або обробіть матеріал перед різанням.
- **Покращуйте вентиляцію:** забезпечте хорошу вентиляцію в зоні різання та негайно виводьте шкідливі гази.
- **Використовуйте обладнання для виявлення газу:** обладнання для виявлення газу слід встановити для контролю концентрації шкідливого газу, щоб запобігти його надмірному рівню.

Захист від механічних травм

Лазерний різальний верстат складається з багатьох механічних частин, таких як ріжуча головка та передавальний пристрій. Неправильне поводження може призвести до механічних пошкоджень.

Захисні заходи:

- **Суворо дотримуйтеся правил експлуатації:** оператор повинен дотримуватися правил експлуатації, щоб запобігти неправильному використанню.
- **Використовуйте запобіжний пристрій:** слід встановити необхідні запобіжні пристрої, такі як кнопка аварійної зупинки та захисний кожух.
- **Обслуговування обладнання:** необхідно регулярно обслуговувати обладнання, забезпечуючи таким чином його безпечний стан.

4.4 Відповідність стандартам безпеки

Для нас вкрай важливо знати стандарти безпеки під час використання лазерних різальних машин. Це не лише захистить безпеку операторів, але й забезпечить безпечну та ефективну роботу обладнання. Ось основні стандарти безпеки:

АОПЗ

АОПЗ – це Адміністрація з Охорони Праці та Здоров'я (АОПЗ). Її метою є захист безпеки та здоров'я працівників. Що стосується лазерних різальних машин, відповідні стандарти АОПЗ включають:

29 CFR 1910.97 : це включає стандарти щодо неіонізуючого випромінювання, які охоплюють вимоги безпеки щодо лазерного випромінювання.

29 CFR 1910.212: це включає загальні вимоги до машин та механізмів.

ANSI

ANSI формулює низку критеріїв безпеки лазерів, а саме:

ANSI Z136.1: Стандарти лазерної безпеки пропонують рекомендації щодо безпеки використання лазерного різального верстата, які охоплюють класифікацію лазерного випромінювання, заходи контролю та експлуатаційні вимоги.

ANSI Z136.9 : Це спеціально розроблено для використання лазерів у промисловому та виробничому середовищі, що забезпечує детальні стандарти безпеки експлуатації.

IEC

IEC 60825-1 – це стандарт безпеки лазерних виробів, який широко прийнятий на міжнародному рівні. Цей стандарт регулює класифікацію лазерного обладнання та вимоги до маркування, а також заходи безпеки та захисту.

ISO 11553

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) 11553 – це всесвітньо визнаний стандарт, що спеціально розроблений для лазерних обробних верстатів. Він визначає основні вимоги безпеки, такі як проектування захисних корпусів та інтеграція запобіжних блокувань. Дотримання ISO 11553 допомагає організаціям відповідати міжнародним стандартам безпеки та вести детальні записи з безпеки, які є критично важливими під час аудитів.

Класифікація лазерів та її значення

Лазерні системи класифікуються на класи залежно від їхнього потенціалу заподіяння шкоди, причому вищі класифікації становлять більший ризик. Розуміння цих класифікацій допомагає у виборі відповідних заходів безпеки.

- **Клас 1 та клас 2:** Лазери класу 1 безпечні за нормальних умов, тоді як лазери класу 2, як-от лазерні вказівники, безпечні для короткочасного впливу.
- **Клас 3В:** Лазери середньої потужності, які можуть спричинити незворотне пошкодження очей при прямому або відбитому впливі.
- **Клас 4:** потужніші лазери, що використовуються для різання та зварювання. Вони створюють значні ризики, включаючи пожежну небезпеку та серйозні травми, що вимагає суворих протоколів безпеки.

За умови використання за призначенням лазерний різак вважається безпечним для операторів та сторонніх осіб.

Для систем Класу 3В та Класу 4 обов'язкові додаткові запобіжні заходи, такі як зони обмеженого доступу та використання сертифікованого захисного спорядження.

5.5 Надзвичайні процедури

Дії, які слід вжити у разі надзвичайної ситуації

Зберігайте спокій: дуже важливо зберігати спокій у разі надзвичайної ситуації. Збереження розсудливості допоможе вам оцінити ситуацію та вжити відповідних заходів.

Оцінка ситуації: швидко оцініть властивості та серйозність надзвичайної ситуації. Це включає джерело небезпеки, кількість постраждалих людей та можливі наслідки.

Попередження: негайно повідомте команду екстреного реагування на місці або зателефонуйте на гарячу лінію екстрених служб. Не забудьте надати чітку та точну інформацію, а саме: типи надзвичайної ситуації, місця розташування та кількість постраждалих людей.

Евакуація: швидко евакуюйтеся в безпечну зону відповідно до запланованого маршруту евакуації. Переконайтеся, що люди, які потребують допомоги, наприклад, травмовані або незручні для пересування, отримують її.

Рішення у надзвичайних ситуаціях: вживайте належних екстрених заходів відповідно до типів надзвичайних ситуацій. Наприклад, використовуйте вогнегасник для гасіння вогню та закрийте газовий клапан, щоб запобігти витoku та поширенню.

Очікування професійної допомоги: переконайтеся, що весь персонал знаходиться в безпечній зоні, та чекайте подальших інструкцій до прибуття професійної команди екстреного реагування.

Плани надання першої допомоги та реагування на надзвичайні ситуації

Навчання з надання першої допомоги: усі працівники повинні пройти базову підготовку з надання першої допомоги, включаючи серцево-легеневу реанімацію, зупинку кровотечі, лікування опіків та лікування переломів.

Регулярно проводити навчання та тренування, щоб забезпечити опанування всім персоналом необхідних навичок надання першої допомоги.

Обладнання першої допомоги: переконайтеся, що робоча зона оснащена достатнім обладнанням першої допомоги, таким як аптечка першої допомоги та автоматичний зовнішній дефібрилятор. Це обладнання має бути розміщене в легкодоступному місці, його необхідно перевіряти та обслуговувати за розкладом.

Команда реагування на надзвичайні ситуації: створіть спеціалізовану команду реагування на надзвичайні ситуації, яка відповідає за координацію та негайне проведення екстрених заходів. Члени команди повинні пройти професійне навчання та бути знайомими з різними програмами екстреної допомоги та використанням обладнання.

Зв'язок у надзвичайних ситуаціях: створіть надійну систему зв'язку у надзвичайних ситуаціях для швидкої передачі інформації в надзвичайних ситуаціях. Це може включати внутрішні системи мовлення, екстрені телефонні лінії, домофони тощо.

Навчання у надзвичайних ситуаціях: регулярно проводьте навчання у надзвичайних ситуаціях для імітації різних надзвичайних ситуацій, а також для перевірки та вдосконалення планів реагування на надзвичайні ситуації. Навчання повинні охоплювати всіх працівників, а результати навчань слід записувати та аналізувати для виявлення та вирішення потенційних проблем.

4.6 Висновки щодо розділу

В розділі висвітлені питання щодо особливостей безпеки лазерних різальних машин, передексплуатаційні перевірки безпеки перед початком роботи на лазерному обладнанні. Також проаналізовано поширені небезпеки та захисні заходи при роботі з лазерним різальним верстатом. Розглянуто відповідність стандартам безпеки та як діяти при виникненні надзвичайних процедур.

ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено огляд ряду роботизованих систем які здійснюють рух за рахунок ходи, тобто переставлянням ніг робота. Проаналізовано одно-, дво-, чотири-, шести-, восьминогі мобільні роботи [1]. В якості дослідної конструкції робота обрано чотириногу компоновку, що дуже подібна до гексаподної конструкції [2]. В наступних розділах буде здійснено проектування конструкції чотириноного робота та безпосереднє виготовлення його рухомих елементів.

Другий розділ був присвячений моделюванню усіх компонентів виробу, взаємного розташування деталей та здійснено симуляцію руху збірної одиниці. Усі дані дії були призначені для перевірки правильного функціонування рухомого механізму. Результат роботи – усе змодельовано правильно і рух виробу є коректним.

В четвертому розділі представлено процес налагодження обробки для лазерного верстата з ЧПК. Далі деталі були виготовлені і саме обладнання було зібране в один функціональний елемент.

В четвертому розділі висвітлені питання щодо особливостей безпеки лазерних різальних машин, передексплуатаційні перевірки безпеки перед початком роботи на лазерному обладнанні. Також проаналізовано поширені небезпеки та захисні заходи при роботі з лазерним різальним верстатом. Розглянуто відповідність стандартам безпеки та як діяти при виникненні надзвичайних процедур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали за посиланням https://en.wikipedia.org/wiki/Legged_robot
2. Матеріали за посиланням [https://en.wikipedia.org/wiki/Hexapod_\(robotics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hexapod_(robotics))
3. Матеріали за посиланням <https://www.adhmt.com/laser-cutting-machine-safety/>
4. Матеріали за посиланням <https://3axis.co/laser-cut-meped-quadruped-robot-dxf-file/joereq97/>
5. Лазерні технології: навч. посіб. Ч. 1 / Я. В. Бобицький, Г. Л. Матвіїшин ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 316 с.
6. Моделювання та оптимізація твердотільних мікрочипових лазерів: монографія / О. А. Бурій, С. Б. Убізський ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2013. — 200 с.
7. Довідка програми SolidWorks
8. Довідка програми FeatureCAM