

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА  
МР.ПМКм-37.00.00.000 ПЗ

Група ПМКм-21-1

Лобур Олег

Михайлович

2022

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

Інститут інженерної механіки

Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Лобур Олег Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 62.52, 621.86  
(індекс)

## **МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

Розробка автомата гнучкого керування роботизованого візка для переміщення деталей і

заготовок  
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування  
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

О.М. Лобур

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

професор Панчук В. Г.  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Лобуру Олегу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка автомата гнучкого керування роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок

керівник роботи Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від "14" жовтня 2022 року № 494/7

2. Строки подання студентом роботи 20 грудня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи: середовище програм SolidWorks

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

1. Теоретична частина. 2. Конструкторська частина. 3. Програмування візка. 4. Технологічна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Вибір різального інструменту – 1 лист А1. 2. Траєкторія руху інструменту – 1 лист А1. 3

Загальний вигляд проекту – 1 лист А1. 4. Роботизований візок – 1 лист А1. 5. Симуляція

обробки деталі – 1 лист А1. 6. Схема підключення плат керування в середовищі Proteus – 1

лист А1. 7. Алгоритм роботи візка -1 лист А1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ		
2	Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ		
3	Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Теоретична частина	01.11.2022	
2	Конструкторська частина	15.11.2022	
3	Програмування візка	01.12.2022	
4	Технологічна частина	15.12.2022	
5	Захист магістерської роботи	27.12.2022	

Студент \_\_\_\_\_ Лобур О.М.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лукань Т.В.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022\_p.

## Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Розробка автомата гнучкого керування роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок. Дана робота складається з 99 аркушів. До неї входять 120 рисунків, 9 таблиць, 2 додатки. При виконанні роботи було використано 15 бібліографічних посилань.

Об'єкт дослідження: роботизований візок для переміщення деталей і заготовок

Предмет дослідження: розробка автомата гнучкого керування роботизованим візком

Мета роботи – Розробка автомата гнучкого керування роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок для навчальної лабораторії.

Для розробки автомата гнучкого керування роботизованим візком було проаналізовано конструкцію візка, призначення та умови роботи, підібрано кроковий двигун. Для спроектованого візка було підібрано комплектуючі, розроблена програма керування в середовищі Arduino IDE та проведена симуляція роботи схеми в програмі Proteus 8.13.

Для технологічного процесу виготовлення деталі «Платформа» було вибрано верстатне обладнання, інструмент компанії Sandvik, підібрано режими різання на сайті виробника та виконана симуляція обробки в середовищі CamWorks. Конструкція роботизованого візка виконана в середовищі SolidWorks.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, режим різання, тривимірний модель, роботизований візок, SolidWorks, CamWorks, Arduino, Proteus.

Студент Лобур О.М.

## Summary

Master's thesis on the topic: Development of a flexible control machine of a robotic cart for movement of parts and workpieces. This work consists of 99 sheets. It includes 120 figures, 9 tables, 2 appendices. 15 bibliographic titles were used to calculate the work.

The object of study - robotic cart for movement of parts and workpieces.

The subject of research - Development of a flexible control machine of a robotic cart.

The purpose of the work is the development of an automaton for flexible control of a robotic cart for moving parts and workpieces. In order to develop an automaton for flexible control of a robotic cart, the design of the cart, its purpose and working conditions were analyzed, and a stepper motor was selected. Components were selected for the designed cart, a control program was developed in the Arduino IDE environment, and a simulation of the operation of the circuit was carried out in the Proteus 8.13 program. For the technological process of manufacturing the "Platform" part, machine tool equipment, tools of the Sandvik company were selected, cutting modes were selected on the manufacturer's website, and machining simulation was performed in the CamWorks environment. The design of the robotic cart is made in the SolidWorks environment.

Keywords: technological process, machining, cutting model, three-dimensional model, robotic cart, SolidWorks, CamWorks, Arduino, Proteus.

Student Lobur O.M.

## Зміст

Вступ.....	9
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	11
1.1 Гнучке автоматизоване виробництво.....	11
1.1.1. Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).....	13
1.1.2. Промислові роботи.....	13
1.1.3. Автоматичні транспортні засоби.....	13
1.1.4. Автоматичні склади і накопичувачі. ....	13
1.1.5. Центральний комп'ютер ГАВС.....	14
1.1.6. Працівники ГАВС.....	15
1.2. Характеристика транспортного господарства.....	17
1.2.1 Види складських робіт .....	18
1.2.2 AGV-роботи.....	19
1.2.3 Види серійних робіт.....	19
1.2.4 Побудова маршруту.....	20
1.2.5 Як визначають AGV маршрут.....	20
1.3 Роботизовані візки на складах Amazon.....	21
1.3.1 Про компанію.....	21
1.3.2 Склади компанії Amazon.....	21
1.4 Роботизовані візки на складах Ocado.....	24
1.4.1 Про компанію.....	24
1.4.2 Технології компанії.....	25
1.4.3 Склади Ocado.....	25
1.4.4 Розумна платформа Ocado.....	27
1.5. Роботи для переміщення вантажів Omron.....	27
1.6. Роботи для переміщення вантажів MiR.....	28
1.7 Українські виробники робіт.....	29

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Лобур О.М.</i>			<i>Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		<i>Луцька Т.В.</i>					7	
Рецензент					<i>ІФНТУНГ ПМКМ-21-1</i>			
Затверд.		<i>Панчук В.Г.</i>						



## ВСТУП

Автоматизація виробництва - це процес розвитку машинного виробництва, при якому функції управління та контролю, які раніше виконувала людина, передаються приладам та автоматичним пристроям. Введення автоматизації на виробництві дозволяє значно підвищити продуктивність праці, забезпечити стабільну якість продукції, що випускається, та скоротити кількість робітників.

Автомат - це штучна система, яка приймає рішення на основі перевірки сигналів, які поступають на входи, у відповідних станах системи.

Для реалізації сучасних автоматичних процесів необхідні три компоненти:

- датчики для контролю станів системи;
- приводи для перетворення керуючих команд;
- контролери для ходу програми та прийняття рішень.

Найбільш поширеним способом реалізації автоматизованого управління з допомогою керуючого автомата є використання мікроконтролерів.

Мікроконтролер – це мікрокомп'ютер, що включає мікропроцесор, оперативну та постійну пам'ять для збереження виконуваного коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори та інші)

Робота сучасного машинобудівного підприємства пов'язана з переміщенням значної кількості різноманітних вантажів як за межами заводу, так і на його території. На завод у загальнозаводські або прицевихі склади доставляють матеріали, паливо, комплектуючі вироби та інші матеріальні цінності, а зі складів або безпосередньо з цехів вивозять готову продукцію і відходи виробництва.

На території заводу здійснюється транспортування комплектуючих матеріалів і інших виробів із загальнозаводських складів у цехи; заготовок, деталей, складальних одиниць – між цехами; готової продукції і відходів – з цехів у відповідні пункти призначення.

					<i>МР.ПМКм-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

У межах цехів заготовки, деталі і складальні одиниці в процесі виготовлення і складання перевозяться між коморами та дільницями, з однієї дільниці на іншу, а на дільницях – між місцями робітників.

Автоматизований вантажний транспорт добре інтегрує зі складським обладнанням та іншими системами автоматизації. Техніка, створена з урахуванням нових технологій, підвищує ефективність і знижує експлуатаційні витрати.

					<i>МР.ПМКм-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

# 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Гнучкі виробничі системи

Гнучкість виробництва - це його здатність робити широку номенклатуру виробів і швидко та економічно здійснювати перехід від випуску одного до випуску іншого типу виробів.

Відповідно до цього гнучке виробництво повинне мати наступні три властивості:

- робити широку номенклатуру виробів;
- швидко і економічно переходити від випуску одного до випуску іншого типу виробів в межах встановленої номенклатури;
- допускати зміни номенклатури виробів, що випускаються, без зміни його технологічного оснащення.

ГАВ створюються на рівні ділянки, цеху і навіть цілого підприємства і покликані забезпечити:

- скорочення циклу виготовлення виробів, передусім, за рахунок зменшення часу виконання контрольних, транспортних і складських операцій, що становить загалом до 95% тривалості циклу виготовлення;
- підвищення безперервності виробництва і використання устаткування за рахунок організації роботи в другу і третю зміни без участі робітників і обслуговуючого персоналу;
- зменшення тяжкості і підвищення продуктивності праці; при досить надійній роботі устаткування і хорошій стійкості інструменту ГАВ забезпечує підвищення продуктивності праці в 3-5 разів в порівнянні із звичайним виробництвом;
- скорочення дефіциту робочої сили за рахунок застосування безлюдної технології і вивільнення при цьому значного числа робітників.

Гнучке автоматичне виробництво реалізується за допомогою виробничих систем, що мають властивості гнучкості і автоматичності функціонування.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Гнучка автоматична виробнича система (ГАВС) - це виробнича система, що реалізовує гнучкий автоматичний процес виробництва і є взаємоузгодженою сукупністю верстатів з числовим програмним управлінням, промислових роботів, автоматичних транспортних засобів, автоматичних складів, центрального комп'ютера, що управляє, і обслуговуючих усі ці засоби працівників.

ГАВС включає наступні види компонентів.

### **1.1.1. Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).**

Це верстати, що мають вбудовані програмні пристрої автоматичного управління, програми робіт яких складаються на основі чисел, що отримуються безпосередньо з креслень деталей. Кожен верстат з ЧПК може обробляти широку номенклатуру деталей при обмеженому наборі технологічних методів обробки.

### **1.1.2. Промислові роботи.**

Промисловий робот (ПР) - це машина-автомат, запрограмована на виконання допоміжних і деяких основних виробничих операцій. За призначенням ПР діляться на:

- виробничі, здійснюючі основні операції технологічних процесів зварювання, зборки, забарвлення і т. д.;
- транспортні, здійснюючі міжопераційну передачу заготовок, деталей і виробів, автоматизоване завантаження і розвантаження різного устаткування, складування виробів і т. д.

### **1.1.3. Автоматичні транспортні засоби.**

В якості автоматичних транспортних пристроїв використовуються: підвісні і підлогові транспортери; транспортні візки, забезпечені захватними пристроями і керовані від магнітних шин, прокладених під підлогою відповідно до траєкторії транспортного шляху; управляються від комп'ютера, точність позиціонування - до 1 мм.

### **1.1.4. Автоматичні склади і накопичувачі.**

Важливою частиною ГАПС є система зберігання і автоматичного розподілу предметів виробництва. Ця система, в загальному випадку, включає:

										Арк.
										12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ					









Зовнішній транспорт забезпечує зв'язок підприємства з приймальними пунктами, транспортом загального користування (залізничними станціями, портами, аеропортами), а також зі складами місцевих контрагентів (сторона в договорі).

Внутрішньо цеховий транспорт призначений для виконання транспортних операцій в межах окремого цеху. В свою чергу він поділяється на:

- 1) загальноцеховий (перевезення вантажів між цеховими складами, дільницями, лініями),
- 2) міжопераційний – забезпечує зв'язок між окремими робочими місцями.

Міжцеховий транспорт – використовується для перевезень вантажів по території підприємства між його цехами, службами, складами.

### **1.2.1 Види складських робіт**

На складах виконують декілька операцій. Наприклад, збирають товари з полиць для зберігання, сортують, пакують, тощо. Один робот не може впоратися з кількома типами завдань, тож моделі розробляють під кожен операцію.

#### **Складських робіт поділяють на:**

- **Самохідні роботи-візки.** Їх використовують для того, щоб швидко транспортувати та оперувати вантажами на складі. Такі роботи оснащені підйомними механізмами. Вони можуть взяти товар зі складських боксів, розмістити на палеті, перевезти вантаж в потрібне місце та розвантажити його.
  - **Буксирувальники.** Переміщують важкі візки з товарами складами.
  - **Палетайзери.** Вміють брати вантажі та вкладати їх на палети.
  - **Роботи для сортування.** Пакують товари. Деякі моделі можуть сканувати інформацію про декілька продуктів. Їх часто використовує сегмент електронної комерції для оброблення товарів поштучно.
  - **Дрони.** В складській логістиці їх використовують для інвентаризації складу.

						<i>MP.ПМКм-37.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			17





4. Лазерна навігація. У приміщенні заздалегідь встановлюються мітки, за допомогою лазерної навігації місце розташування AGV визначається методом триангуляції по них.

5. З'являються також системи, які не потребують розмітки складу - вони орієнтуються на системи технічного зору з розпізнаванням образів на базі вбудованого ШІ, наприклад, система TORU Cube розробки Magazino. [2]

### **1.3 Роботизовані візки на складах Amazon**

#### **1.3.1 Про компанію**

Amazon це – один із перших інтернет-сервісів із онлайн продаж, орієнтованих на товари масового попиту, ця компанія найбільша у світі за обігом компанія, що продає товари та послуги через Інтернет. Компанія веде експансію на ринки інтернет-торгівлі в усьому світі. Станом на 2017 рік Amazon має окремі сайти для роздрібною торгівлі у США, Великій Британії, Ірландії, Франції, Канаді, Німеччині, Італії, Іспанії, Нідерландах, Австралії, Бразилії, Японії, Китаї, Індії та Мексиці. Бренд Amazon.com станом на 2018 рік став найдорожчим в світі і оцінювався у 150 млрд дол. Також компанія є найбільшим постачальником електронної комерції, AI – асистентів, хмарних платформ.

Заснована компанія Джефом Безосом 5 липня 1994 року в місті Белвью, штат Вашингтон. Спочатку компанія працювала як інтернет ринок із продажу книг, пізніше почали продавати електроніку, програмне забезпечення, відеоігри, одяг, меблі, продукти харчування. Також Amazon розповсюджує завантаження та потокове розповсюдження контенту через свої сервіс, такі як: Amazon Prime Video, Amazon Music, Audible. [3]

#### **1.3.2 Склади компанії Amazon**

Компанія відкрила склад восьмого покоління, в якому використовуються роботизовані системи транспортування товару. Роботу по фасуванню, відборі і комплектації товарів виконують працівники.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рис. 1.1. Комплектація продукції

Роботу по транспортуванню, розміщенню товару, доставку до зони пакування виконують роботи, а зважування, фасування і упакування виконується на автоматизованих робочих лініях.



Рис 1.2. Перевезення полиць із товаром роботами.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рис 1.3. Пакування коробок із товаром



Рис 1.4. Транспортування упакованих товарів на конвеєрні лінії

Розміщення товарів відбувається за принципом хаотичного складання, тобто товари розташовані в випадковому порядку що економить простір складу, при цьому кожному товару присвоюють свій код, за яким можна віднайти розташування товару на складі. Роботи орієнтуються за допомогою QR-кодів, також роботи оснащені різноманітними датчиками, щоб запобігти зіткненням.

Також на складах є роботи маніпулятори, які переміщують піддони із товарами.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22





робототехніці, великих даних та хмарах, веброзробка та розробка додатків, алгоритми та розумна оптимізація, та моделювання дискретної події.



Рис 1.7. логотип технологічного підрозділу

### 1.4.3 Склади Ocado

Склади компанії побудовані в вигляді 3D-сітки із секціями, всередині яких продукти зберігаються в ящиках. Роботи координують поведінку в вигляді рою, збираючи та переміщуючи ящики.[5]



Рис 1.8. Робота роботів

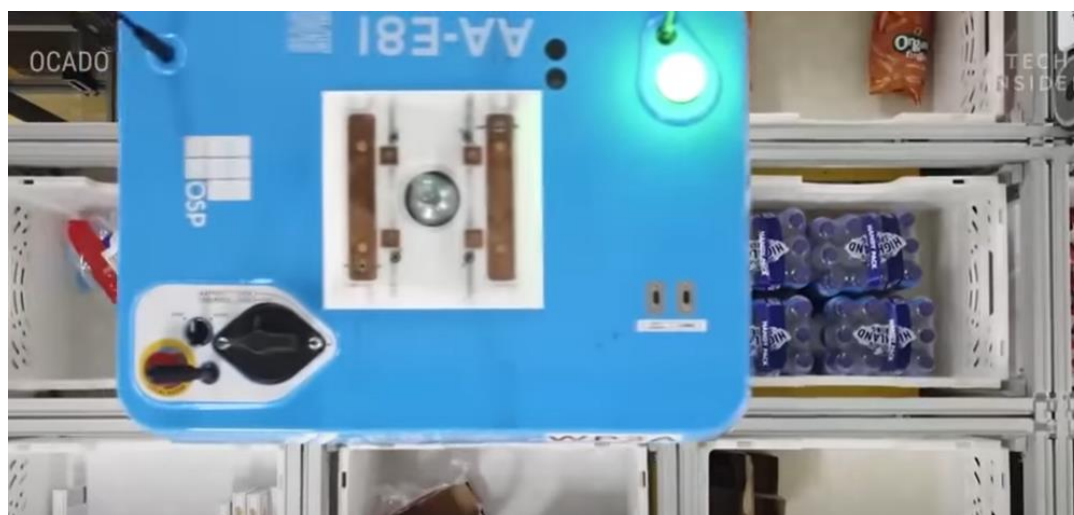


Рис 1.9. Підбір ящика із продуктами роботом

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Роботи піднімають ящики із решітки та відвозять їх до збирачів, щоб продукти упакувати та відправити замовлення. Потім вони повертають ящик в сітку. Роботи можуть взаємодіяти щоб «копати» ящики, відсуваючи ящики, щоб зібрати один, який лежить нижче в стопці.

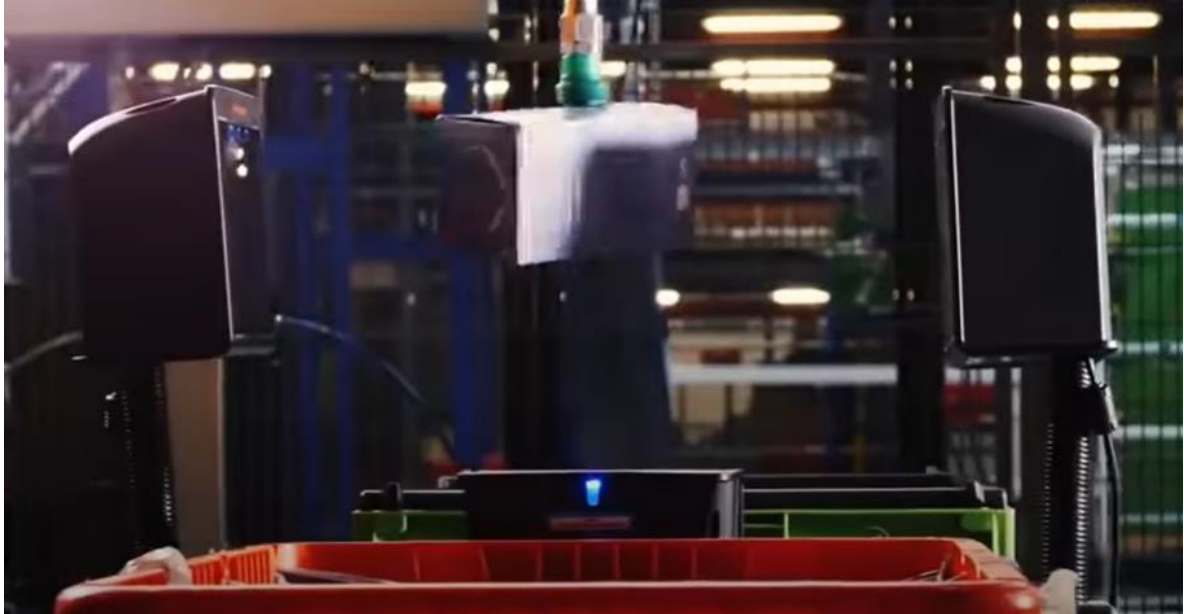


Рис 1.10. Пакування роботами ящика

Переміщенням роботів і місцем зберігання ящиків керує та оптимізує центральна «система управління» за допомогою штучного інтелекту. Таким чином Ocado може вибрати замовлення з 50 предметів за лічені хвилини. Ці склади у стилі «вулик» розташовані в Андовері та Еріті. Один склад Erith займає 36 акрів, здатний обробляти 220 000 замовлень на тиждень, а на його мережі працює до 3500 роботів. Старі склади Ocado, розташовані в Гетфілді та Дордоні, базуються на складній конвеєрній системі та використовують штучний інтелект для планування й оптимізації послідовності комплектування, розташування продуктів і маршрутизації ящиків.

Ocado Technology брала участь у двох дослідницьких проектах робототехніки Horizon 2020, що фінансуються ЄС: SecondHands і SOMA, і продовжує експерименти з робототехнікою для автоматизації збирання та пакування замовлень продуктів.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Osado має шість центрів розвитку технологій у Європі: Хетфілд і Лондон у Великобританії; Краків і Вроцлав у Польщі; Софія в Болгарії; Барселона в Іспанії.

#### 1.4.4 Розумна платформа Osado

Платформа Osado Smart Platform — це власне рішення Osado для роздрібно́ї торгівлі онлайн. Це комплексне рішення, що включає програмне та апаратне забезпечення Osado від веб-сайту та додатків до автоматизованого виконання й доставки. Серед клієнтів — мережа супермаркетів Morrisons [6].

#### 1.5. Роботи для переміщення вантажів Omron



Рис 1.11 Роботи для переміщення вантажів Omron

Японська компанія Omron пропонує декілька моделей роботів для переміщення вантажів. Вони можуть використовуватися на складах та у виробничих цехах для транспортування матеріалів та готової продукції. Найбільш потужною є модель Omron HD-1500 із вантажопідйомністю до 1,5 т.

Для складських приміщень добре підходить невеликий, компактний, мобільний робот OMRON LD-60/90 вантажопідйомністю 60 та 90 кг. Ефективність його довів сам виробник, використовуючи своєму підприємстві. Безпечне переміщення по складу забезпечують спеціальні датчики, що дають можливість застосування апарату навіть у приміщеннях, де перебувають люди.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



- завод автокомпонентів Visteon (Словаччина);
- завод кондиціонерів Johnson-НІТАСНІ (Іспанія).

### 1.7 Українські виробники роботів



Рис. 1.13 SBR, SB Robotics, Україна

Автономна універсальна платформа для автоматизації логістичних комплексів - це нащадок складського робота Буксир. Застосовується у шкідливих і небезпечних виробництвах, і для маршрутів закритих від людського доступу, як промо-робот, самохідний лайт-бокс, "офіціант", служба доставки - "кур'єр-доставщик" в smart-ЖК.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Табл 1.1. Автоматизовані платформи Буксир

<b>Буксир - 1, Стандарт-Пак", Україна</b>	<b>Буксир - 2</b>
Роботи переміщують вантажі до 100 кг, зі швидкістю від 0,5 м/с, оснащені датчиками руху.	Робот буксирує вантажі до 300 кг. зі швидкістю від 0,5 м/с, оснащені датчиками руху.
	

## 1.8 Інші постачальники роботизованих рішень у світі

### 1.8.1. Chuck, 6 River Systems, США



Рис.1.14 Роботизовані платформи Chuck

Передбачає роботу спільно з людиною хоча є автономною платформою. Її творці колишні керівники Kiva System. Chuck швидко навчається, підключається

до хмари і просто інтегрується в будь-яку систему. В американських умовах окупається за 1-1,5 року.

### 1.8.2. Delft, Delft Robotics, Нідерланди



Рис.1.15 Роботи Delft

Амазон провела змагання роботів зі всього світу, завданнями було: перше максимально швидко і якісно, зібрати потрібні товари з полиць у контейнер, і друге - розібрати контейнер розставити по полицях. Були ліміти часу і штрафи за помилки. У загальному рейтингу переміг робот з Нідерландів, випередивши навіть японця.

### 1.8.3 Fetch & Freight, Fetch Robotics, США



Рис. 1.16 Роботи Fetch & Freight

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

Готове рішення для складу, в роботу включається прямо з коробки, засноване на операційній системі з відкритим кодом ROS, що дозволяє допрацьовувати систему під будь-які завдання. Роботи використовуються в зв'язці - один збирає товари на полицях, а інші доставляють набори на видачу.

#### 1.8.4. Freight 500 1500, Fetch Robotics, США



Рис. 1.17 Роботи Freight для переміщення великих вантажів

Freight500 переміщує вантажі вагою до 500 кг проходить через дверні отвори і зони розраховані на людей. Freight1500 був розроблений для великих і стандартних вантажних піддонів до 1500 кг.

#### 1.8.5. RightPick, RightHand Robotics, США



Рис 1.18. Роботи RightPick

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Розроблений на основі смарт-гриппера ReFlex, оснащений системою 3D-комп'ютерного зору і ІІ розпізнавання предметів в асортименті. За годину вибирає близько 600 предметів, утримуючи їх присоскою. Система виробляє машинне навчання для розпізнавання предметів.

### 1.8.6 GP10 Tow Tractor, США

Компанія з Findlay виробляє саморушні домкрати, буксири та інші транспортні засоби для підприємств і складів. Транспортери мають набір датчиків, камер і лазерів для виявлення перешкод і роботи згідно з запрограмованими маршрутами.



Рис. 1.19 Роботизований візок Tow Tractor

### 1.8.7. Symbotic, США

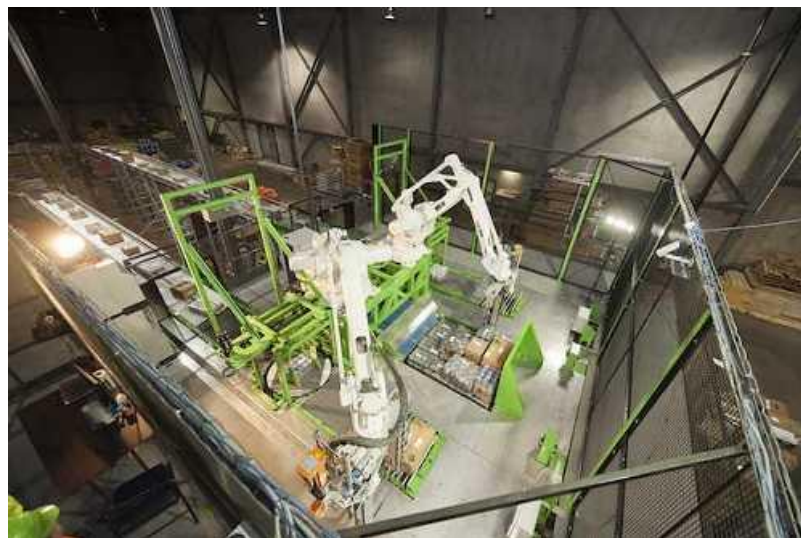


Рис. 1.20. Автоматизований склад Symbotic

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33





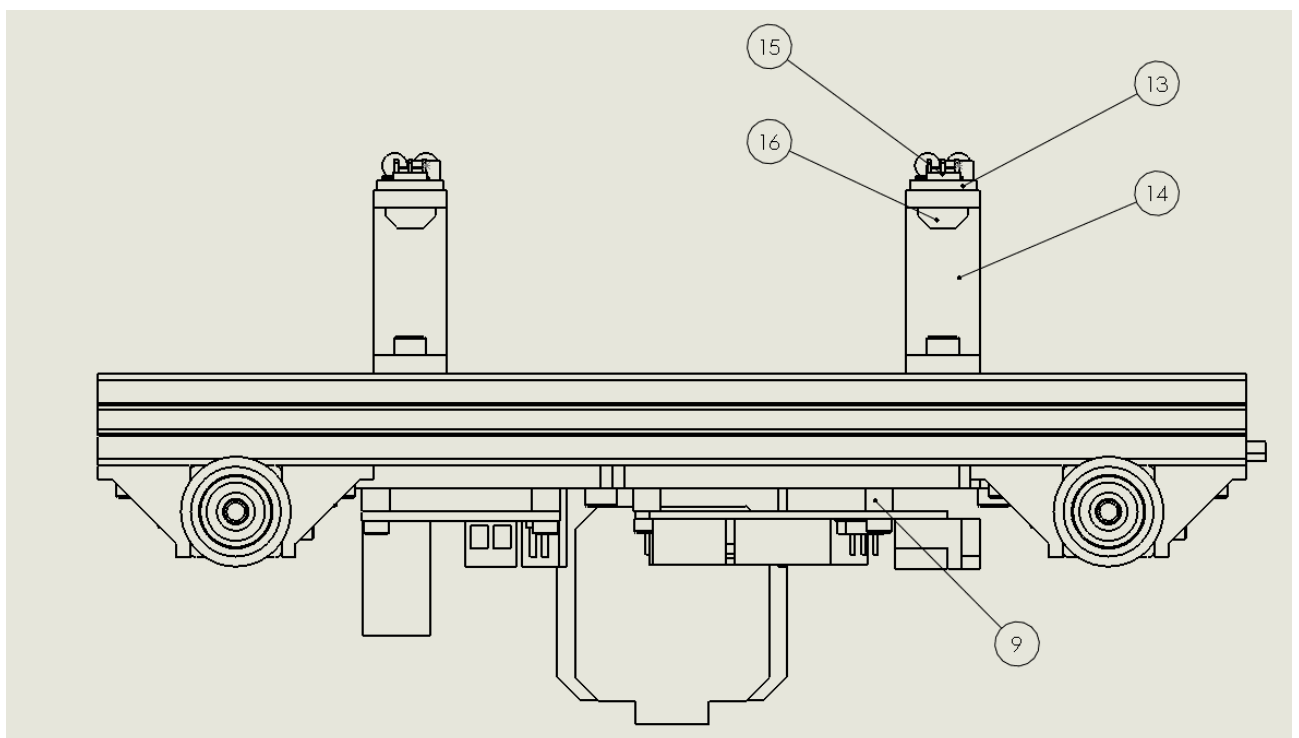
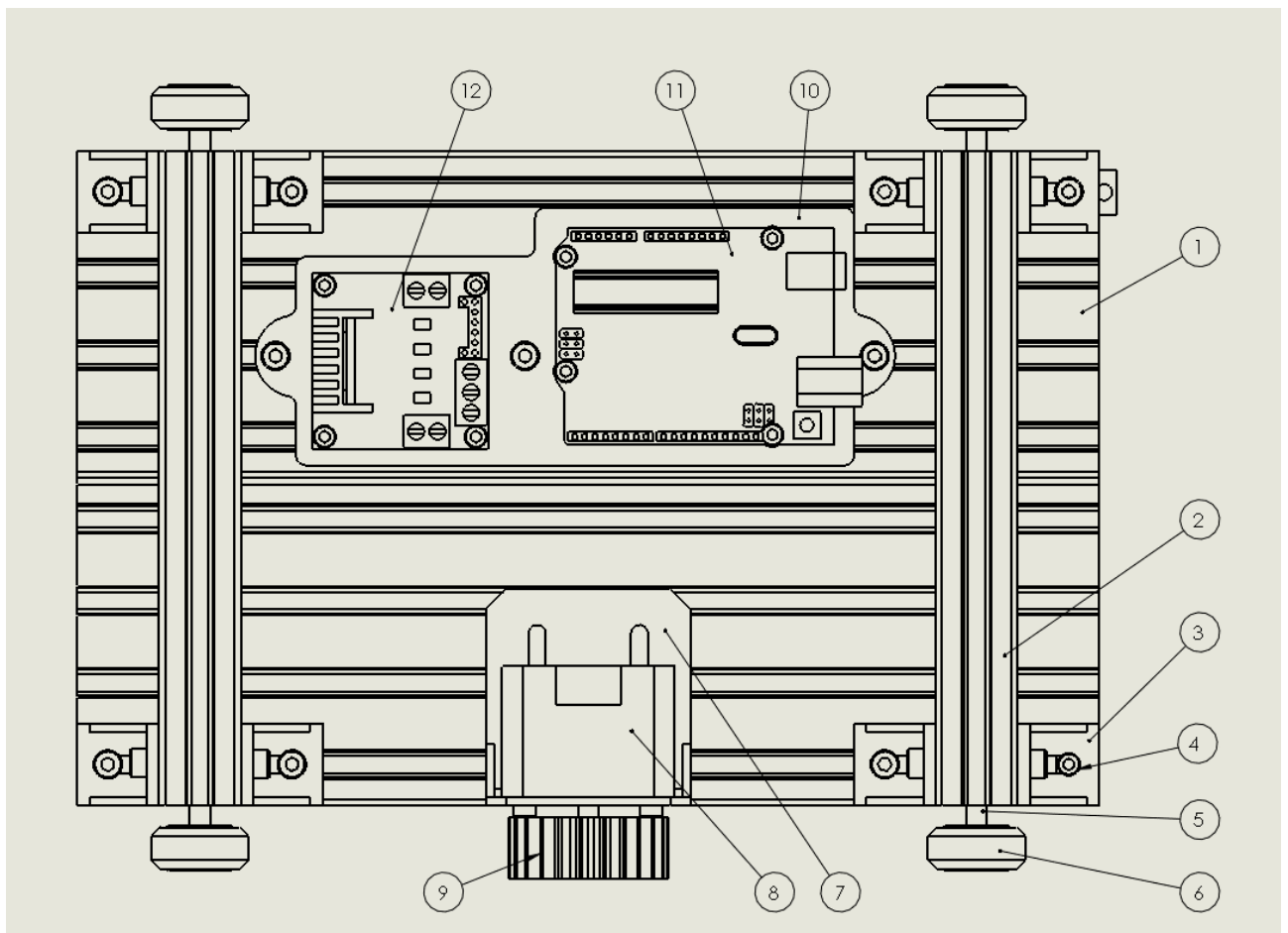


Рис 2.1. Конструкція візка

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 2.3 Вибір двигуна

Розглянемо зачеплення шестерня-рейка. [7]

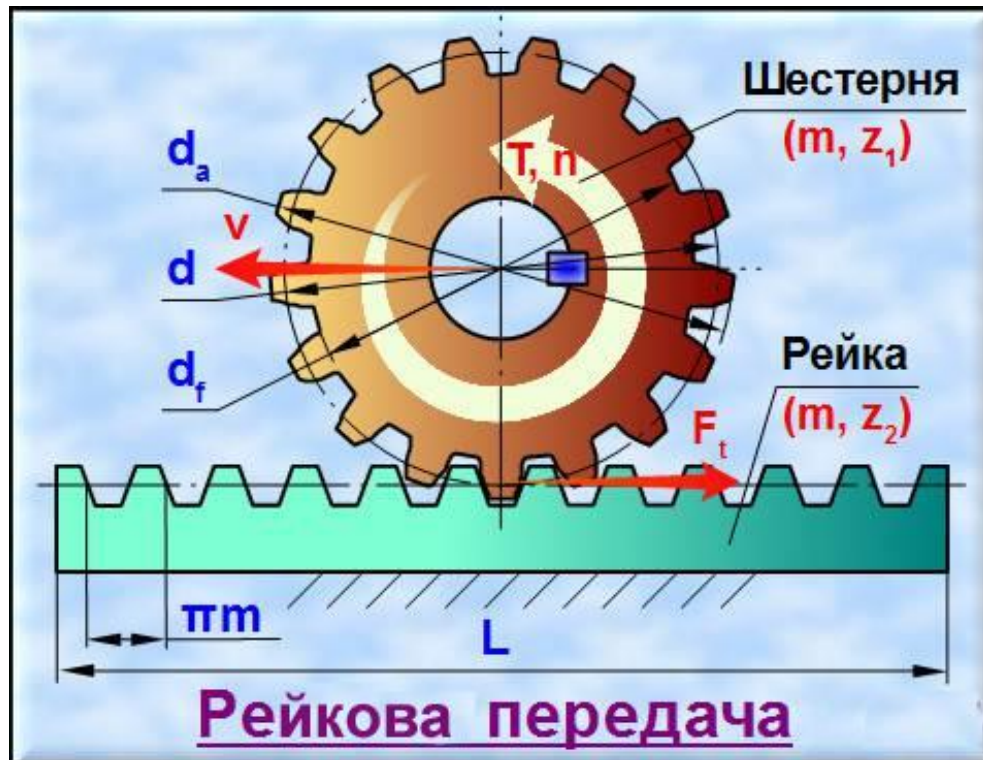


Рис 2.2. Сили в зачеплення шестерні і зубчастої рейки

Рейкова передача може використовуватися для перетворення обертального руху шестерні в поступальний рух рейки, а може бути використана для перетворення поступального руху рейки в обертальний рух зубчастого колеса. Розрахунок рейкової передачі, власне, аналогічний розрахунку зубчастої циліндричної передачі. З математичної точки зору рейка – це зубчасте колесо з радіусом, рівним нескінченності.

Вихідні дані:

1. Значення модуля пружності матеріалу передачі  $E$  в МПа

Для сталі  $E=215000$  МПа.

2. Коефіцієнт Пуассона матеріалу  $\mu$

Для сталі  $\mu=0,3$ .

3. Твердість поверхні зубів за шкалою С Роквелла  $HRC = 27$

					MP.PMKM-37.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Для різних режимів термообробки сталі HRC  $\approx 17 \dots 65$ .

Наприклад, круглий прокат зі Сталі 45 у стані постачання має твердість біля HRC 22.

4. Величину безрозмірного коефіцієнта ширини зубчастого вінця шестерні  $\psi_{bd}=0,6$

$$\psi_{bd} = b/d = 0,6 \dots 0,4.$$

Якщо проєктована рейкова передача прямозуба,  $\beta=0^\circ$ .

Якщо передача косозуба, то  $8^\circ \dots 22^\circ$ .

6. Обертальний момент на валу шестерні в Н\*м

Цей момент визначає здатність навантаження рейкової передачі і задається в технічному завданні.

7. Швидкість центру валу шестерні щодо рейки  $v=0,2$  м/с

$$\text{При } HRC < 38 \quad [\sigma_H] = 2 * 127,57 * e^{(0,0266 * HRC)} + 70$$

$$\text{При } 38 \leq HRC \leq 56 \quad [\sigma_H] = 18 * HRC + 150$$

$$\text{При } HRC \geq 56 \quad [\sigma_H] = 23 * HRC$$

8. Вводимо вихідні дані в форму [8]:

F =	<input type="text" value="20"/>	Н
V =	<input type="text" value="0,2"/>	м/ мин
m =	<input type="text" value="1.5"/>	-
z =	<input type="text" value="21"/>	-
КПД =	<input type="text" value="100"/>	%
i =	<input type="text" value="1"/>	-
k =	<input type="text" value="1.4"/>	-

Рис 2.3 . Ввід вихідних даних

9. Отримуємо такий результат

Оскільки в нас немає редуктора і шестерня розташована на валу двигуна КПД передачі в нас буде 100%.

$\rho =$	<b>4.712</b> мм
$M_2 =$	<b>0.44</b> Нм
$M_1 =$	<b>0.44</b> Нм

Рис 2.4. Отримані вихідні характеристики підбору крокового двигуна

$P$  - крок зубів рейки і шестерні

$M_2$  – Крутний момент на редукторі

$M_1$  – Крутний момент на валі двигуна

Із каталогу компанії Cudvices вибираємо кроковий двигун, який підходить нам по характеристикам.

MODEL	step angle	current/phase	resistance/phase	Inductance/phase	max holding torque	max optimal speed	body length
	(°)	(A)	typ (Ω±10%)	typ (mH±20%)	(oz-in)	(RPS)	max (inch)
NEMA17-13-04SD-AMT112S	1.8	0.67	9.9	12.52	42.0	6	1.34
NEMA17-13-04PD-AMT112S	1.8	1.33	2.5	3.09	42.0	11	1.34
NEMA17-16-06SD-AMT112S	1.8	0.70	10.8	21.84	63.0	3	1.58
NEMA17-16-06PD-AMT112S	1.8	1.40	2.7	5.46	63.0	6	1.58
NEMA17-19-07SD-AMT112S	1.8	1.05	1.3	9.36	83.0	5	1.89
NEMA17-19-07PD-AMT112S	1.8	2.10	5.2	2.34	83.0	9	1.89
NEMA17-23-01D-AMT112S	1.8	2.00	2.0	2.91	110.0	7	2.34

Рис 2.5. Перелік двигунів із каталогу Cudvices

Вибираємо двигун: NEMA17-16-06PD-AMT112S

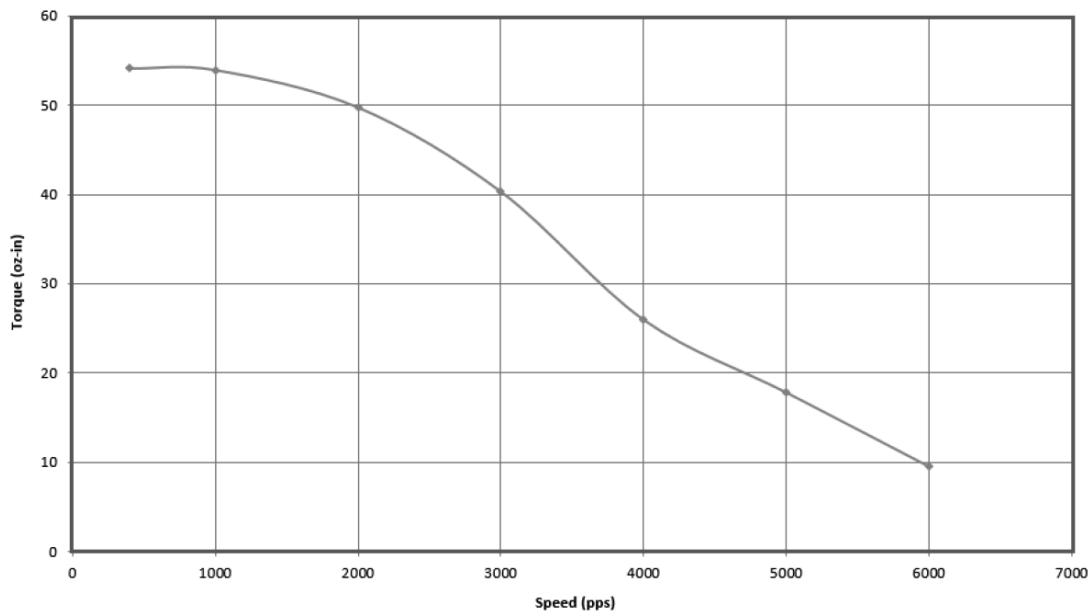


Рис 2.6. Графік кривих крутного моменту

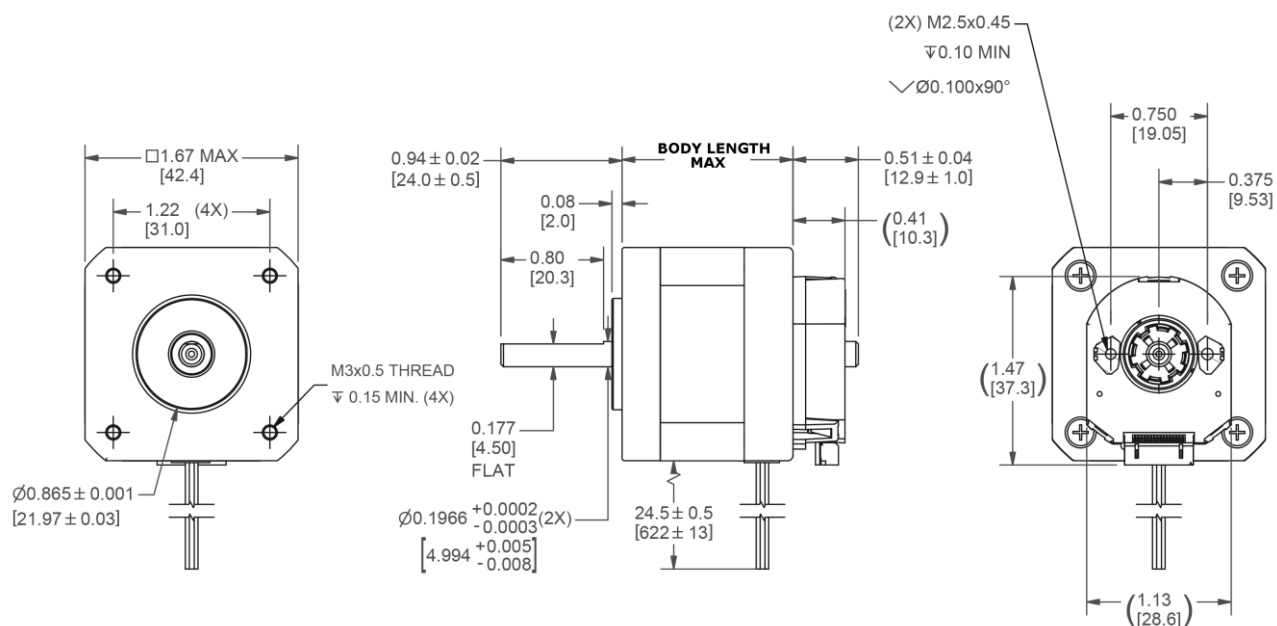


Рис 2.7. Геометричні параметри серії крокових двигунів NEMA 17

### 2.3 Опис конструкції стола

Стіл складається з профілів-напрямних 20x60 (2) довжиною 2000мм, на які встановлено два профіля 20x20-V (1), по ним рухаються колеса візка. Напрямні кріпляться до стіла за допомогою планок (6). Стіл встановлений на шістьох опорах (3), що за допомогою кутників (5) кріпляться до основи стола (2), для стійкості між ними встановлені поперечини. Вздовж однієї із напрямних закріплено зубчасту рейку (6), яка входить в зачеплення із зубчастим колесом, встановленим на валу двигуна візка. Вздовж напрямної встановлені за допомогою кронштейнів 8 механічні кінцеві вимикачі (7).

					МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40

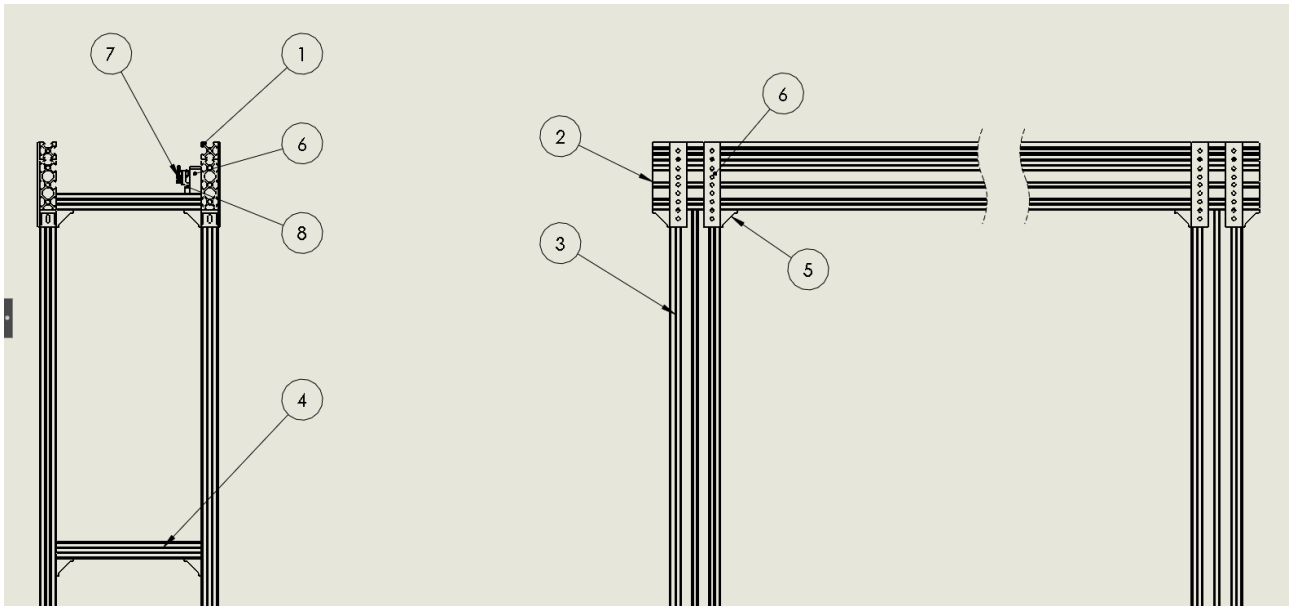


Рис 2.8. Конструкція стола

Креслення комплектуючих виконую в середовищі SolidWorks. Після завершення створення креслення всіх модулів та комплектуючих компону збірне креслення.

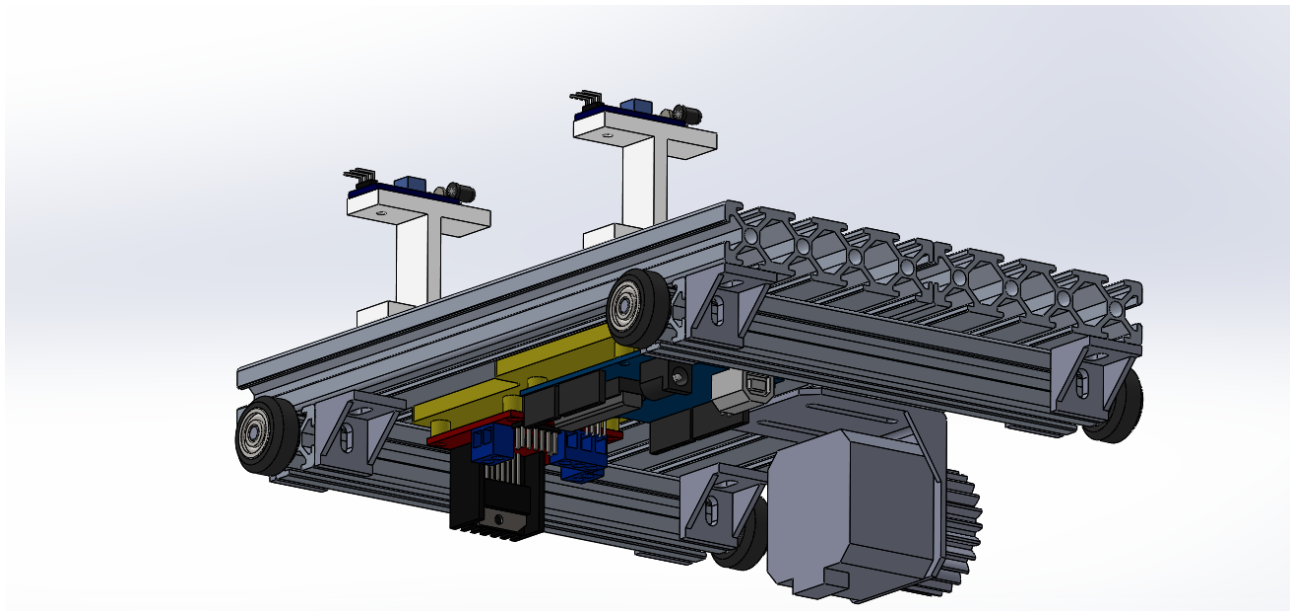


Рис 2.9 Збірне креслення візка

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

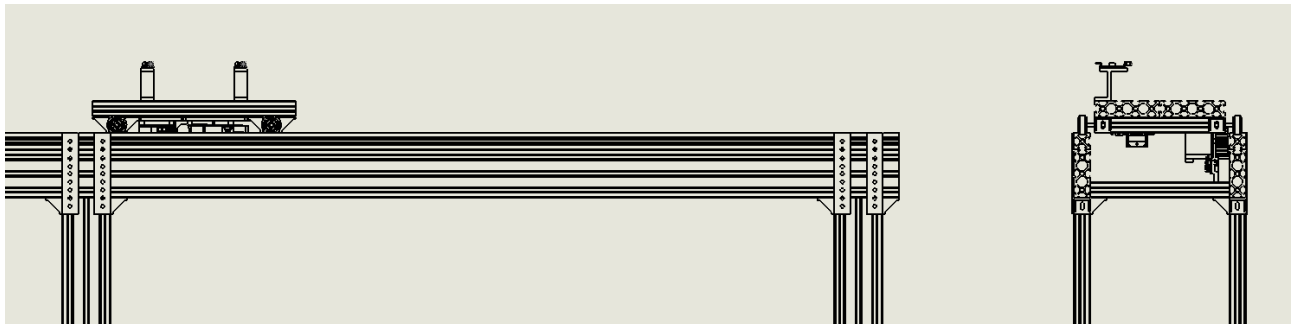


Рис 2.10. Збірне креслення стола з візком



Рис 2.11 Кінцевий вигляд проекту

## 2.5 Перелік комплектуючих

Табл 2.1 Список комплектуючих

№	Назва	Посилання	Кількість
1	Arduino UNO	<a href="https://arduino.ua/prod676-arduino-uno-rev3">https://arduino.ua/prod676-arduino-uno-rev3</a>	1
2	Алюмінієвий кутник 2028		18
3	Блок живлення для Arduino UNO		1
4	Блок живлення для двигуна і драйвера	<a href="https://optsvet.com.ua/p10755603">https://optsvet.com.ua/p10755603</a>	1

					MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			42









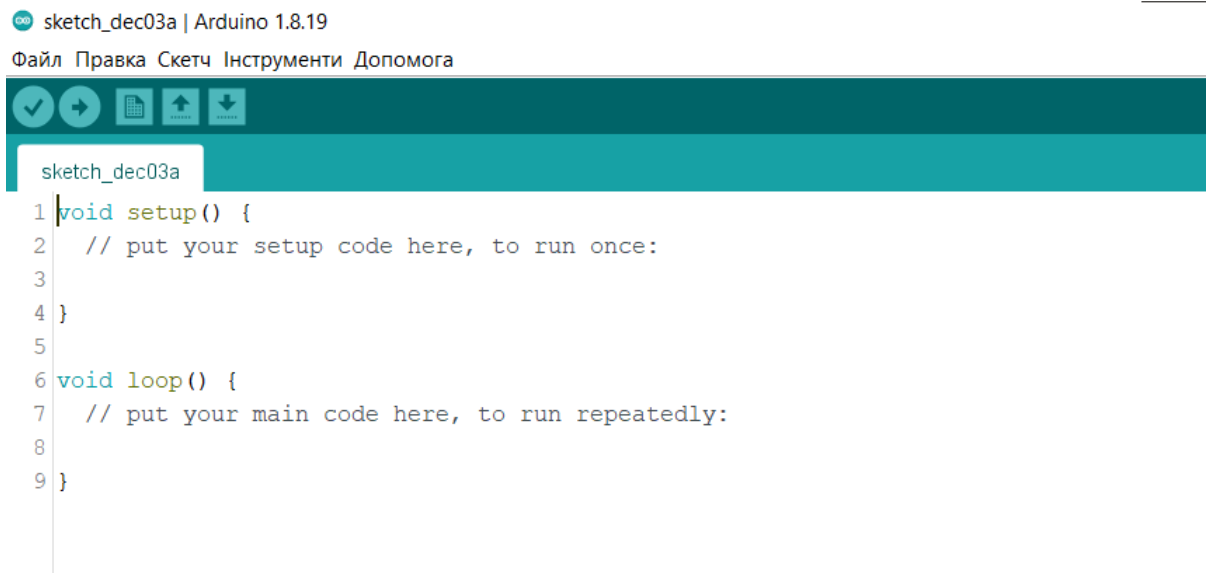


Рис 3.3. Робоче поле програми

Вписуємо цикл програми і умови її роботи.

Також перед початком написання програми необхідно додати всі необхідні бібліотеки, які спростять написання робочої програми і зможуть усунути певні негативні явища, які будуть заважати нормальній роботі програми, такі як скачки напруги при тремтінні контакту кінцевого механічного вимикача, при натисканні чи не зчитуванні даних через скачок напруги, при натисканні на мікровимикач.

Отже, для керування проектом необхідно в робочу програму додати дві бібліотеки, такі як: <Stepper.h> та <Button.h>. Додаємо їх за допомогою команди #include перед написанням самої програми. Принцип написання схожий до написання коду в мові C++.

```

30
37 #include <Button.h> //Бібліотека керування кнопками
38
39 #include <Stepper.h>
--

```

Рис 3.4. Додавання бібліотек керування вхідних інтерфейсів і кроковим двигуном

Відповідно:

<Stepper.h> - бібліотека керування кроковим двигуном, а саме NEMA 17.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



```

59 void setup() {
60     // Вписую функції які ініціалізуються тільки раз!
61
62     // встановити швидкість 60 об/хв:
63     myStepper.setSpeed(60);
64
65     //Далі ініціалізую кнопки
66
67     button1.begin();
68     button2.begin();
69     button3.begin();
70     button4.begin();
71     button5.begin();
72
73     // ініціалізація послідовного порту:
74     Serial.begin(9600);
75
76 }
77

```

Рис 3.7. Ввід незмінних функцій

Далі в розділі void loop пишемо цикл програми, а саме задаємо умову керування візком. Починаємо із першої умови, коли візок знаходиться на першій позиції, і два інфрачервоні датчики сигналізують про наявність об'єкту. Візок починає рух до позиції два, поки не спрацює другий кінцевий вимикач. Інакше двигун очікує 0,5 секунди.

```

78 void loop() {
79     // Цикл виконання програми, постійно повторюється!
80     //&& - логічне "І", ! - логічне "НЕ", || - логічне "АБО"
81     if ( button1.pressed() && !button2.pressed() && !button3.pressed()
82         && button4.pressed() && button5.pressed())
83         {myStepper.step(stepsPerRevolution); delay(50);}
84     else
85         {delay(500);}

```

Рис 3.8. умова роботи двигуна в першому положенні двигуна

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Далі візок зупиняється біля першого робота-маніпулятора (спрацьовує другий кінцевий вимикач) і починає рух, коли зникне сигнал від одного із інфрачервоних датчиків, тобто робот-маніпулятор забере один об'єкт, інакше візок очікує 0,5с.

```
87 if ( button2.pressed() && !button1.pressed() && !button3.pressed()  
88 && (!button4.pressed() || button5.pressed()))  
89 && button4.pressed() || !button5.pressed )  
90 {delay(500);}  
91 else  
92 {myStepper.step(stepsPerRevolution); delay(500);};  
93 }
```

Рис 3.9. Умова роботи двигуна в другому положенні двигуна

Кінцева умова візка: візок зупиняється біля другого робота-маніпулятора, який забирає останній об'єкт, після чого візок повертається в вихідне положення, поки не спрацює перший кінцевий вимикач, і очікує повторного завантаження.

```
91 else  
92 {myStepper.step(stepsPerRevolution); delay(500);};  
93  
94 if ( button3.pressed() && !button1.pressed() && !button2.pressed()  
95 && !button4.pressed() || !button5.pressed ()  
96 )  
97 {delay(500);}  
98 else  
99 {myStepper.step(-stepsPerRevolution); delay(50);}  
100 }
```

Рис 3.10. Умова роботи двигуна в кінцевому положенні двигуна

Симуляцію роботи схеми проводимо в програмі Proteus 8.13

										Арк.
										50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ					

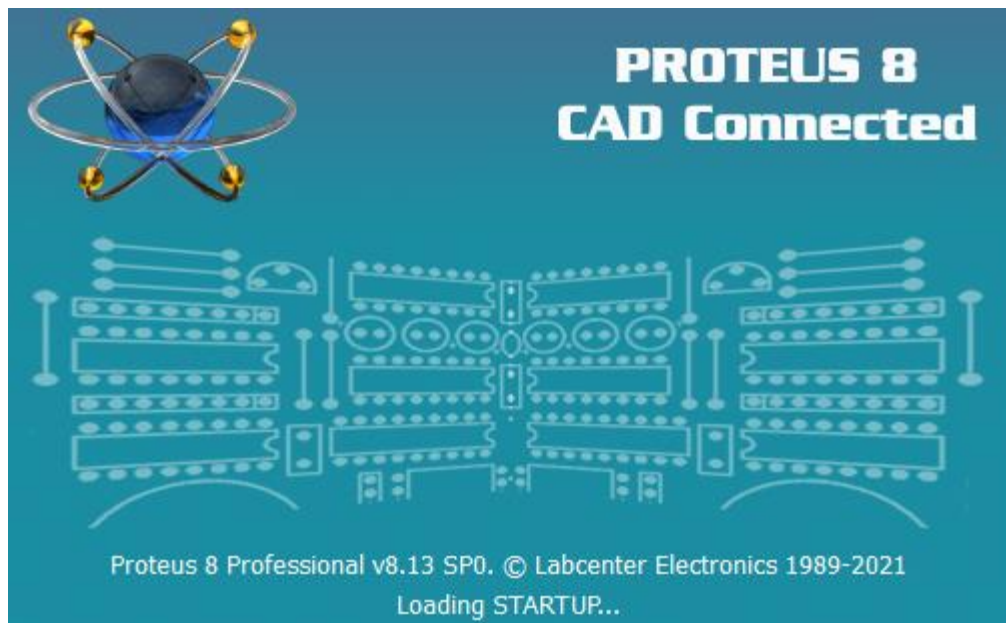


Рис 3.11. Вікно завантаження програми

Далі створюємо новий проект і вибираємо лист, на якому буде розташована схема.

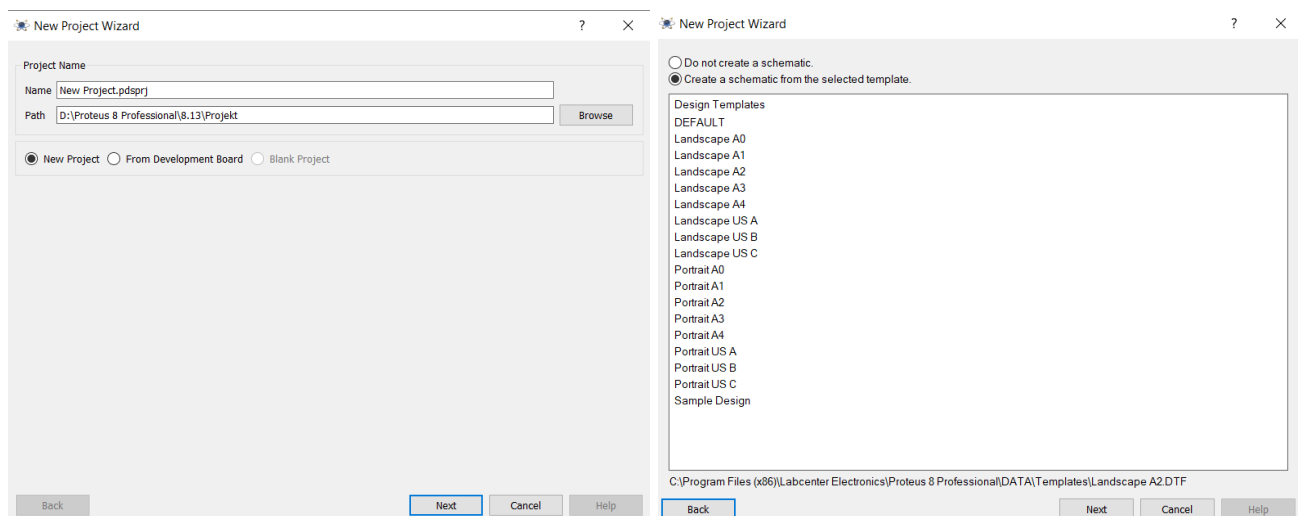


Рис 3.12. Вікно створення проекту

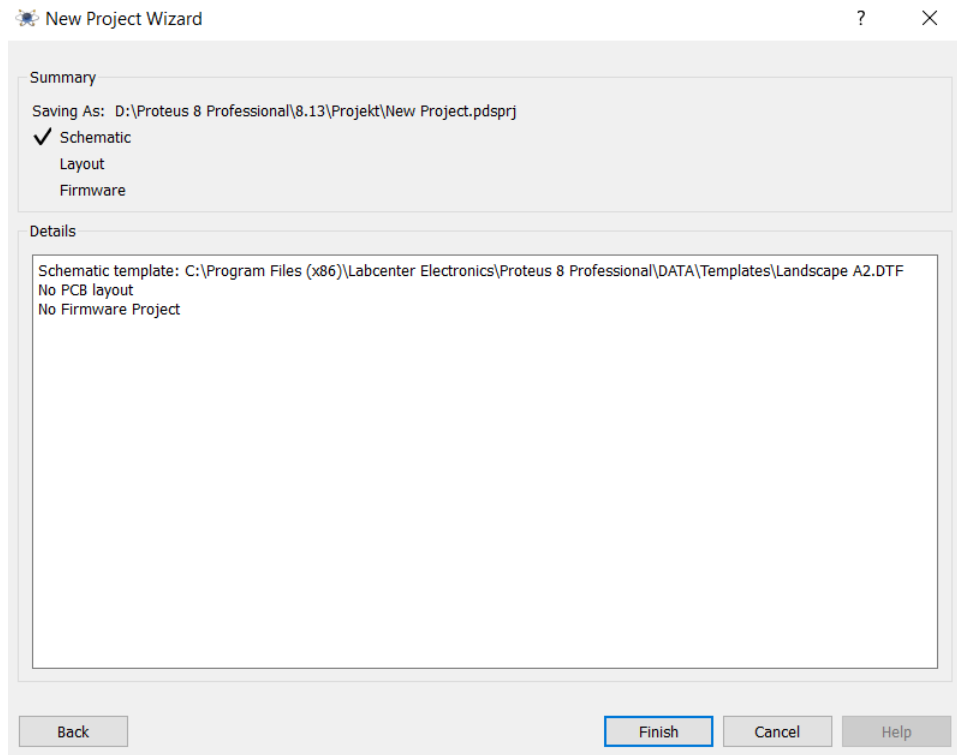


Рис 3.13. Завершення початкового налаштування проекту

Після початкових налаштувань ми бачимо робоче середовище - вікно програми, в якому буде відбуватись складання схеми і симуляція роботи.

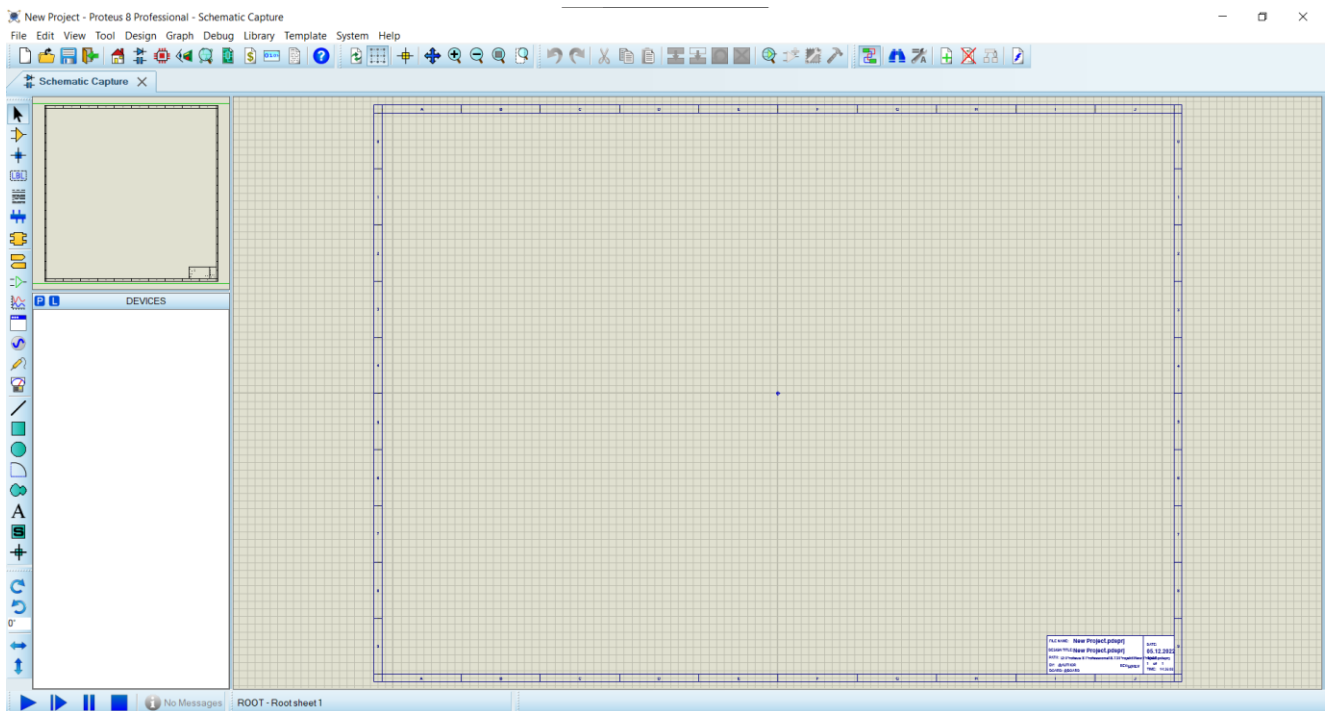


Рис.3.14. Робоче поле програми

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Додаємо всі компоненти, які будуть фігурувати в схемі. Інфрачервоний датчик сприймає тільки цифровий сигнал, тому в схемі він грає роль кнопки.

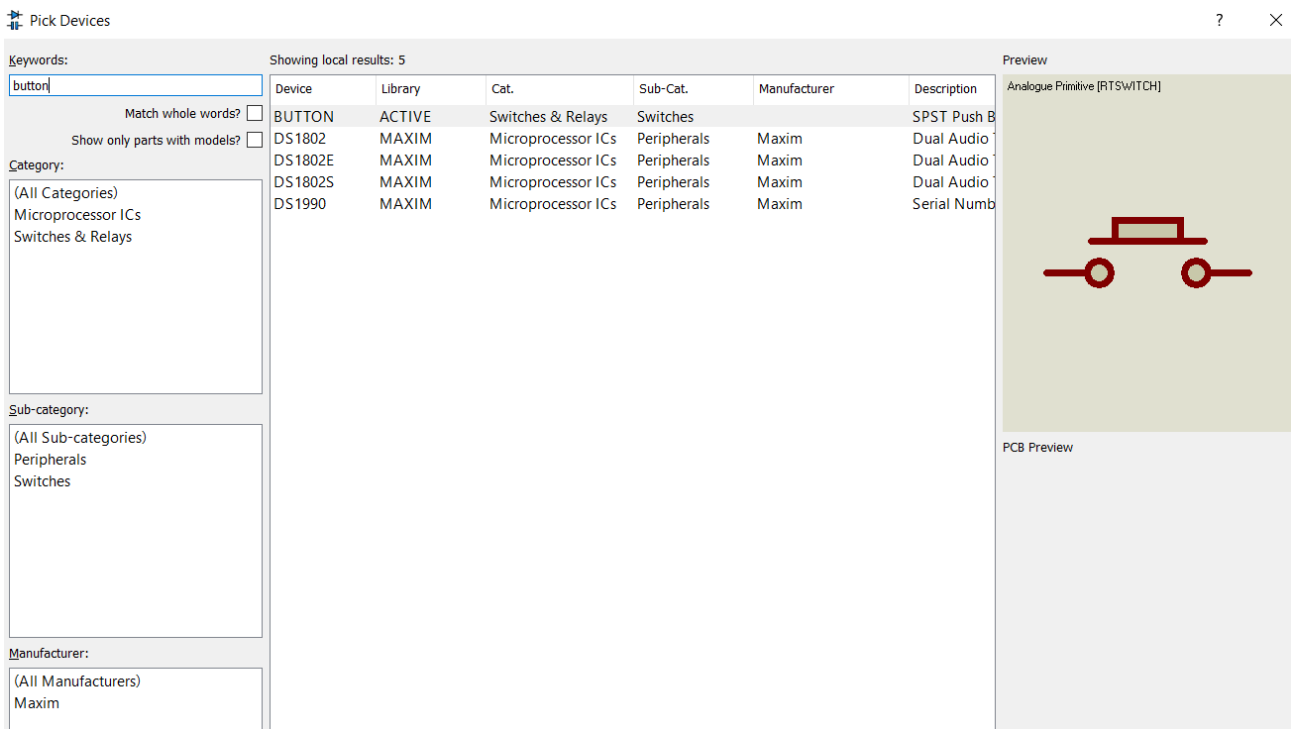


Рис. 3.15 Вікно вибору компонентів

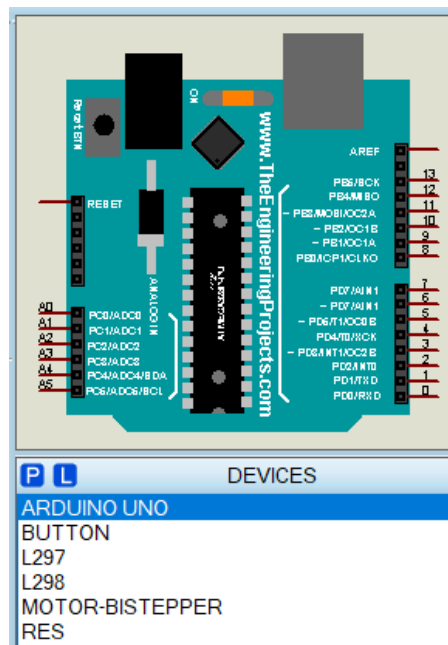


Рис. 3.16 Список доданих компонентів

Далі розставляємо компоненти і з'єднуємо їх.

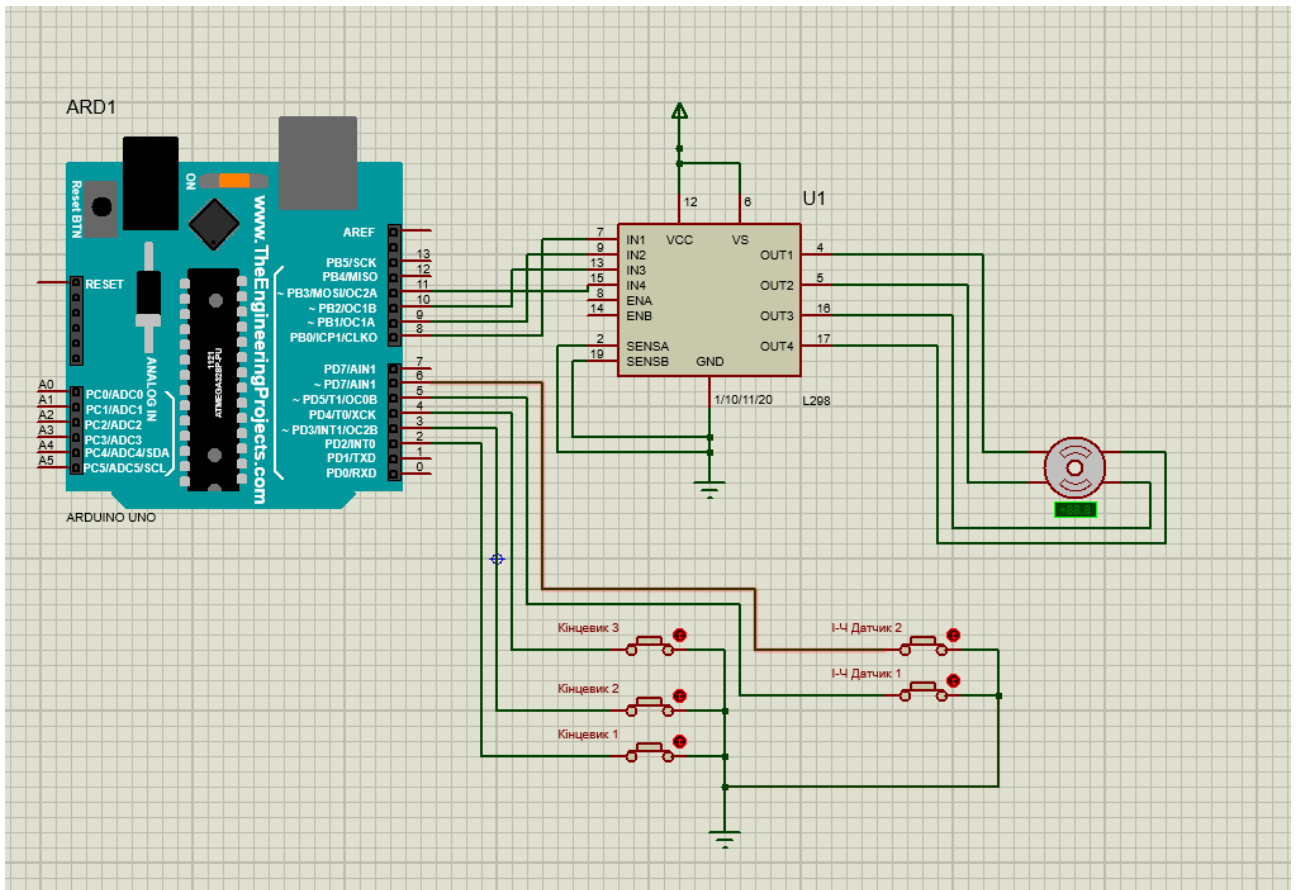


Рис. 3.17. Схема підключення компонентів

Для перевірки роботи програми запускаємо симуляцію роботи проекту, для цього запускаємо програму, написану в середовищі Arduino IDE, і вказуємо шлях до скомпільованого файлу в віртуальну схему Arduino UNO. Ми вказуємо в схему мікроконтролера, яку ми створили в програмі Proteus 8, шлях до файлу із розширенням .hex

(C:\\Users\\Oleh\\AppData\\Local\\Temp\\arduino\_build\_957512\\014.ino.hex).

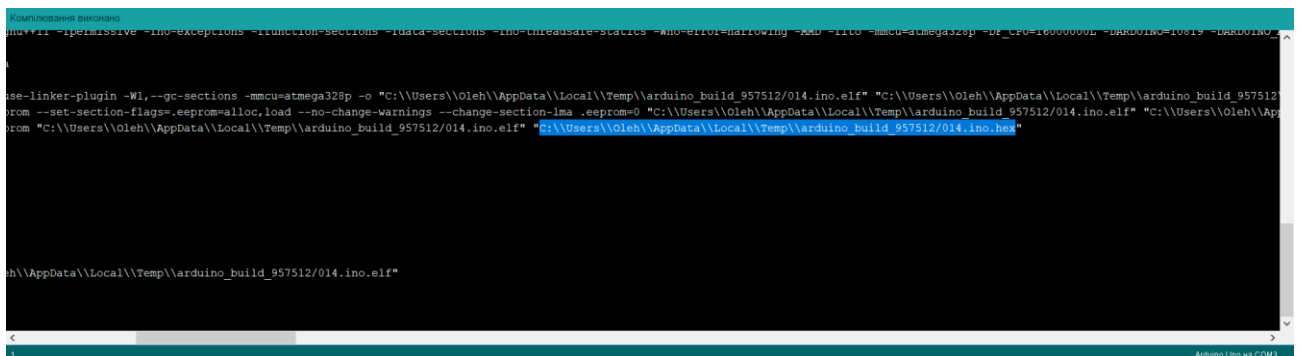


Рис 3.18. Шлях до файлу із алгоритмом керування.

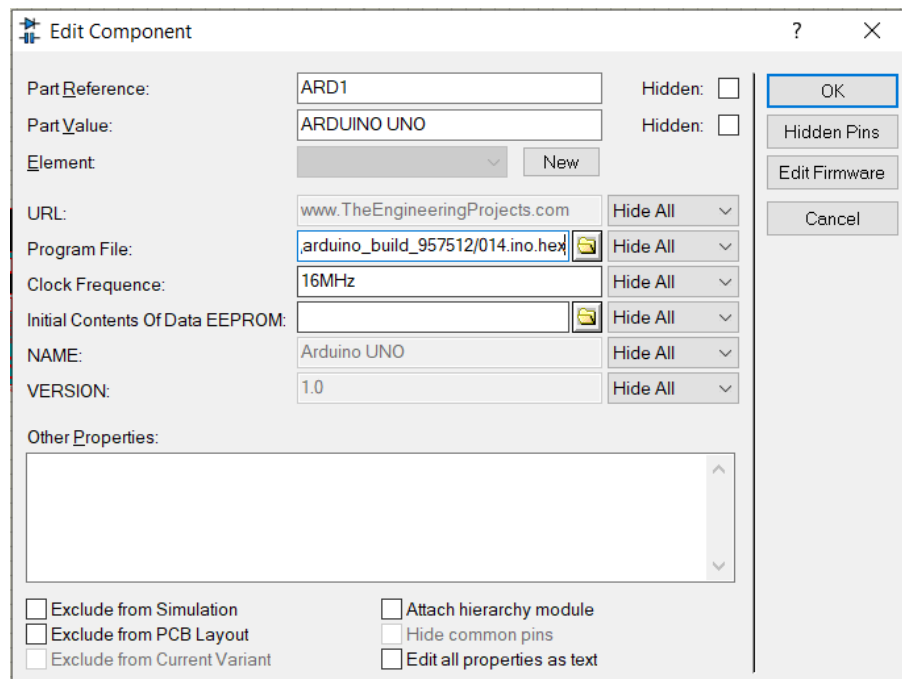


Рис 3.19. Вікно для вводу програми в мікропроцесор

Після запуску ми покроково симуємо роботу візка і його взаємодію із роботами-маніпуляторами.

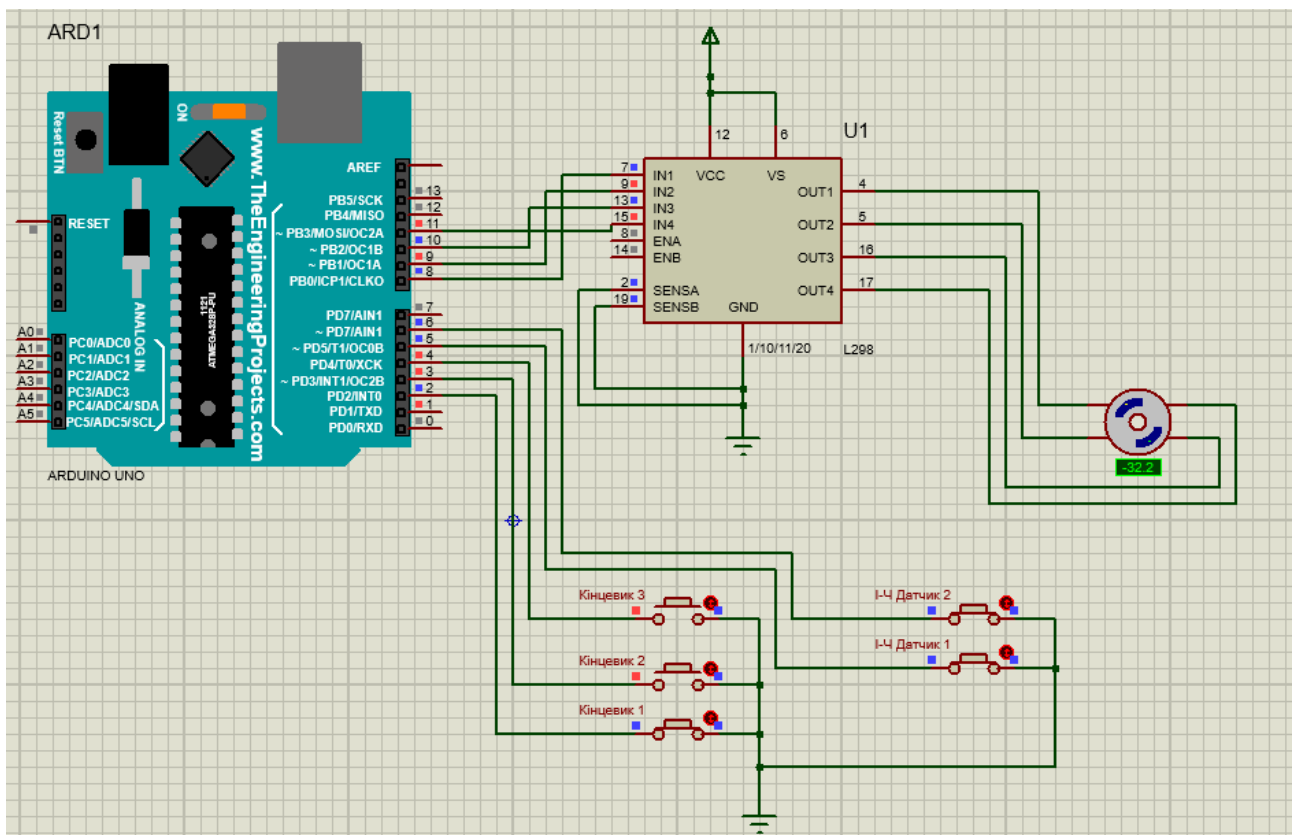


Рис 3.20 Симуляція роботи візка в першому положенні



## ***КОД ПРОГРАМИ***

```
#include <Button.h> //Бібліотека керування кнопками
Button button1(2); // Connect your button between pin 2 and GND (кнопки 1-3 це
кінцеві давачі)
Button button2(3); // Connect your button between pin 3 and GND
Button button3(4); // Connect your button between pin 4 and GND
Button button4(5); // Інфрачервонний датчик1
Button button5(6); // Інфрачервонний датчик2
#include <Stepper.h>
// кіллькість кроків при поному оберті вала двигуна
const int stepsPerRevolution = 200;
// порти для керування двигуном
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);
/*// встановити швидкість 60 об/хв:
    myStepper.setSpeed(60);
// ініціалізація послідовного порту:
    Serial.begin(9600);
*/
void setup() {
    // Вписую функції які ініціалізуються тільки раз!
    // встановити швидкість 60 об/хв:
    myStepper.setSpeed(60);
    //Далі ініціалізую кнопки
    button1.begin();
    button2.begin();
    button3.begin();
    button4.begin();
    button5.begin();
    // ініціалізація послідовного порту:
```

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

```

Serial.begin(9600);
}
void loop() {
// Цикл виконання програми, постійно повторюється!
//&& - логічне "І", ! - логічне "НЕ", || - логічне "АБО"
if ( button1.pressed() && !button2.pressed() && !button3.pressed()
&& button4.pressed() && button5.pressed())
{ myStepper.step(stepsPerRevolution); delay(50);}
else
{ delay(500);}
if ( button2.pressed() && !button1.pressed() && !button3.pressed()
&& ((!button4.pressed() || button5.pressed()))
&& button4.pressed() || !button5.pressed() )
{ delay(500);}
else
{ myStepper.step(stepsPerRevolution); delay(500)};
if ( button3.pressed() && !button1.pressed() && !button2.pressed()
&& !button4.pressed() || !button5.pressed ()
)
{ delay(500);}
else
{ myStepper.step(-stepsPerRevolution); delay(50);}
}
}

```

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



M1924, завдяки використанню цієї змінної даних візок запускається і очікує завантаження, згідно з таблицею 3.1 початкові значення виходів мікроконтролера  $Y_8-Y_0$  є – 0. На рисунку 3.23 відображений перший крок, що визначається Inverse Coil, оскільки усі початкові значення виходів є нульові.

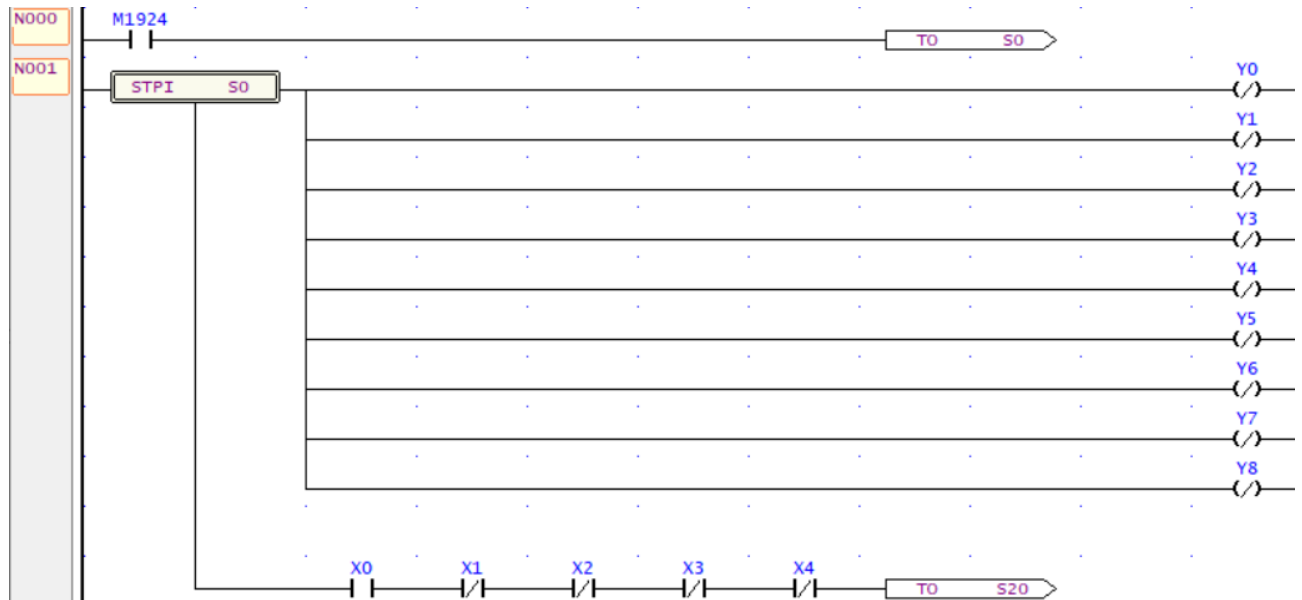


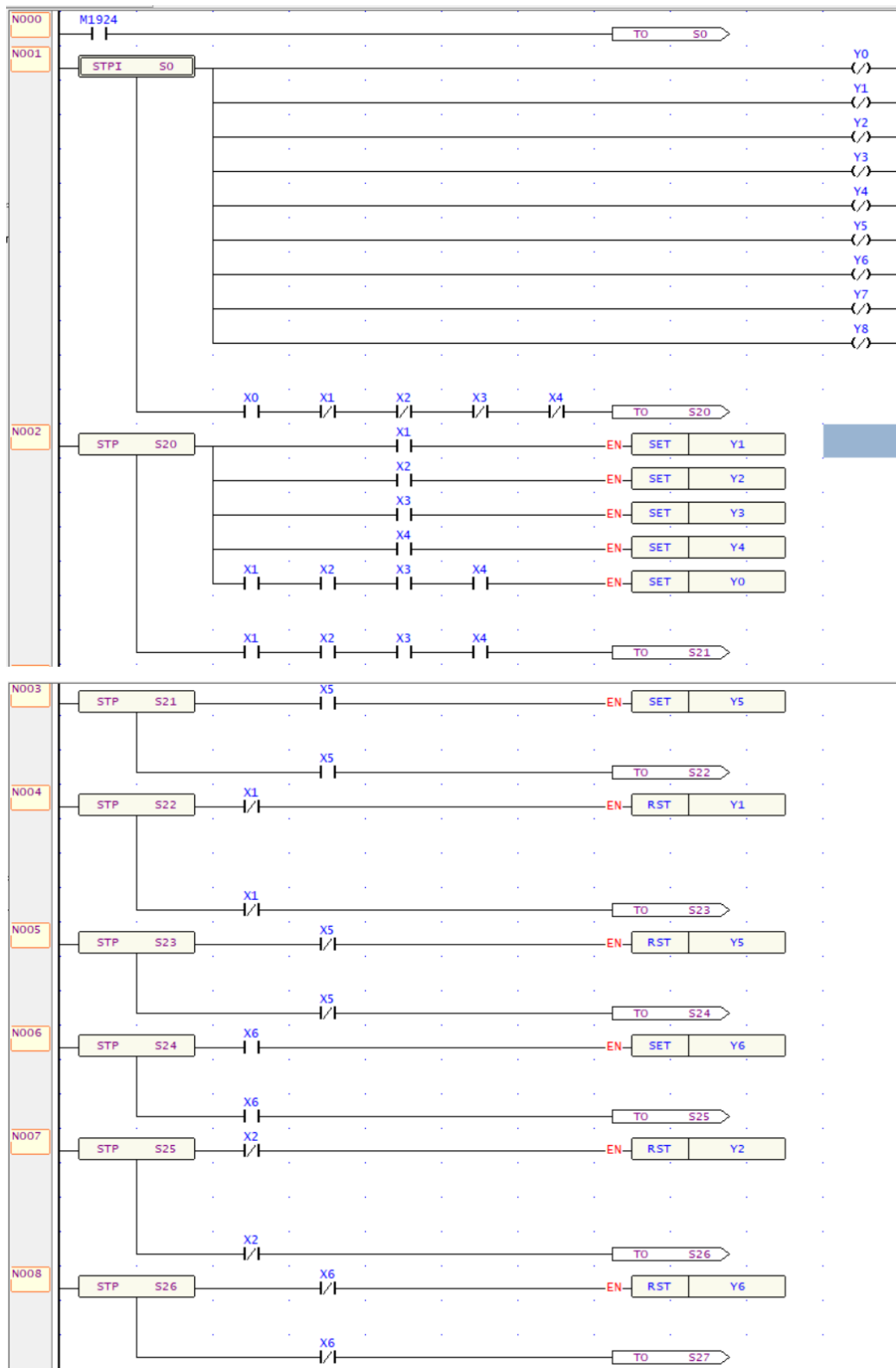
Рисунок 3.23 – Встановлення визначальних виходів.

Програма запускається автоматично, завдяки M1924. У той же час програма поки що не містить жодної мотивації переходу у наступний крок. Встановимо для цього у рядок N001 вхідні сигнали X0-X4, які спричинять перехід у наступний (виконавчий) крок. Усі виконавчі кроки задаються від S20.

Встановлюємо наступний рядок, у якому перший виконавчий крок – S20. Він показує нам, чи всі чотири деталі завантажені на візок, при завантаженні візок переходить в наступне положення S21, в якому візок рухається до робота, поки не спрацює датчик. Датчик подасть вихідний сигнал X5, після чого візок зупиниться і дасть Y5-вихідний сигнал, який подає візок, коли зупиняється біля першого робота,  $Y_5=1$  коли візок зупинився і перейде в наступне положення S22. В положенні S22 візок очікуватиме, поки робот не забере першу деталь, після чого перейде в наступне положення S23. При цьому значення  $X_5=0$ , і візок продовжить рух до наступного робота, поки не всі деталі не будуть зняті з нього, після чого повернеться в вихідне положення.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60





Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ

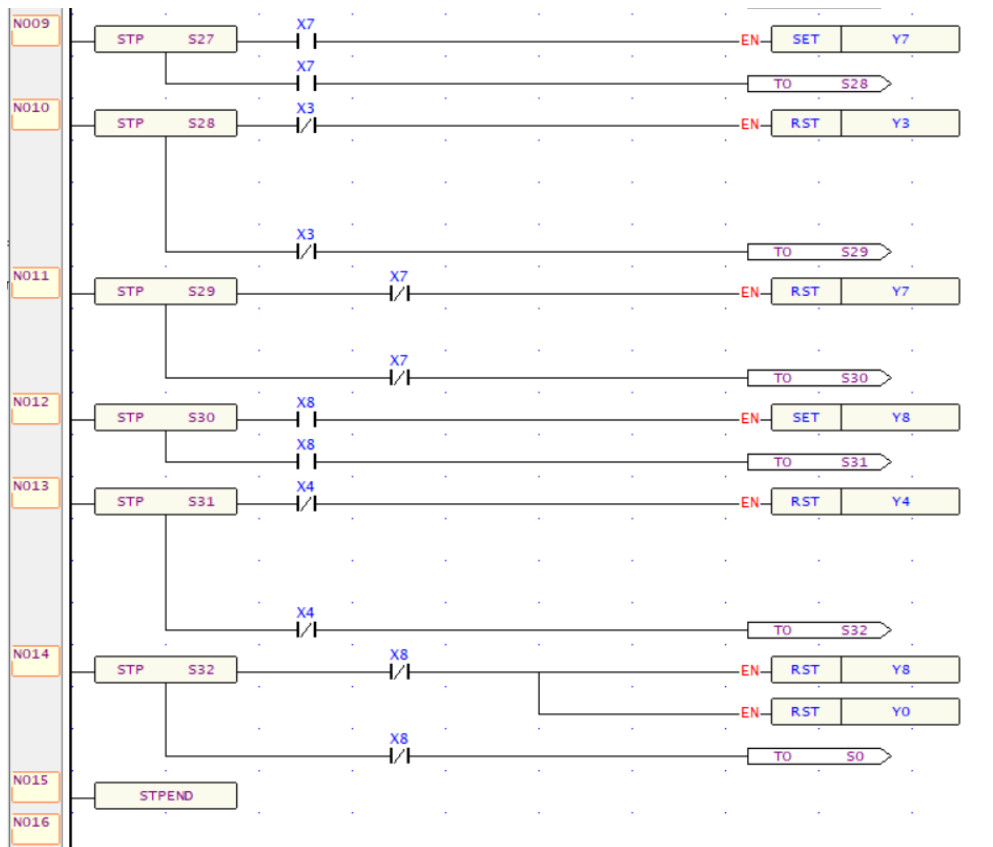


Рисунок 3.25 - Кінцевий варіант програми

## 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Опис призначення та конструкції деталі

Платформа є нестандартною деталлю для кріплення плат керування візком, яка виконана із алюмінієвого сплаву Д16Т. Дана деталь встановлюється під низ платформи візка, приєднується за допомогою трьох болтів DIN 912 М4 і трьох пазових сухарів під відповідні болти, які розташовані в каналі профіля вздовж осі профіля 20X80, так щоб деталь не виступала із боків за межі візка.

Форма: деталь складної форми прямокутник із двома півсферами і з виступом на одні сторони, із трьома отворами вздовж осі деталі  $\varnothing 4$  мм і вісьма отворами із різьбою М3 для кріплення плат керування через пластикові шайби висотою 3мм.

Габарити деталі: 156,5X63X5 мм

Маса : 112.68 грам.

Матеріал: Д16Т (ГОСТ 4784-97).

Таблиця 4.1 Хімічні властивості матеріалу Д16Т (ГОСТ 4784-97).

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Zn	Домішкм	-
До 0,5	До 0,5	0,3- 0,9	До 0,1	До 0,15	90,9- 94,7	3,8- 4,9	До 0,25	Від 0,05 до 0,15	Ti+Zr <0.2

Таблиця 4.2 Механічні властивості матеріалу Д16Т.

Марка	Металева система	$\sigma_{02}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ ,%	НВ	$\frac{KCU, КДж}{м^2}$	$\frac{K_{1C}, МН}{м^{3/2}}$	$\sigma_{-1}$ , МПа
Д16Т	Al-Cu-Mg	300	440	20	130	250	44	120

Аналогом цього алюмінієвого сплаву є сплав 2024-Т4. Із таблиці 4.3 і 4.1 видно що Д16Т є аналогом сплаву 2024-Т4, відповідно і механічні характеристики

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					64

сплавів будуть подібними. Механічні властивості 2024-T4 взяті із програми SolidWorks та наведені в рисунку 4.1.

Таблиця 4.3 Хімічні властивості матеріалу 2024-T4

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Zn	Домішкм	-
До 0,5	До 0,5	0,3-0,9	До 0,1	До 0,15	90,9-94,7	3,8-4,9	До 0,25	Від 0,05 до 0,15	Ti+Zr <0.2

Property	Value	Units
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	28000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	2780	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	470	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	325	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	2.32e-005	/K
Thermal Conductivity	120	W/(m·K)
Specific Heat	875	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Рис 4.1. Механічні властивості алюмінієвого сплаву 2024-T4

Mass properties of selected Solid Bodies: Coordinate system: -- default --		
Density = 0.00 grams per cubic millimeter		
Mass = 112.68 grams		
Total weld mass = 0.00 grams		
Volume = 40533.56 cubic millimeters		
Surface area = 19124.75 square millimeters		
Center of mass: ( millimeters )		
X = -3.48		
Y = 2.50		
Z = -2.36		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass.		
Ix = ( 1.00, 0.00, -0.07 )	Px = 31744.42	
Iy = (-0.07, 0.00, -1.00)	Py = 187023.12	
Iz = ( 0.00, 1.00, 0.00 )	Pz = 218297.99	
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.		
Ixx = 32456.33	Iyy = 0.16	Izz = -10489.89
Ixy = 0.16	Iyy = 218297.99	Iyz = 0.01
Ixz = -10489.89	Izy = 0.01	Izz = 186311.21
Moments of inertia: ( grams * square millimeters )		
Taken at the output coordinate system.		
Ixx = 33787.74	Iyy = -979.12	Izz = -9565.87
Ixy = -979.12	Iyy = 220286.64	Iyz = -664.57
Ixz = -9565.87	Izy = -664.57	Izz = 188377.11

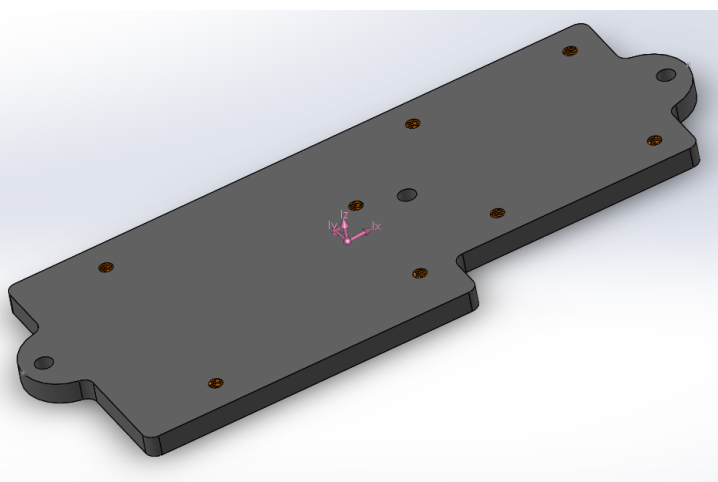


Рис 4.2. 3D модель платформи

									Арк.
									65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ				

Масогабаритні параметри деталі і центр мас визначаємо в програмі SolidWorks.

#### 4.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Матеріал виготовлення деталі - алюмінієвий сплав Д16Т, заготовка - плита, виготовлена з прокату. Заготовка являє собою напівфабрикатів який використовується в подальшому для створення деталі, а також в виробництві товарів широкого спектру. Коефіцієнт оброблюваності матеріалу  $KV_M=11$ .

Заготовка буде закріплена на горизонтально-фрезерному верстаті нормальної точності.

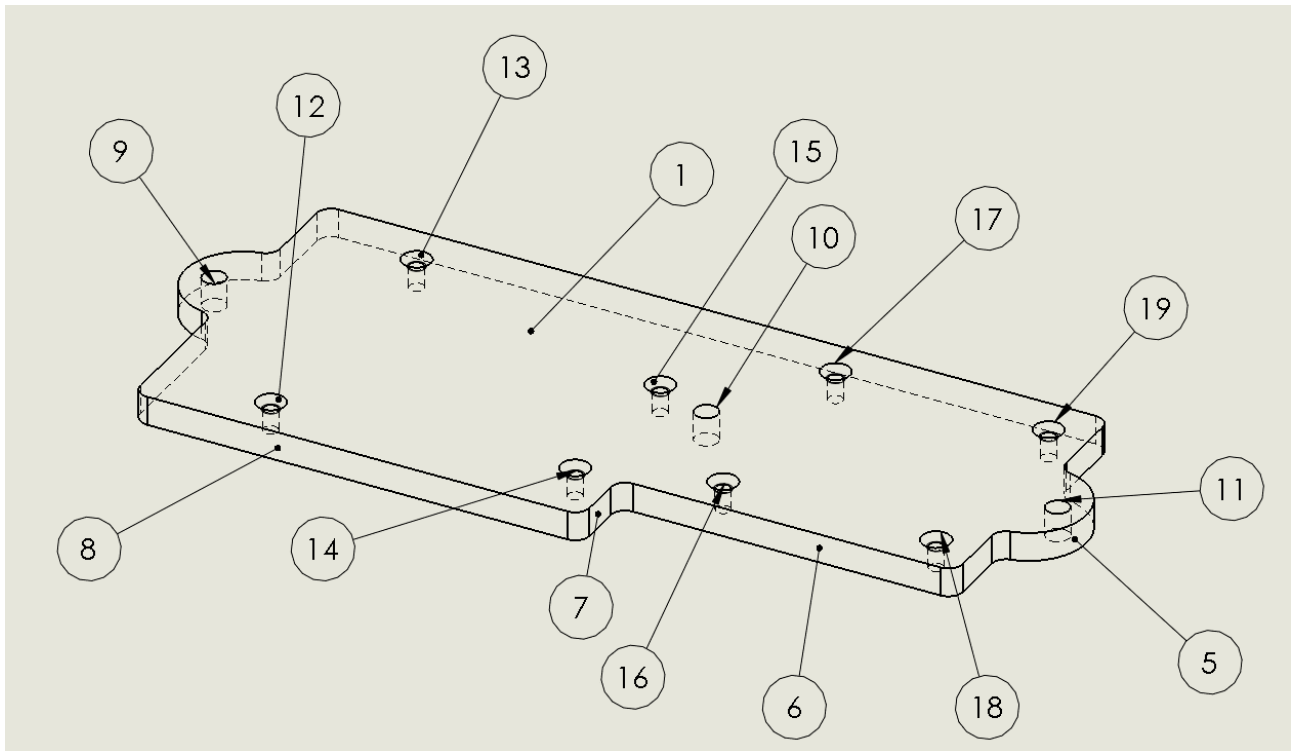


Рис 4.3 Креслення деталі з поверхнями із сторони закріплення плат керування

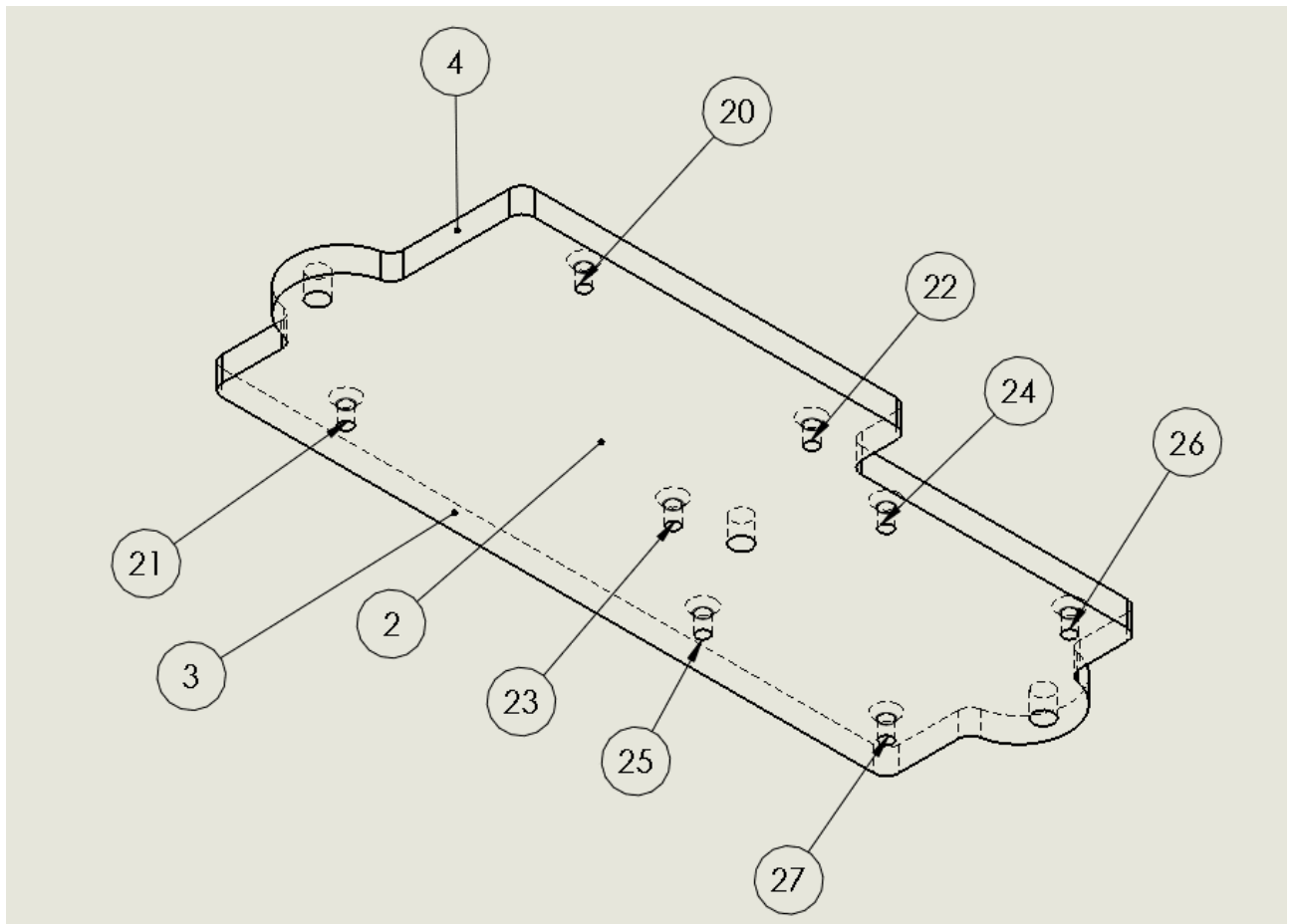


Рис 4.4 Креслення деталі з поверхнями із сторони закріплення візка

Табл 4.4 Опис конструкції деталі.

№ поверхні	Назва	Розміри	Квалітет	Шорсткість
1	Передня поверхня		h14	12,5
2	Задня поверхня		h14	12,5
3-8	Контур деталі		h14	12,5
9-11	Внутрішня циліндрична поверхня.	3 отв, Ø4мм.	H9	2,5
12-20	фаски	1x45°	h14	12,5
21-29	Внутрішня циліндрична поверхня. Нарізання різьби	8отв, М3	6H	1,25

Креслення деталі представлено в Додатку 2

Таблиця 4.5 Технологічний процес виготовлення деталі Кронштейн

№ оп.	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою, інструмент
010	Фрезерна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Свердлимо наскрізний отвір Ø4 Н9 3. Виконати фрезерування по контуру із відрізанням деталі	Фрезерний верстат з ЧПК	<b>Свердло</b> Sandvik 860.1-0400-012A1-NM H10F  <b>Фреза</b> Sandvik 2P340-0500-PA 1630
020	Фрезерна з ЧПК 1. Встановити деталь на 2 Свердлимо 8 отворів Ø2.5Н9 3. Зенкером зняти фаску 2x45° на отворах Ø2.5Н9 3. Нарізати різьбу М3-6Н в Отворах Ø2.5Н9	Фрезерний верстат з ЧПК	<b>Свердло</b> Sandvik 862.1-2500-225A0-GM X2BL <b>Зенкер</b> 6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL  <b>Мітчик</b> Sandvik R217.13-023050CC06K 1630

### 4.3 Верстатне обладнання

Механічну обробку деталі «Платформа» будемо проводити на 3-х координатному фрезерному верстаті з ЧПК 800\*1200\*240, який розташований в Центрі інноваційного розвитку.[12]

<https://dominant-cnc.prom.ua/ua/p908764593-frezernyj-stanok-chpu.html>.



Рис 4.5. 3-х координатний фрезерний верстат з ЧПК 800x1200x300

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 4.6 Характеристики фрезерного верстату ЧПК

Назва параметра	Значення
Робочий діапазон	800x1200x300
Відстань від торця шпинделя до столу, мм	300
Матеріал та конфігурація стола	сталевий з Т-подібними пазами
Шпиндель	3,2 кВт з постійним моментом
Тип цанги	ER20
Максимальні оберти шпинделя, об / хв	22000-28000
Двигун приводу верстата	Кроковий двигун Nema 34 з енкодером для зворотного зв'язку (базова комплектація) комплект на 3 осі
Привід переміщення	ШВП Hiwin (X– 2005, Y– 2005, Z– 1605)
Напрявні	Hiwin HGR (X – 20, Y – 20, Z – 15)
Швидкість холостого ходу	3000мм/хв±20%
Датчик висоти (калібратор)	у комплекті
Датчики «0» верстата (Home)	у комплекті
Програмне забезпечення / Операційна система	NCStudio, Mach3
Комп'ютерний інтерфейс	Ethernet i/або USB
Сумісність програмного забезпечення	Type3 / PowerMill / Artcam
Напруга, В	220
Максимальна споживана потужність, кВт	4
Охолодження інструменту	Система подачі MOP у комплекті

### Особливості верстату:

- ✓ Безконтактні індуктивні датчики по всіх осях
- ✓ Датчик висоти інструменту
- ✓ Гофрозахист всіх напрямних
- ✓ Всі посадочні місця під направляючі фрезеровані, точність  $\pm 0,05$  мм
- ✓ Власне виробництво
- ✓ Жорсткість конструкції

Види оброблюваних матеріалів: деревина будь-яких порід, композитні матеріали (ДСП, ДВП, МДФ, фанера і т. д.), «Alucobond», «Dibond», будь-який полістирол (у тому числі ПВХ і полістирол з полікарбонатом), гетинакс, штучний камінь, м'які кольорові метали, акрилове скло, оргскло, модельний пластик і т. п. [12].

						<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			69





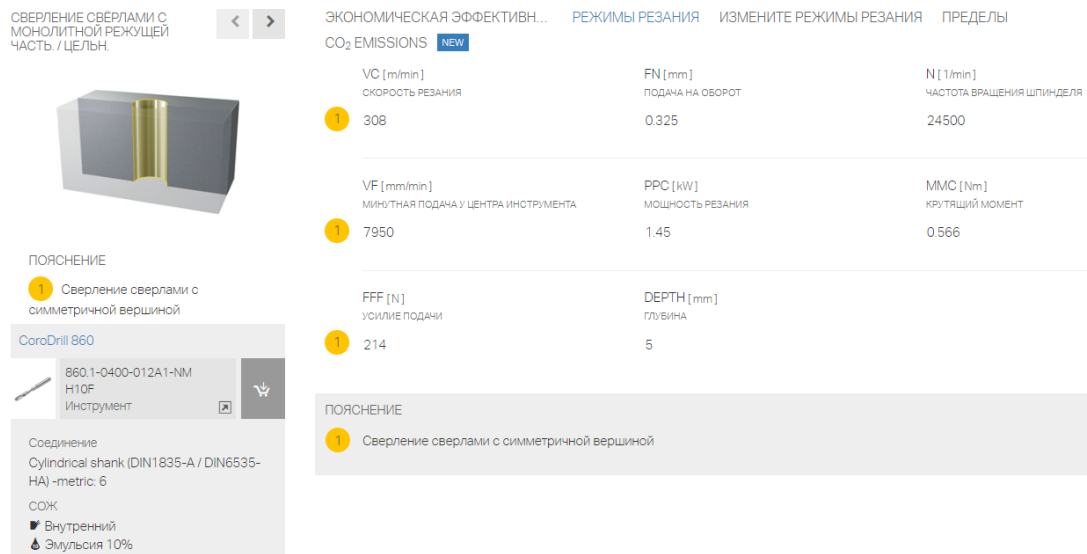
Классификация материала, уровень 1 (TMC1ISO)	<b>F M K N S H O</b>	Угол при вершине (SIG)	140 deg
Диаметр резания (DC)	2,5 mm	Высота режущей части (PL)	0,455 mm
Точность отверстия (TCH)	H7	Общая длина (OAL)	60 mm
Рабочая длина (LU)	22,5 mm	Функциональная длина (LF)	59,55 mm
Отношение рабочей длины к диаметру (ULDR)	9	Длина стружечной канавки (LCF)	27,5 mm
Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank (DIN6535-NA) - metric: 4	Мак число переточек (NORGMX)	0
Допуск на диаметр соединения (TCDCON)	h6	Мак частота вращения (RPMX)	20 372 1/min
Сплав (GRADE)	X2BL	Масса элемента (WT)	0,006 kg
Основа сплава (SUBSTRATE)	HC	Release date (ValFrom20)	2021-09-22
Покрyтие (COATING)	PVD TiAlSiN	CoroPak (RELEASEPACK)	21.2
Тип подвода СОЖ к инструменту (CNCS)	0: without coolant		
Диаметр соединения (DCON)	4 mm		

Рис 4.10. Характеристики інструменту

Далі вибираємо свердло  $\varnothing$  4мм. Із вказаних вихідних параметрів ми отримуємо дане свердло

Рис 4.11. Вибраний інструмент

## Згідно вибраного свердла нам рекомендують наступні параметри для свердління отворів в деталі



СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЗУЩЕЙ ЧАСТЬЮ / ЦЕЛЬН.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВН... РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРЕДЕЛЫ CO<sub>2</sub> EMISSIONS **NEW**

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ
308	0.325	24500
VF [mm/min] МИНУТНАЯ ПОДАЧА У ЦЕНТРА ИНСТРУМЕНТА	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ
7950	1.45	0.566
FFF [N] УСИЛИЕ ПОДАЧИ	DEPTH [mm] ГЛУБИНА	
214	5	

ПОЯСНЕНИЕ  
1 Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 860

860.1-0400-012A1-NM H10F  
Инструмент

Соединение  
Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric: 6

СОЖ  
 Внутренний  
 Эмульсия 10%

ПОЯСНЕНИЕ  
1 Сверление сверлами с симметричной вершиной

Рис 4.12. Рекомендовані параметри для свердління отворів

VC швидкість різання 308 мм/хв

FN подача на оберт 0.325 мм/об

N частота обертання шпинделя 24500 1/хв

VF хвилинна подача 7950 мм/хв

PPC потужність різання 1.45 кВт

MMC крутний момент 0.566 Нм

DEPTH глибина різання 5 mm

Вибране свердло Sandvik 860.1-0400-012A1-NM H10F

860.1-0400-012A1-NM  
H10F

Твердосплавное сверло CoroDrill® 860

Цена по прайс-листу: 116.00 EUR

[Войдите, чтобы увидеть цену и наличие мест](#)



Specific representation

Рис 4.13. Вибраний інструмент

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						73

MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ

## Вибираємо кінцеву фрезу для обробки контуру деталі

Уступ

Сплав на основі алюмінія N1.3.C.A.G. • 90 HB

Універсальний обробляючий центр  
28 kW, 18000 1/min

DEPTH 5 mm WIDTH 10 mm  
LENGTH 500 mm RE Не установлено

Получить результаты

Условия обработки

Положение оси шпинделя вертикальное положение шпинделя

Стабильность крепления Хорошая стабильность

Хорошие условия

Тип операции СРТ Черновая обр...

Глубина элемента обработки DEPTH-MF 5 mm

Ширина WIDTH 10 mm

Длина LENGTH 500 mm

Радиус при вершине RE mm

Номинальный радиус при вершине REN mm

Мак радиус при вершине REX mm

Рис 4.14. вказуємо параметри різання для обробки контуру деталі

## Для обробки нашої деталі отримуємо такий перелік кінцевих фрез

Уступ

Сплав на основі алюмінія N1.3.C.A.G. • 90 HB

Універсальний обробляючий центр  
28 kW, 18000 1/min

Черновая обработка

Глубина элемента обработки DEPTH-MF 5 mm

Ширина WIDTH 10 mm

Длина LENGTH 500 mm

Мак радиус при вершине REX mm

Еще...

CoroMill Plura

2P340-0500-PA 1630  
Инструмент

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) - metric: 6

Мак диаметр резания DCX 5 mm

Мак глубина резания APMX 13 mm

Стойкость, дет. TLIFEC 641 Поверхности

Время обработки на элемент TMF 00:24.539 мин:с

Создайте инструментальную сборку

ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 283 m/min

Подача на зуб FZ 0.0545 mm

Показать подробности

Информация

- CoroMill Plura 2P340-0500-PA 1630 100% 00:24.539
- CoroMill Plura 2P340-0500-PB 1630 100% 00:24.539
- CoroMill Plura 1P341-0500-XA 1620 108% 00:24.539
- CoroMill Plura 1P341-0500-XA 1630 116% 00:24.539
- CoroMill Plura 1P221-0500-XA 1630 120% 00:29.460
- CoroMill Plura 1P221-0500-XB 1630 120% 00:29.460

Рис 4.15. Перелік інструментів

## Вибриємо кінцеву фрезу Sandvik 2P340-0500-PA 1630

# 2P340-0500-PA 1630

Концевые фрезы CoroMill® Plura для высокопроизводительного фрезерования уступов

Цена по прайс-листу: 80.10 EUR



Рис 4.16. Вибраний інструмент

					MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74



## Характеристики фрезы

Классификация материала, уровень 1 (TMC ISO)	<b>P K</b>	Основа сплава (SUBSTRATE)	HC
Диаметр резания (DC)	5 mm	Покрытие (COATING)	PVD AlCrN
Диаметр резания, контакт по торцу (DCP)	4,74 mm	Стандарт (BSG)	DIN 6527 L
Фаска при вершине (KCH)	45 deg	Тип подвода СОЖ к инструменту (CNCS)	0: without coolant
Ширина фаски при вершине (CHW)	0,13 mm	Диаметр соединения (DCON)	6 mm
Мак глубина резания (APMX)	13 mm	Функциональная длина (LF)	57 mm
Мак глубина резания (APMXFFW)	13 mm	Половина угла конусности (BHTA1)	30 deg
С возможностью сверления (CCC) (CCC)	true	Угол подъема стружечной канавки (FHA)	37 deg
Мак глубина резания (APMXFFW)	13 mm	Главный передний угол радиальный (GAMP)	12 deg
Рабочая длина (LU)	13 mm	Главный передний угол осевой (GAMP)	13,5 deg
Число эффективных периферийных реж. кромок (ZEPF)	4	Мак число переточек (NORGMX)	0
Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank (DIN6535-HA) - metric: 6	Мак частота вращения (RPMX)	80 000 1/min
Мак угол врезания (RMPXFFW)	5 deg	Масса элемента (WT)	0,03 kg
Допуск на диаметр соединения (TCDCON)	h6	Release date (ValFrom20)	2012-09-19
Сплав (GRADE)	1630	CoroPak (RELEASEPACK)	12.2

Рис 4.18 Таблица параметров выбранной концевой фрезы

Вибираємо мітчик для нарізання різьби в отворах  $\varnothing$  3мм.

Рис 4.19. вказування вихідних даних для мітчика

Вибираю мітчик із списку

Рис 4.20 Список рекомендованих мітчиків

Для обработки выбираю митчик Sandvik R217.13-023050CC06K 1630

# R217.13-023050CC06K 1630

Твердосплавная концевая фреза CoroMill® Plura для  
резьбофрезерования

Цена по прайс-листу: 197.00 EUR

[Войдите, чтобы увидеть цену и наличие мест](#)



*Specific representation*

Рис 4.21. Вибраний інструмент

Классификация материала, уровень 1 (TMC/ISO)	<b>R M K N S H</b>	Покрyтие (COATING)	PVD TiAlN
Профиль резьбы (THFT)	M60	Тип подвода СОЖ к инструменту (CNSC)	0: without coolant
Тип резьбы (TTP)	INT	Число эффективных периферийных реж. кромок (ZEFP)	3
Для диаметра резьбы (FTDZ)	M3X0.5	Диаметр соединения (DCON)	6 mm
Шаг резьбы (TP)	0,5 mm	Функциональная длина (LF1)	57 mm
Диаметр резания (DC1)	2,3 mm	Функциональная длина (LF2)	52 mm
Диаметр резания (DC2)	2,3 mm	Диаметр корпуса (BD)	6 mm
Мак диаметр резания (DCX2)	6 mm	Диаметр шейки (DN)	6 mm
Countersink angle (SIGCSK)	90 deg	Длина корпуса (LB)	5 mm
Стандарт (BSG)	COROMANT	Угол подъема стружечной канавки (FHA)	10 deg
Мак глубина резания (APMX)	5 mm	Мак частота вращения (RPMX)	80 000 1/min
Рабочая длина (LU)	6 mm	Масса элемента (WT)	0,027 kg
Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank (DIN6535-HA) - metric: 6	Release date (ValFrom20)	2012-09-19
Допуск на диаметр соединения (TCDCON)	h6	CoroPak (RELEASEPACK)	12.2
Сплав (GRADE)	1630		
Основа сплава (SUBSTRATE)	HC		

Рис 4.22 Основні характеристики митчика

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77





Далі вибираємо необхідний інструмент для обробки деталі, оскільки вибрані раніше інструменти відсутні, то вибираємо їх аналоги і редагуємо їх, щоб вони відповідали параметрам вибраних інструментів.

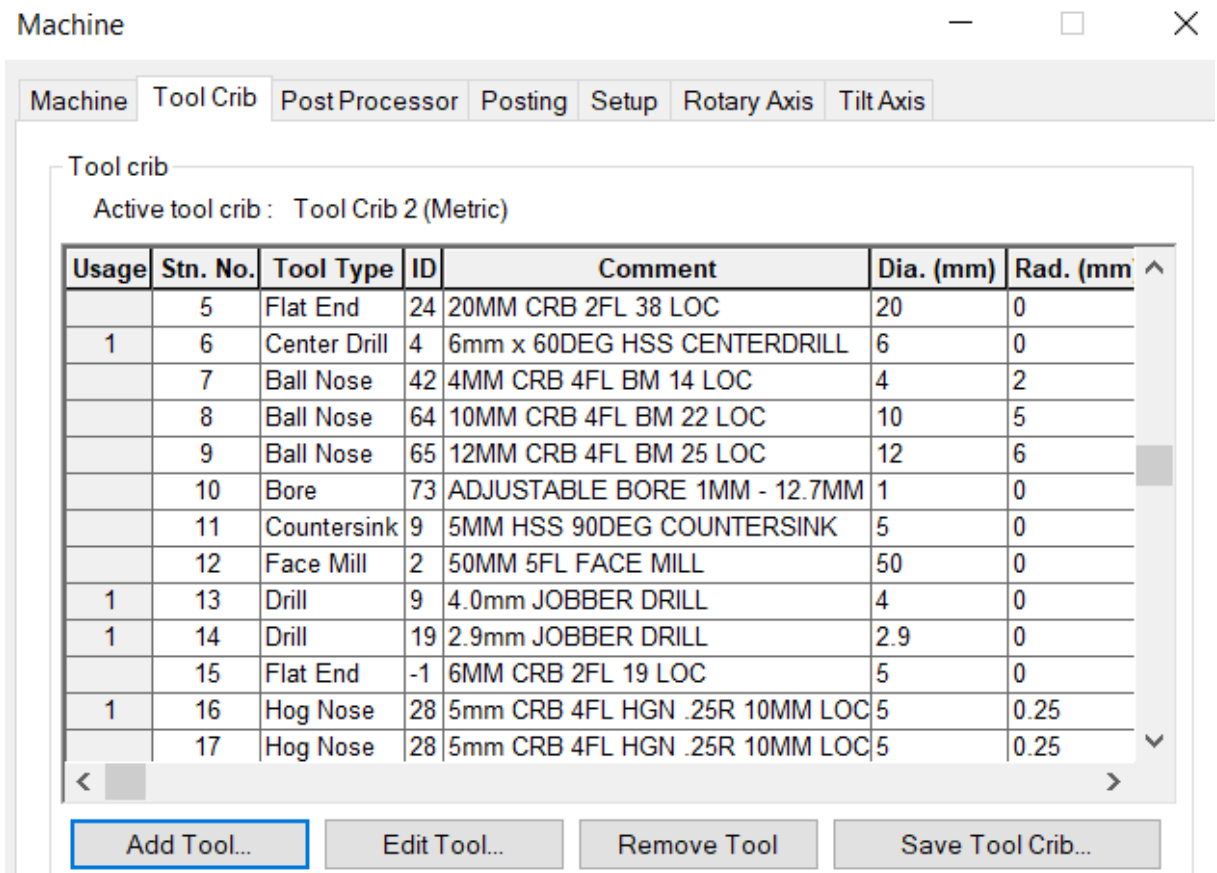


Рис 4.26. Бібліотека стандартних інструментів CAMworks

Вибираємо відповідний постпроцесор для нашого верстату

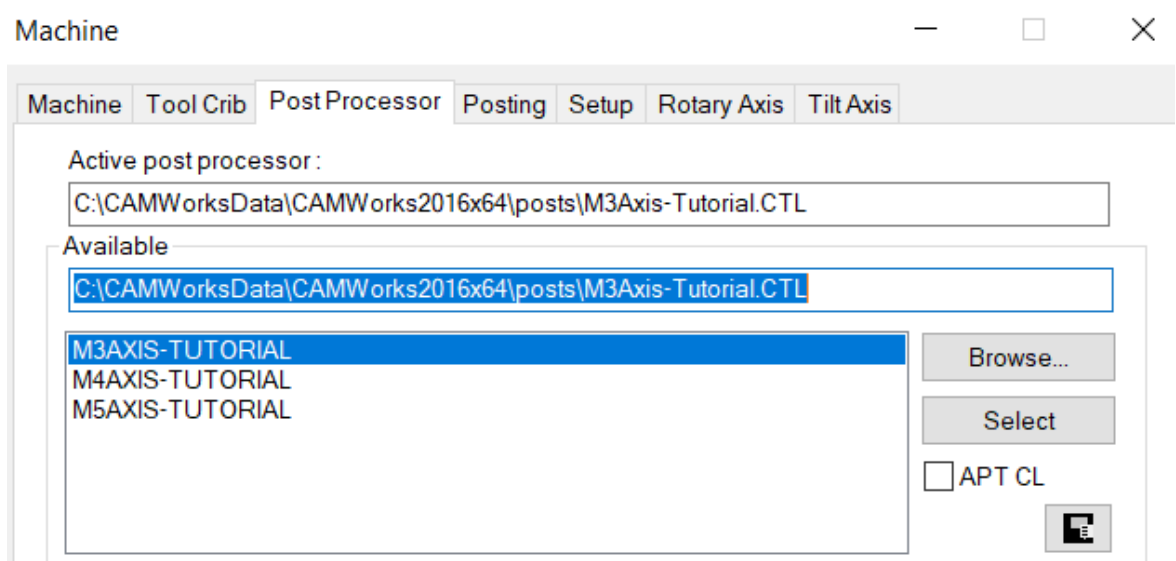


Рис 4.27. Вибір постпроцесора для верстату

Систему координат і інші вихідні дані залишаємо стандартними. Далі створюю операції свердління вибираємо свердло Ø4мм

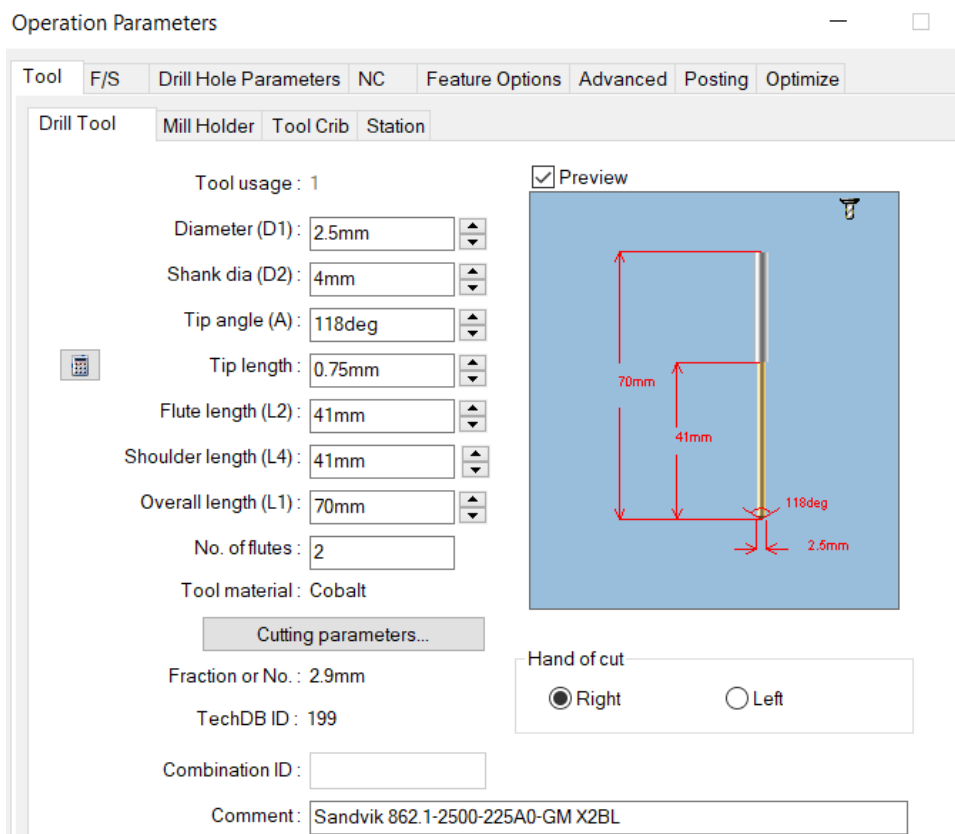


Рис 4.28. Параметри вибраного інструменту

Вказую необхідні режими різання для матеріалу. Оскільки система не дозволяє встановити значення, які вказані в рекомендаціях, то ставимо максимально допустимі і близькі для даної операції.

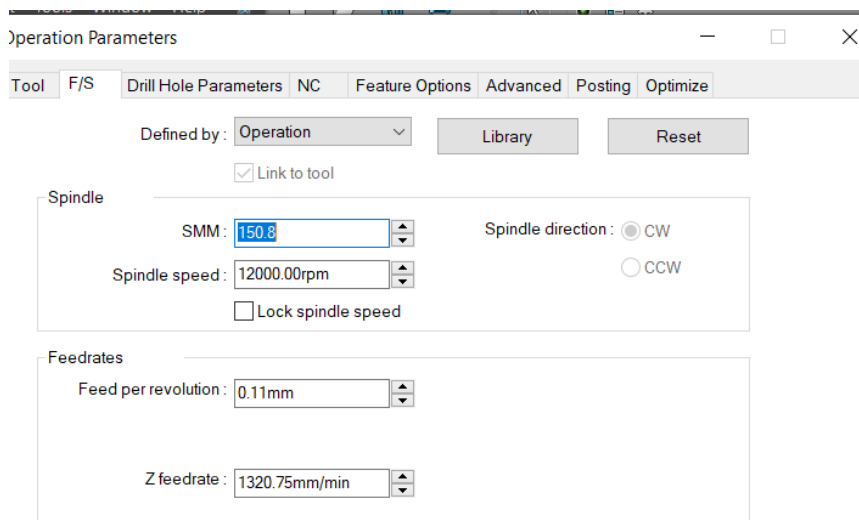


Рис 4.29 Режими різання для операції свердління

Вказую R-point і S-point.

Operation Parameters

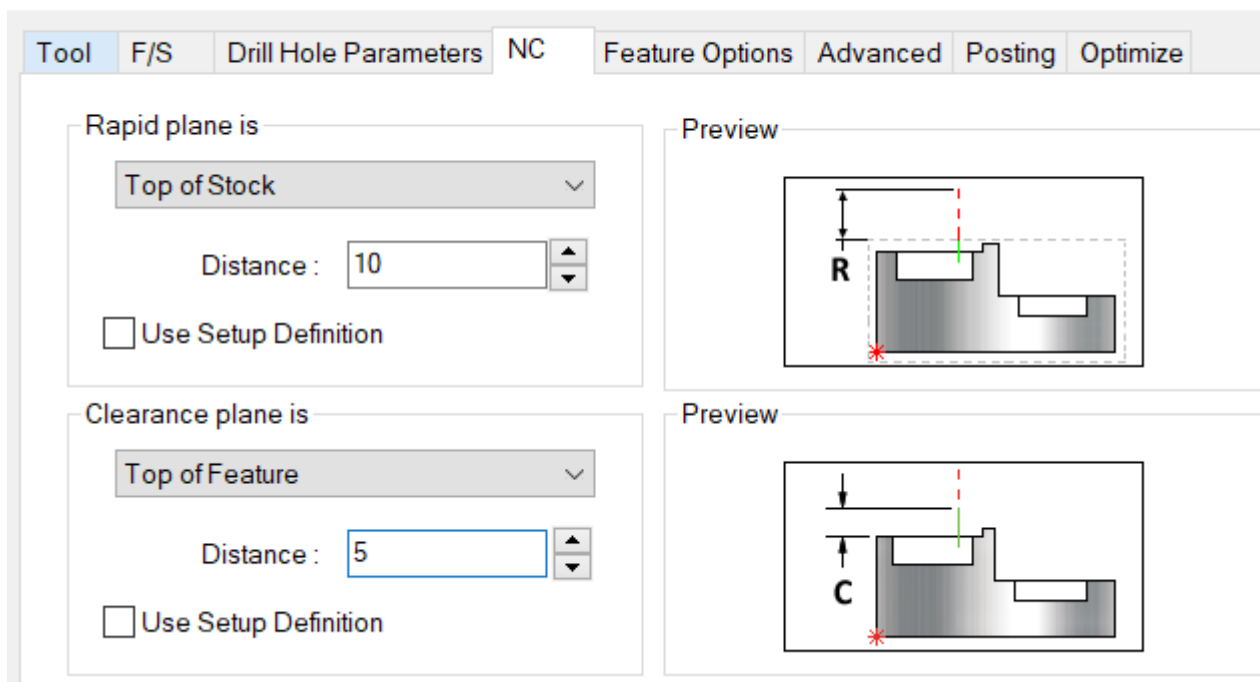


Рис 4.30. Параметри підводу інструмента

Метод свердління залишаю без змін

Operation Parameters

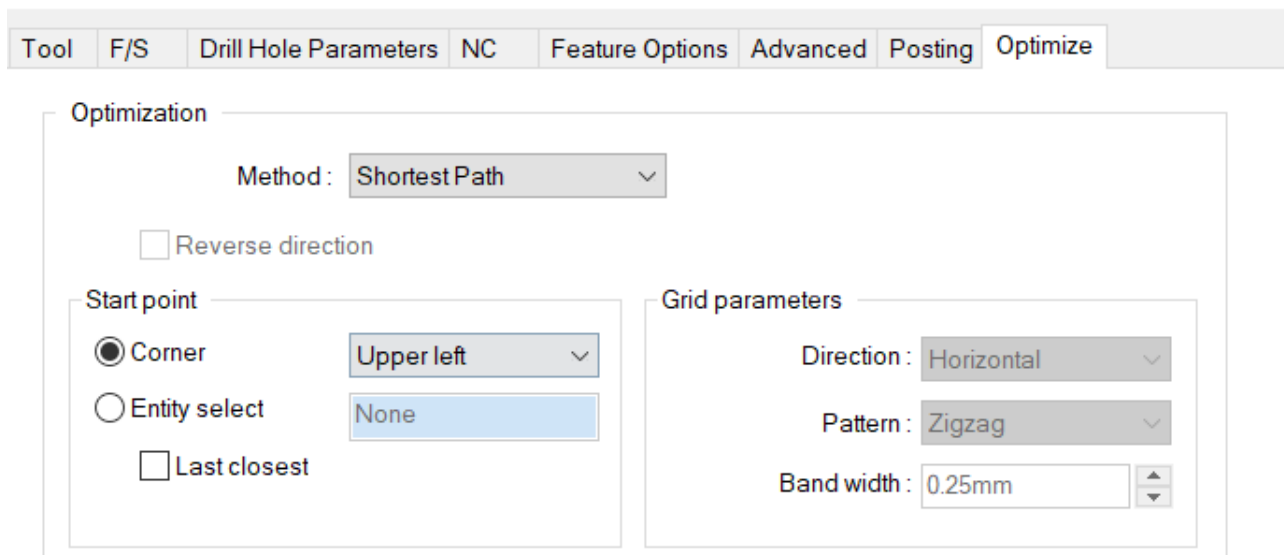


Рис 4.31. Додаткові параметри для операції

Проводимо фрезерування по контуру, вибираю кінцеву фрезу із списку і підбираю аналогічну кінцеву фрезу Sandvik 2P340-0500-PA 1630.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

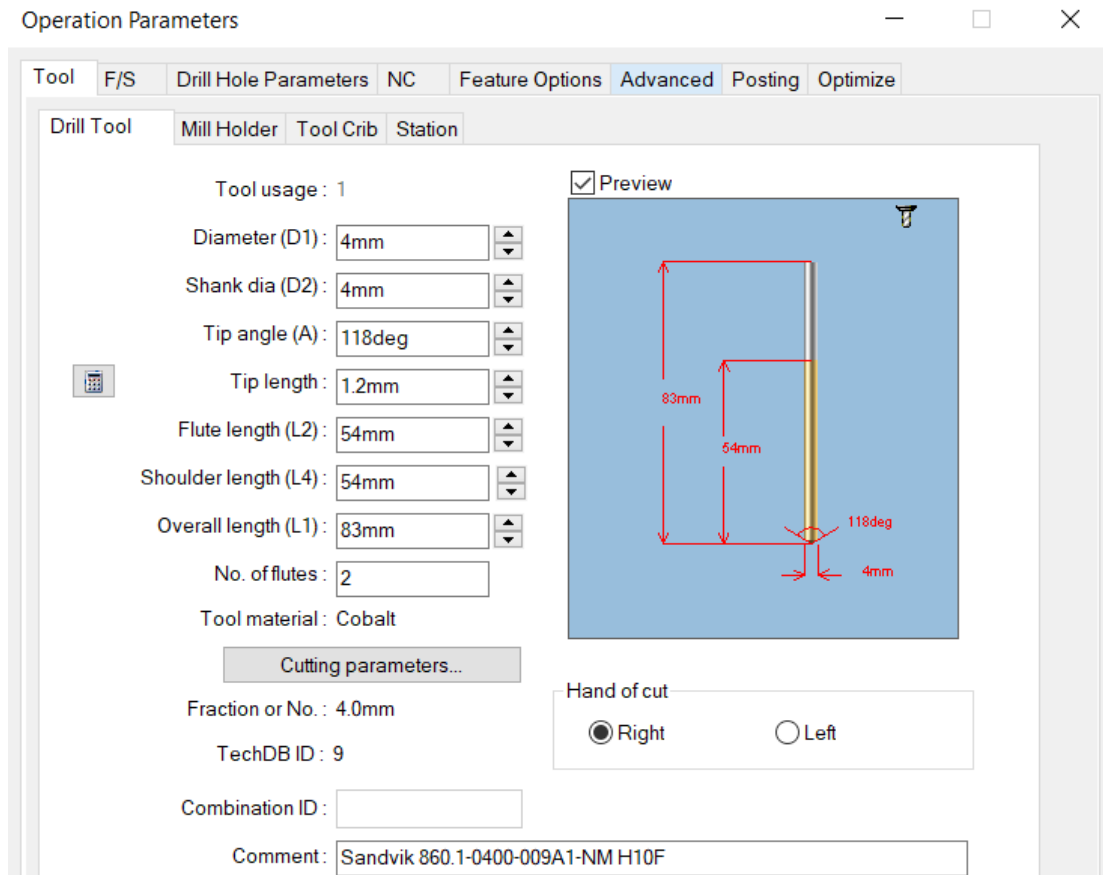


Рис 4.32 Параметри кінцевої фрези

Вказую режими різання, при яких буде відбуватись обробка

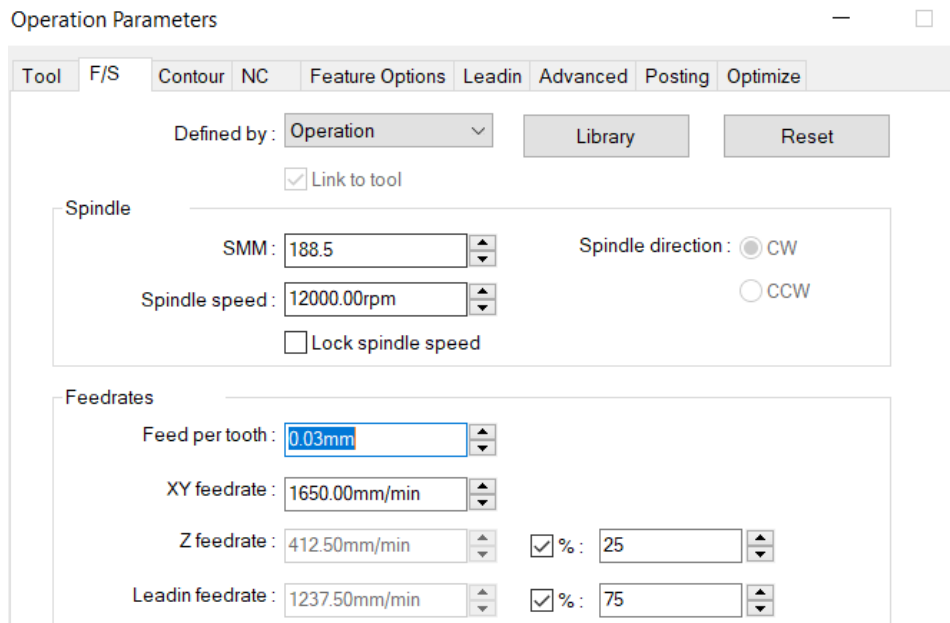


Рис 4.33. Режими різання

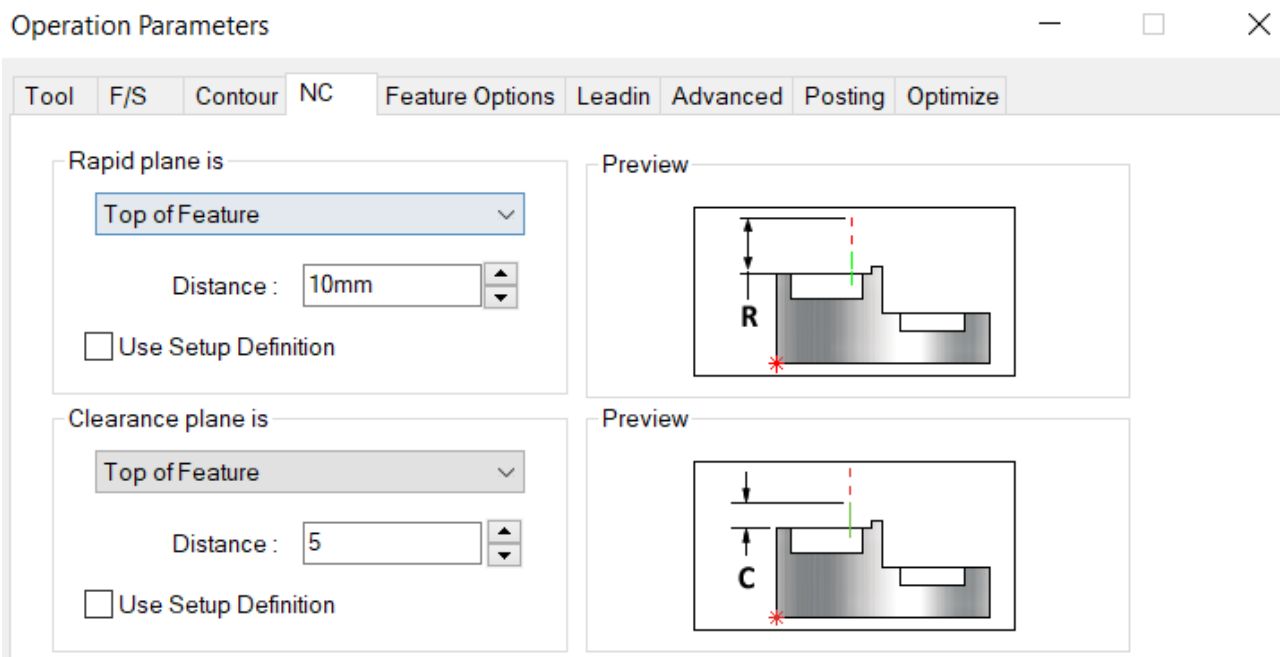


Рис 4.34. Параметри підводу фрези R-point і S-point.

Вказую тип траєкторії кінцевої фрези, інші параметри залишаю стандартними.

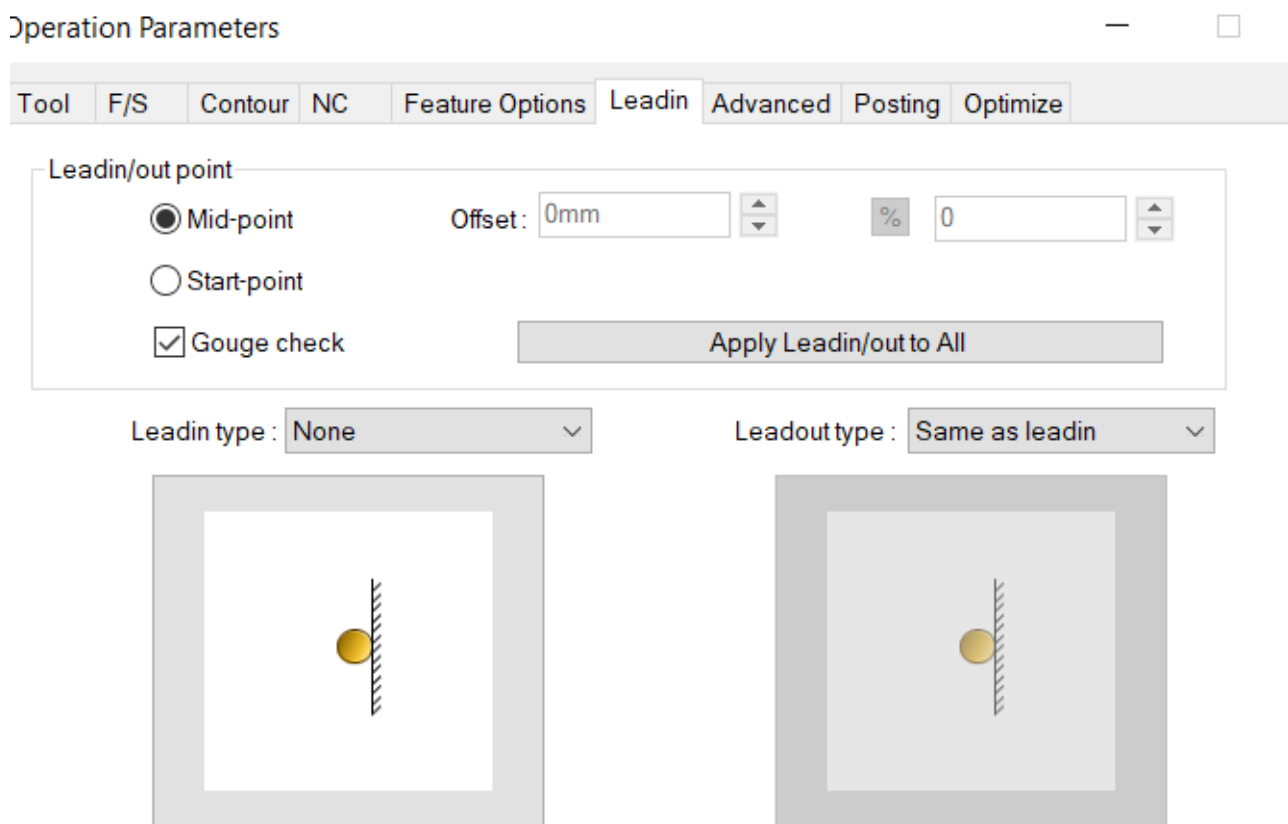


Рис 4.35. Стратегія фрезерування контуру заготовки

					Арк.
<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>					84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



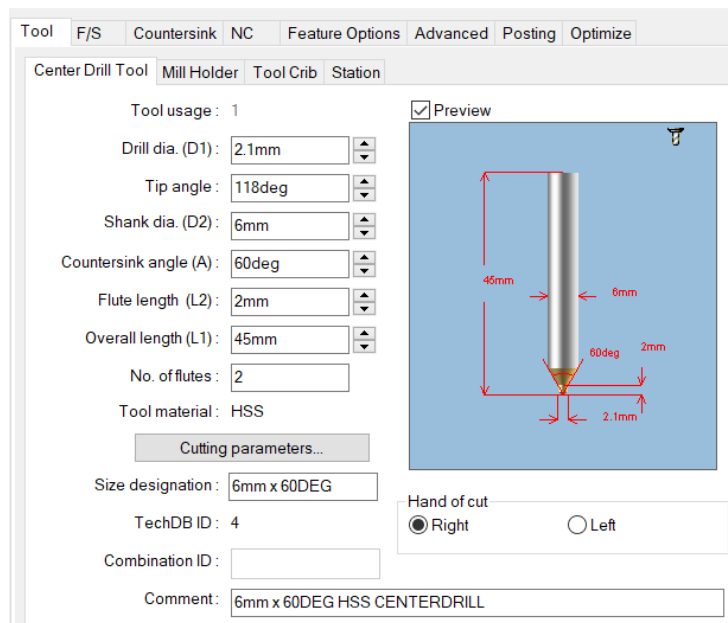


Рис 4.37. Параметри зенкера

Кінцева операція нарізання різьби в отворах  $\varnothing$  2.5мм. Вибираємо аналог нашого мітчика із бібліотеки інструментів CAMworks.

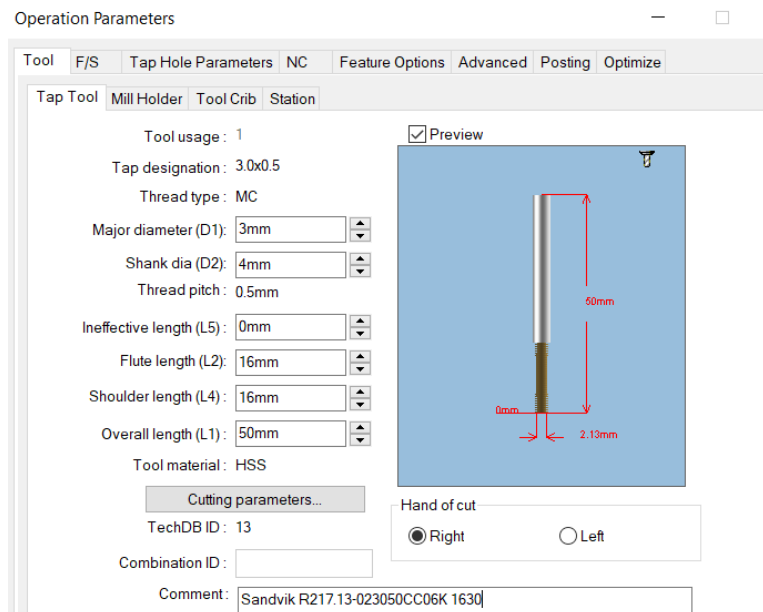


Рис 4.38. Параметри мітчика

Вказую висоту підходу мітчика, інші параметри вказую такі, як при свердлінні отворів.

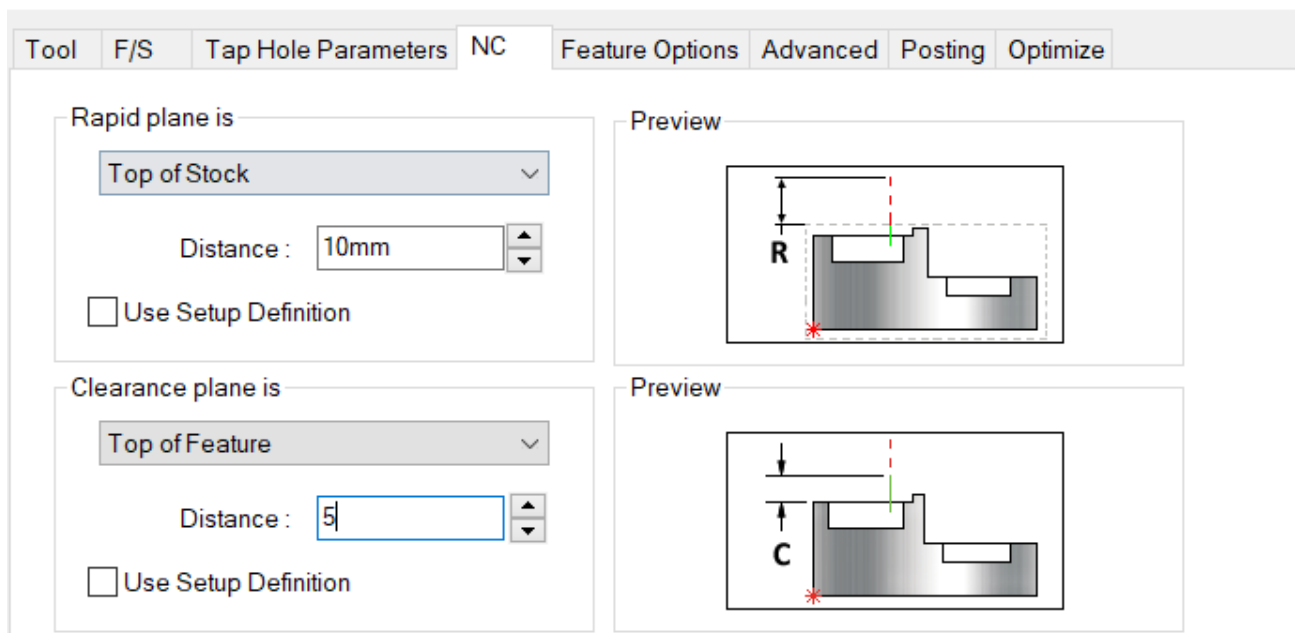


Рис 4.39. Параметри підводу інструментів R-point і S-point.

Далі будую траєкторії руху інструментів і запускаю симуляцію обробки деталі.

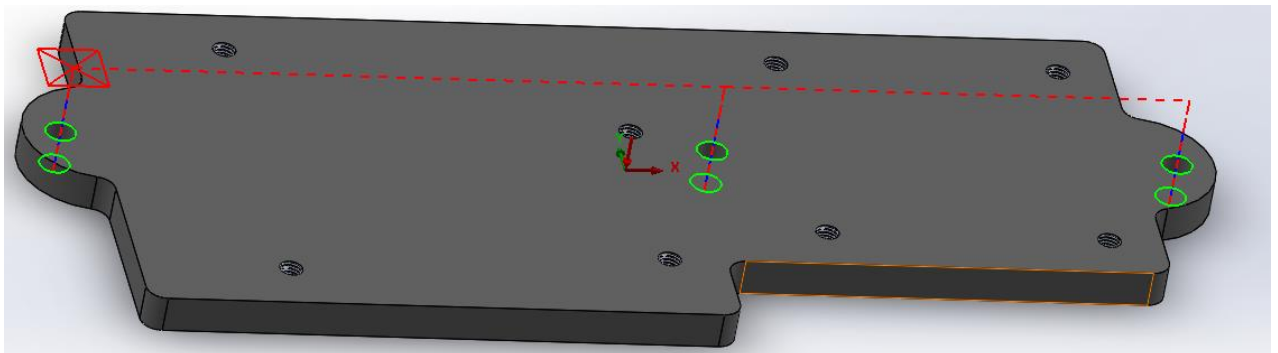


Рис 4.40. Траєкторія руху Sandvik 860.1-0400-009A1-NM H10F

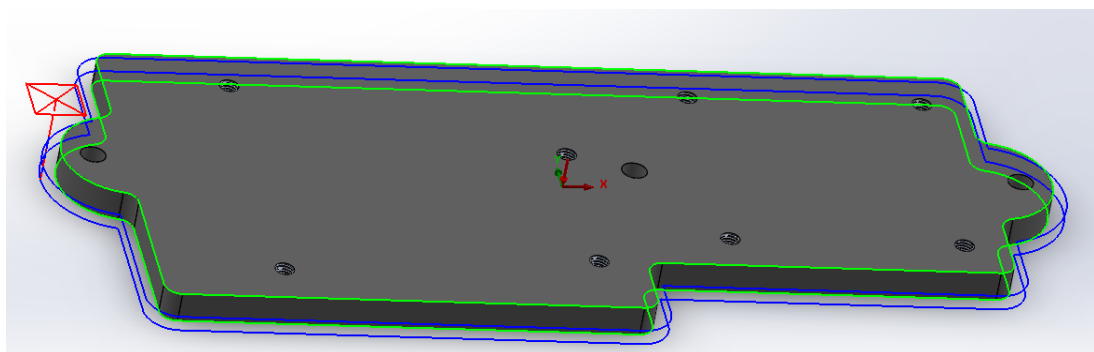


Рис 4.41. Траєкторія руху кінцевої фрези Sandvik 2P340-0500-PA 1630

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

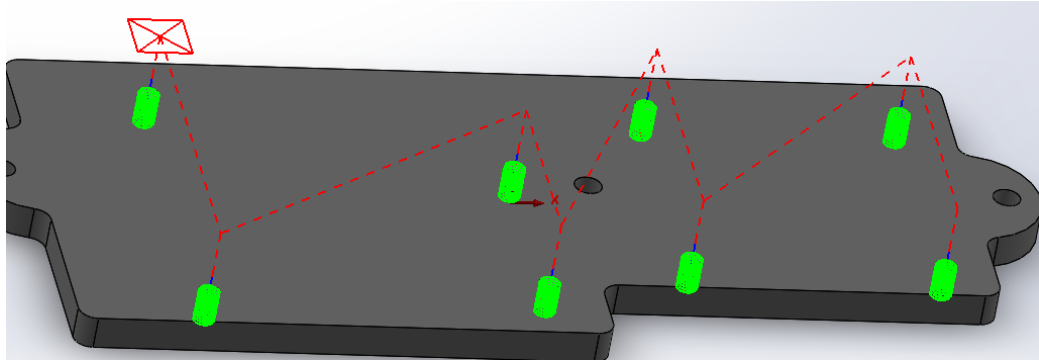


Рис 4.42. Траєкторії руху

Свердла Sandvik 860.1-0300-009A1-NM H10F, зенкера 6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL та мітчика Sandvik R217.13-023050CC06K 1630

Після створення траєкторії руху всіх інструментів запускаю симуляцію обробки нашої деталі.

Спочатку ми бачимо заготовку, яка буде оброблятися

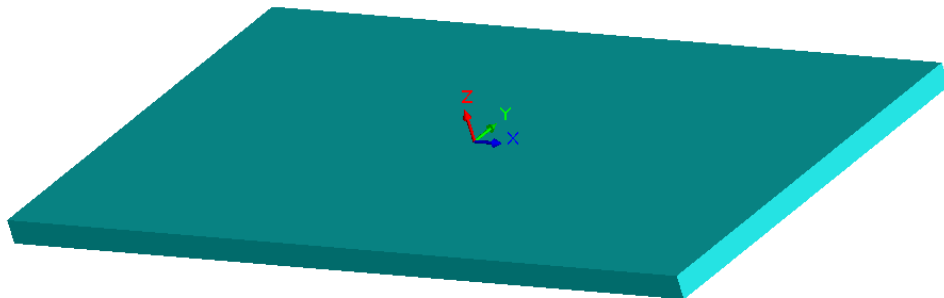


Рис 4.43. Заготовка

Перша операція - це свердління трьох отворів  $\varnothing 4$ мм, якими деталь буде кріпитись до візка.

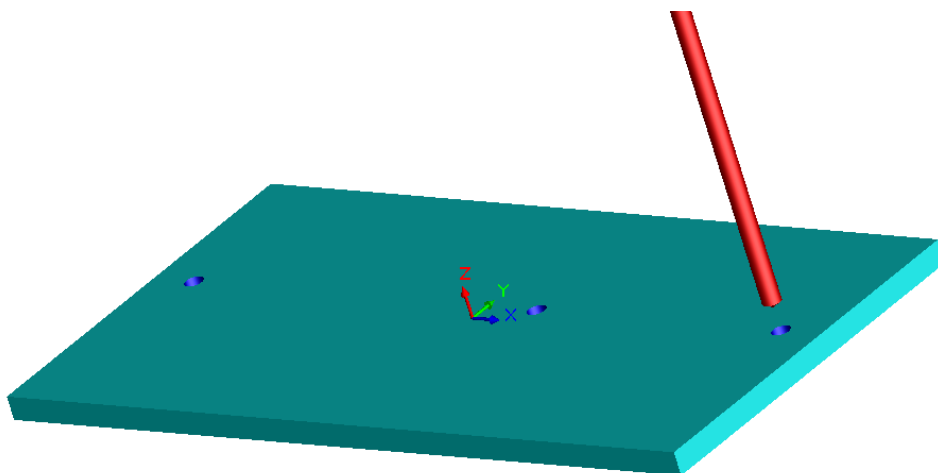


Рис 4.44. Свердління отворів  $\varnothing 4$ мм свердлом Sandvik 860.1-0400-009A1-NM H10F

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Далі проводиться фрезерування кінцевою фрезою, при якому із заготовки вирізаємо контур деталі. Спочатку виконується перший прохід по контуру (рис. 4.45)

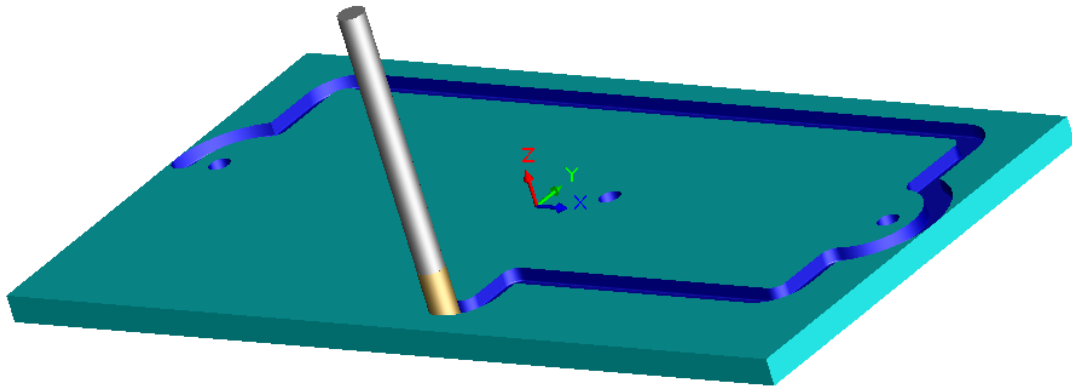


Рис 4.45. Перший прохід кінцевою фрезою Sandvik 2P340-0500-PA 1630  
Далі відбувається відрізання деталі від тіла заготовки.

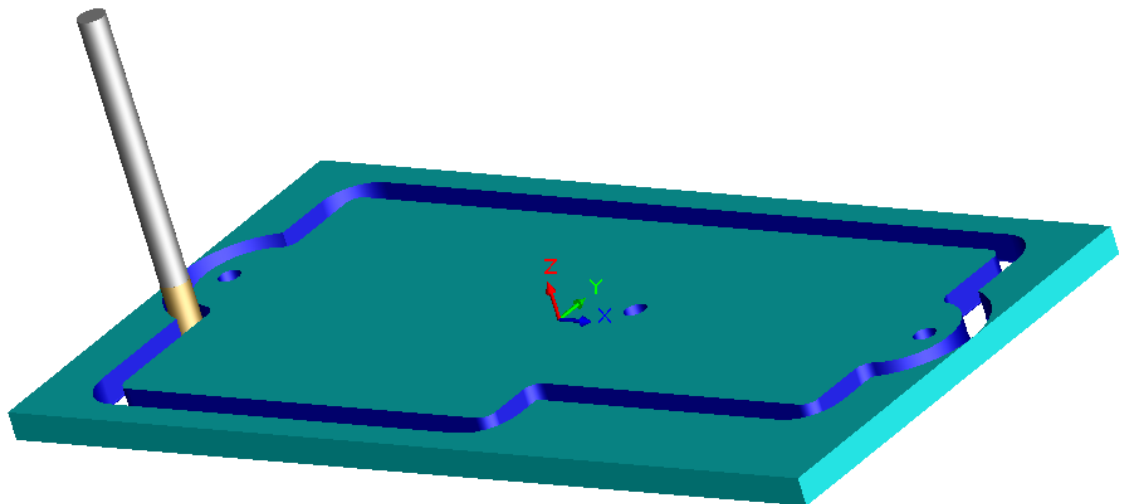


Рис 4.46. Відрізання деталі кінцевою фрезою Sandvik 2P340-0500-PA 1630

Після відізання деталі ми її закріплюємо на верстаті і виконуємо операції із сверління отворів  $\varnothing 2,5$ мм, зенкування отворів та нарізання в них різьби.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

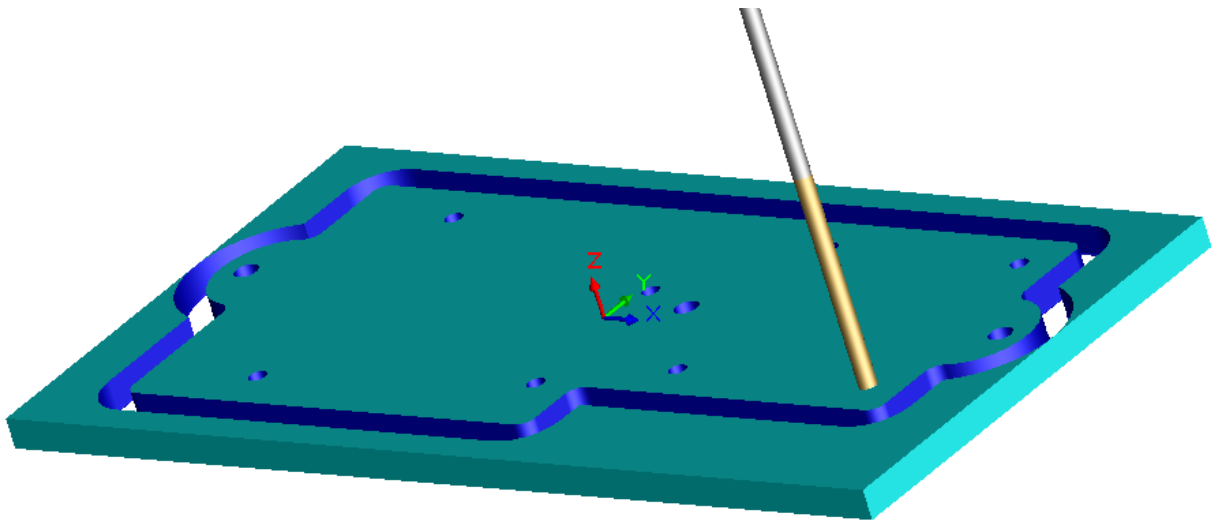


Рис 4.47. Свердління отворів  $\varnothing 2.5\text{мм}$  свердлом Sandvik 860.1-0300-009A1-NM H10F

Далі відбувається операція 000 зенкування отворів зенкером 6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL

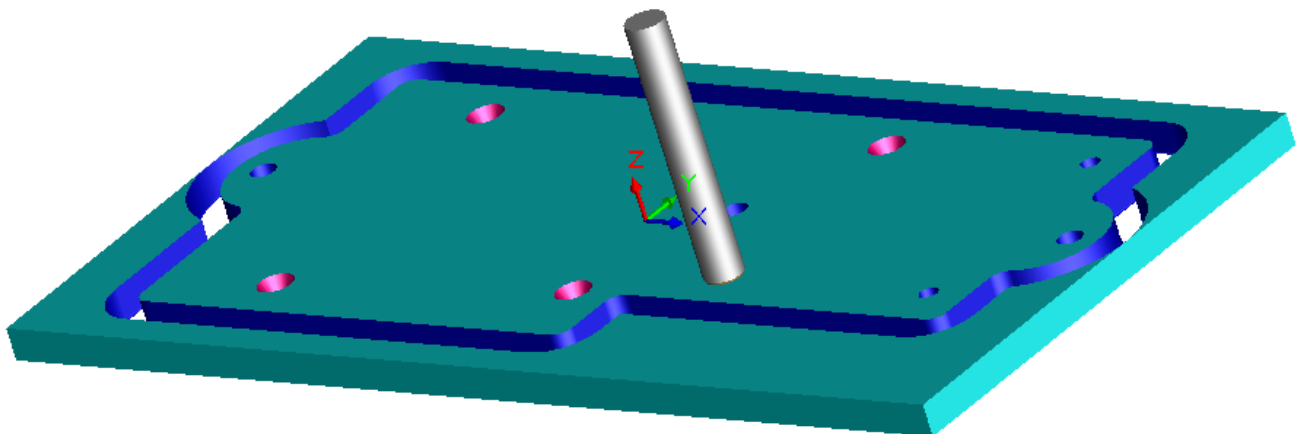


Рис 4.48. Зенкування отворів  $\varnothing 3\text{мм}$  зенкером 6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL

Проводимо операцію нарізання різби в отворах  $\varnothing 3\text{мм}$  мітчиком Sandvik R217.13-023050CC06K 1630

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

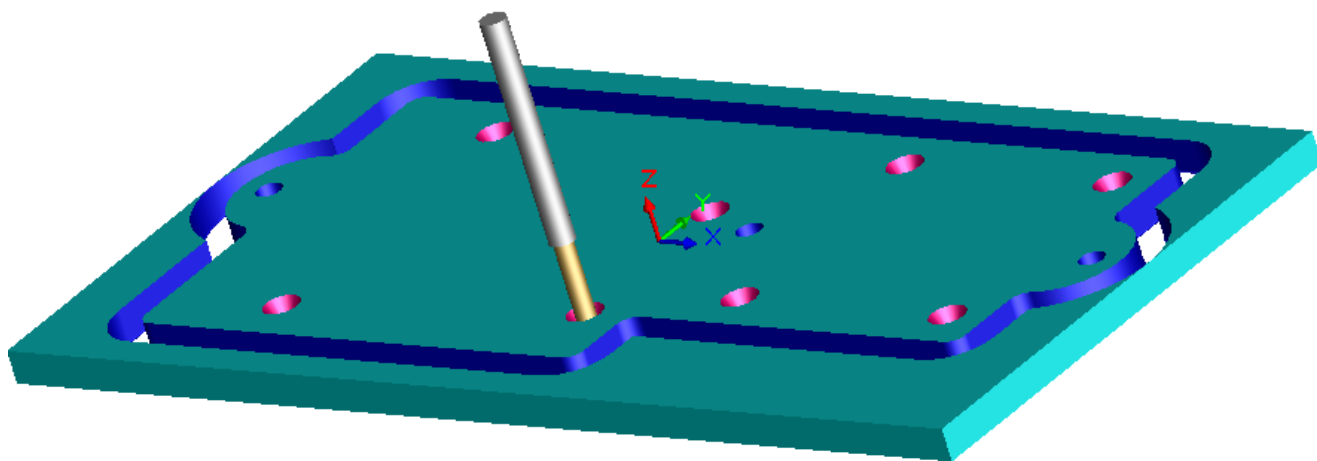


Рис 4.49. Нарізання різьби в отворах  $\varnothing 3$ мм мітчиком Sandvik R217.13-023050CC06K 1630

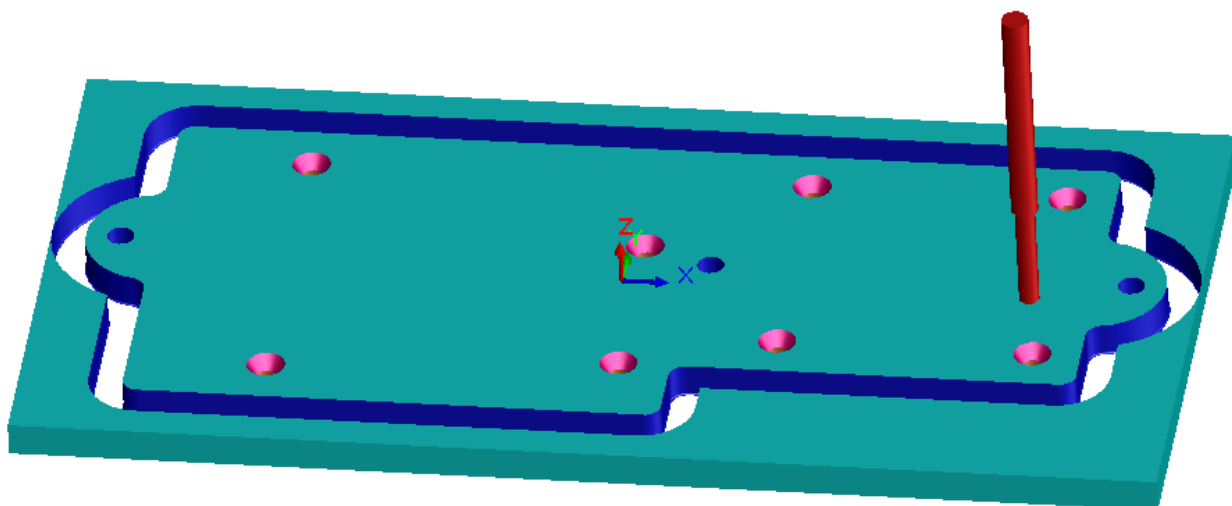


Рис 4.50. Кінцевий вигляд деталі після всіх операцій

Після завершення обробки запускаємо постпроцесор і генеруємо G-код обробки деталі для тьохкоординатного фрезерного верстату із ЧПК.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

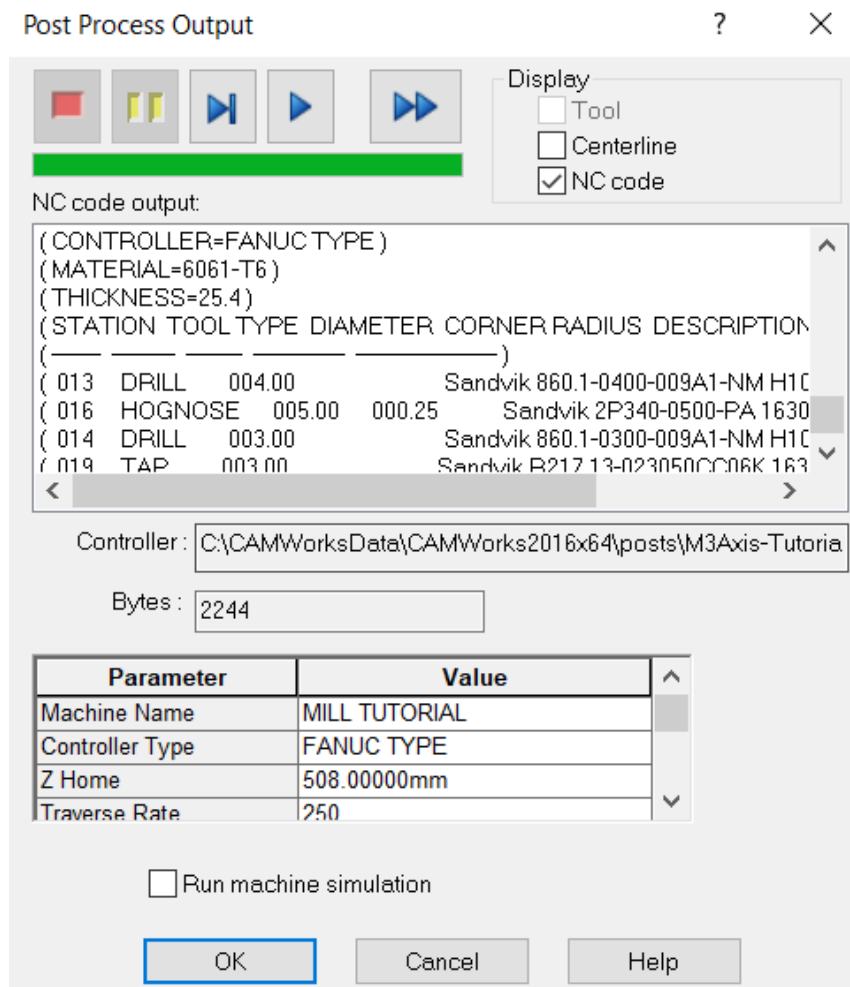


Рис 4.51. Генерація G-коду

Для обробки деталі отримаємо G-код

O0001

N1 G21

N2 (Sandvik 860.1-0400-009A1-NM H10F)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T13 M06

N5 S12000 M03

N6 ( Drill1 )

N7 G90 G54 G00 X-73.25 Y4.75

N8 G43 Z10. H13 M08

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

N9 G83 G98 R5. Z-6.201 Q2. F1320.755

N10 X12.25

N11 X73.25

N12 G80 Z10. M09

N13 G91 G28 Z0

N14 (Sandvik 2P340-0500-PA 1630)

N15 T16 M06

N16 S12000 M03

N17 ( Contour Mill2 )

N18 G90 G54 G41 D36 G00 X-80.75 Y4.75

N19 G43 Z5. H16 M08

N20 G01 Z-2.5 F412.5

N21 G17 G02 X-70.75 Y16.997 I12.5 J0 F1650.

N22 G01 Y29.

N23 G02 X-65.75 Y34. I5. J0

N24 G01 X65.75

N25 G02 X70.75 Y29. I0 J-5.

N26 G01 Y16.997

N27 G02 Y-7.497 I-2.5 J-12.247

N28 G01 Y-17.

N29 G02 X65.75 Y-22. I-5. J0

N30 G01 X12.25

N31 Y-29.

N32 G02 X7.25 Y-34. I-5. J0

N33 G01 X-65.75

N34 G02 X-70.75 Y-29. I0 J5.

N35 G01 Y-7.497

N36 G02 X-80.75 Y4.75 I2.5 J12.247

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

N37 G00 Z5.  
 N38 Z2.5  
 N39 G01 Z-5. F412.5  
 N40 G02 X-70.75 Y16.997 I12.5 J0 F1650.  
 N41 G01 Y29.  
 N42 G02 X-65.75 Y34. I5. J0  
 N43 G01 X65.75  
 N44 G02 X70.75 Y29. I0 J-5.  
 N45 G01 Y16.997  
 N46 G02 Y-7.497 I-2.5 J-12.247  
 N47 G01 Y-17.  
 N48 G02 X65.75 Y-22. I-5. J0  
 N49 G01 X12.25  
 N50 Y-29.  
 N51 G02 X7.25 Y-34. I-5. J0  
 N52 G01 X-65.75  
 N53 G02 X-70.75 Y-29. I0 J5.  
 N54 G01 Y-7.497  
 N55 G02 X-80.75 Y4.75 I2.5 J12.247  
 N56 G00 Z5.  
 N57 Z10. M09  
 N58 G40 X-80.75 Y4.75  
 N59 G91 G28 Z0  
 N60 (Sandvik 860.1-0300-009A1-NM H10F)  
 N61 T14 M06  
 N62 S1933 M03  
  
 N63 ( Drill2 )  
 N64 G90 G54 G00 X-48.25 Y24.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

N65 G43 Z10. H14 M08  
 N66 G81 G98 R3. Z-5.87 F72.5  
 N67 Y-24.  
 N68 X2.25 Y8.5  
 N69 Y-19.5  
 N70 X24.25 Y24.5  
 N71 Y-12.5  
 N72 X61.25 Y24.5  
 N73 Y-12.5  
 N74 G80 Z10. M09  
 N75 G91 G28 Z0  
 N76 (6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)  
 N77 T06 M06  
 N78 S5300 M03  
  
 N79 ( Countersink5 )  
 N80 G90 G54 G00 X-48.25 Y24.  
 N81 G43 Z10. H06 M08  
 N82 G81 G98 R5. Z-5. F530.  
 N83 Y-24.  
 N84 X2.25 Y8.5  
 N85 Y-19.5  
 N86 X24.25 Y24.5  
 N87 Y-12.5  
 N88 X61.25 Y24.5  
 N89 Y-12.5  
 N90 G80 Z10. M09  
 N91 G91 G28 Z0  
 N92 (Sandvik R217.13-023050CC06K 1630)

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

N93 T19 M06

N94 S2846 M03

N95 ( Tap1 )

N96 G90 G54 G00 X-48.25 Y24.

N97 G43 Z10. H19 M08

N98 G84 G98 R5. Z-5. F1422.973

N99 Y-24.

N100 X2.25 Y8.5

N101 Y-19.5

N102 X24.25 Y24.5

N103 Y-12.5

N104 X61.25 Y24.5

N105 Y-12.5

N106 G80 Z10. M09

N107 G91 G28 Z0

N108 G28 X0 Y0

N109 M30

Після генерування G-коду в програмі CAMworks постпроцесором для 3-координатного фрезерного верстата із ЧПК M3Axis-Tutorial.ctl,отриманий код буде перенесено в програму mach3 яка буде керувати алгоритмом роботи.

					<i>MP.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96



## ВИСНОВКИ

1. Під час написання магістерської роботи було оглянуто та описано гнучкі виробничі системи, класифікацію транспорту на підприємстві, типи та конструкції автоматичних транспортних засобів.

2. Розглянуто конструкцію стола та роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок.

3. Розраховано основні параметри роботизованого візка.

4. Розроблено технологічний процес для деталі «Платформа».

5. Створено керуючу програму для обробки деталі на фрезерному верстаті з ЧПК.

6. Розроблена програма керування в середовищі Arduino IDE та проведена симуляція роботи схеми в програмі Proteus 8.13.

Результатом роботи є створення програми керування гнучкої автоматизованої системи переміщення та доставки вантажу до робочого місця. В ролі такої системи і виступає автоматизований візок, який складається із універсальних деталей і може бути модернізований як конструктивно, так і програмно для покращення виконання своєї функції.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://bit.ly/3BK7DDm>
2. <https://tqm.com.ua/ua/likbez/interview-ua/avg-roboty-na-skladi>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=H5pChlqcm40>
4. <https://wareteka.com.ua/blog/roboty-na-skladah-primery-avtomatizacii/>
5. <https://wareteka.com.ua/blog/skladskie-roboty-dlya-sortirovki/>
6. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ocado>
7. <https://bit.ly/3PK5JIF>
8. <https://bit.ly/3v8Z9Ca>
9. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
10. Рабінко А.В., Кучерук В.Ю. Принципи програмування в Arduino IDE / Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2017) [Електронне мережне наукове видання] : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2017.  
[fksa\\_2017\\_netpub.pdf \(vntu.edu.ua\)](https://vntu.edu.ua/fksa_2017_netpub.pdf)
11. Уилли Соммер. «Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino», 2017
12. Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
13. <https://dominant-cnc.com/ua/p908764593-frezernyj-standok-chpu.html>
14. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru>
15. Ковальов В.А. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням. / В.А. Ковальов, А.Ю. Гаврушкевич, Н.В. Гаврушкевич; – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 2020. 158с.

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

# ДОДАТКИ

					<i>МР.ПМКМ-37.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

## ДОДАТОК 1

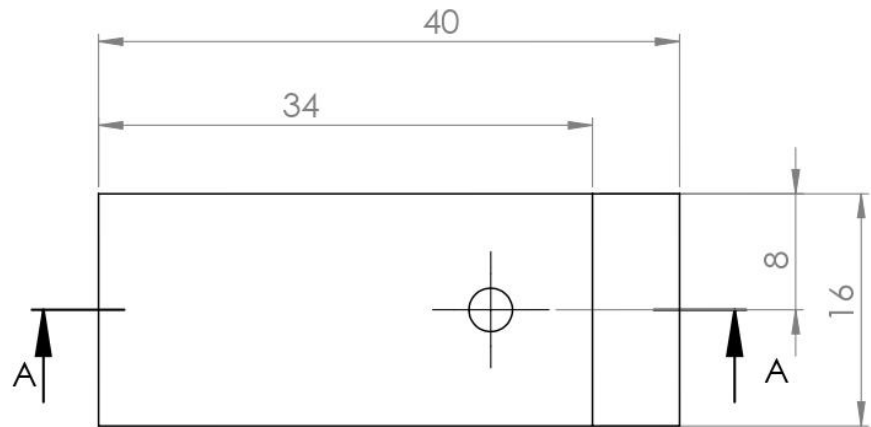
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
			МР.ПМКм-37.01.00.000 СК	<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Деталі</u>		
A4		1	МР.ПМКм-37.01.00.001	Кронштейн для кріплення інфрачервоного датчика обходу перешкод	2	
A4		2	МР.ПМКм-37.01.00.002	Кронштейн для кріплення механічного кінцевого вимикача	3	
A4		3	МР.ПМКм-37.01.00.003	Кронштейн для кріплення профіля 20x20-V	12	
A3		4	МР.ПМКм-37.01.00.004	Платформа для кріплення плат керування	1	
A4		5	МР.ПМКм-37.01.00.005	Шайба	8	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Arduino UNO	1	
		7		Блок живлення для двигуна і плат керування	1	
		8		Болт DIN 912 М3.	10	
		9		Болт DIN 912 М4.	171	
		10		Гайка М3.	6	
		11		Гнучкий кабель канат Довжиною 2000мм	1	
		12		Драйвер керування кроковим двигуном L298N	1	
		13		Зубчаста рейка DIN spur - rectangular 1.5M	1	
			МР.ПМКм-37.01.00.000 СП			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.		Лобур О.М.			Літ.	Аркуш
Перев.		Лукань Т.В.			Н	1
					2	
Н.контр.					ІФНТУНГ	
Затв.					ПМКм-21-1	
				Загальний вигляд проекту		



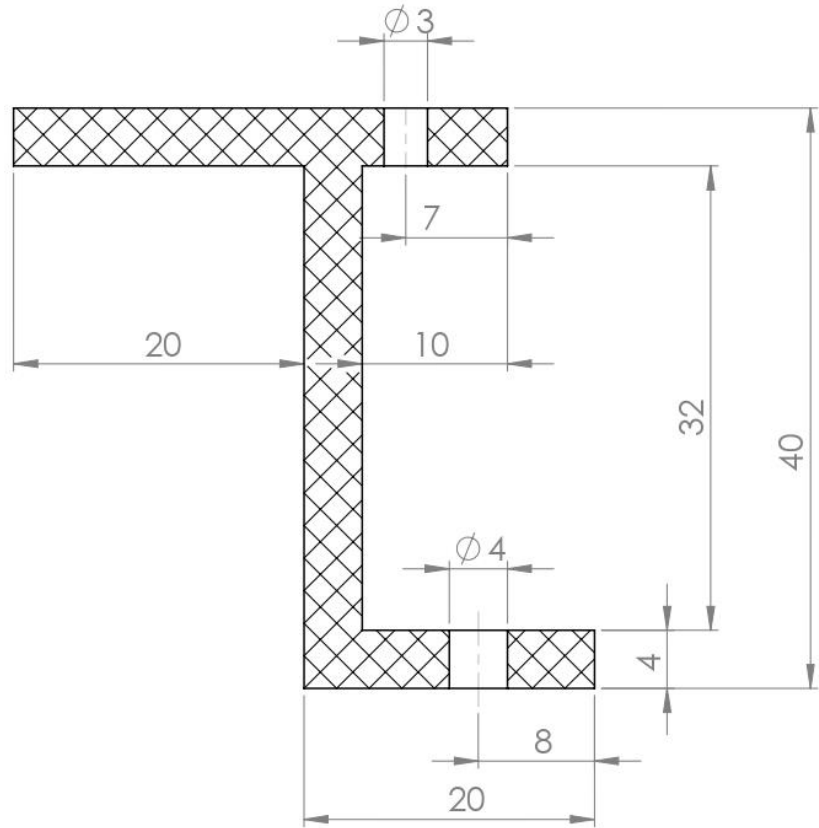
## **ДОДАТОК 2**

Перв. примен.

Справ. №



A-A



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лобур О.М.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

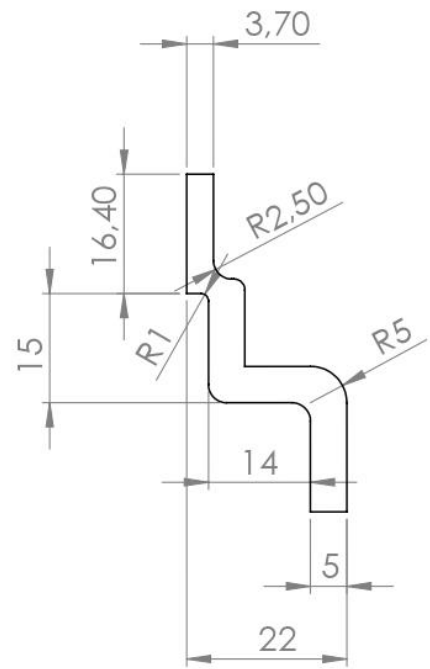
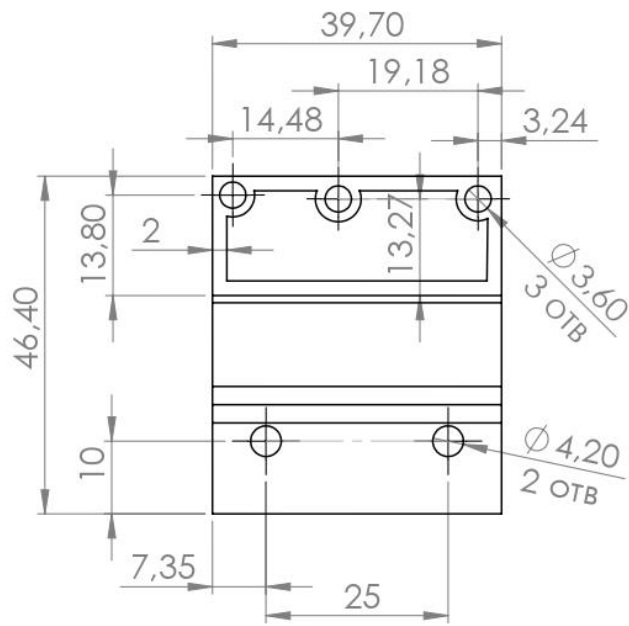
### МР.ПМКм-37.01.00.001

Кронштейн для кріплення  
інфрачервоного  
датчика обходу перешкод

Лит.	Масса	Масштаб
		2:1
Лист		Листов
<b>ІФНТУНГ</b> <b>ПМКм-21-1</b>		

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лобур О.М.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

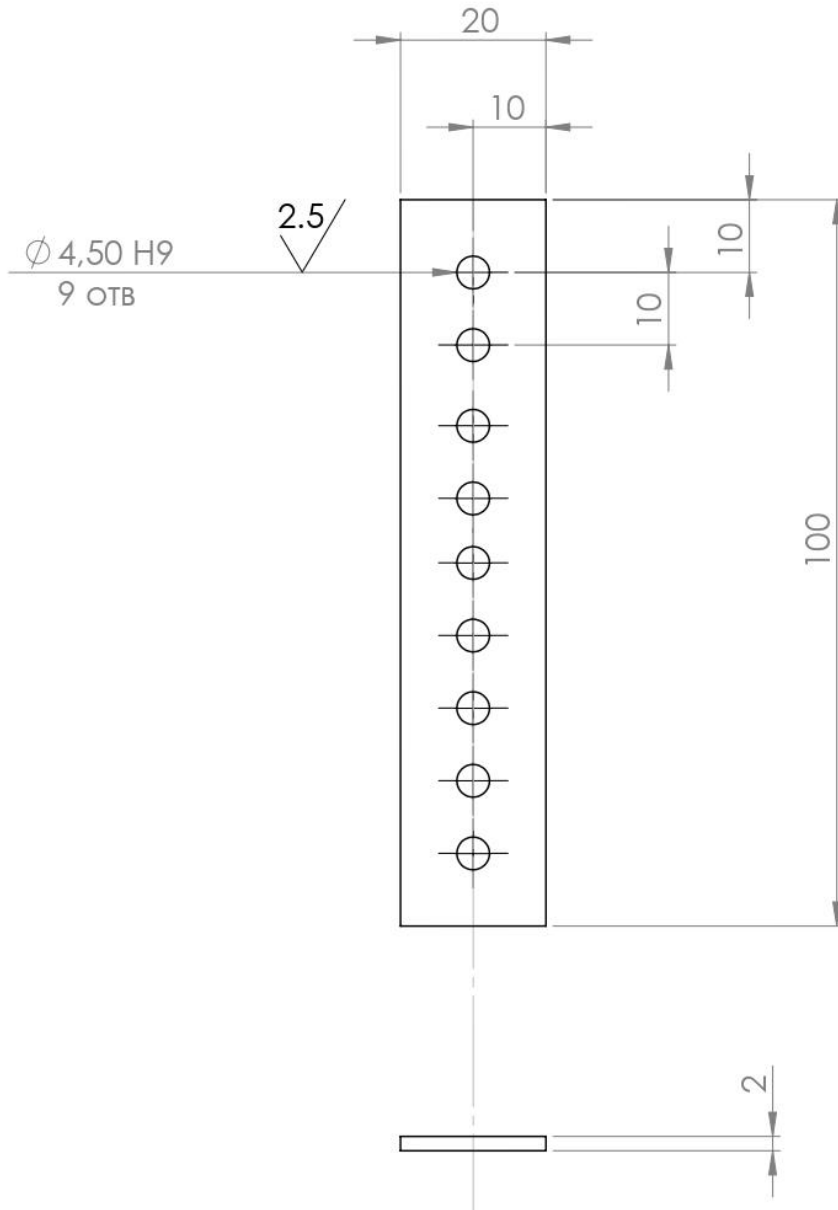
## МР.ПМКм-37.01.00.002

### Кронштейн для кріплення механічного кінцевого вимикача

Лит.	Масса	Масштаб
	9.75	1:1
Лист	Листов	

ІФНТУНГ  
ПМКм-21-1

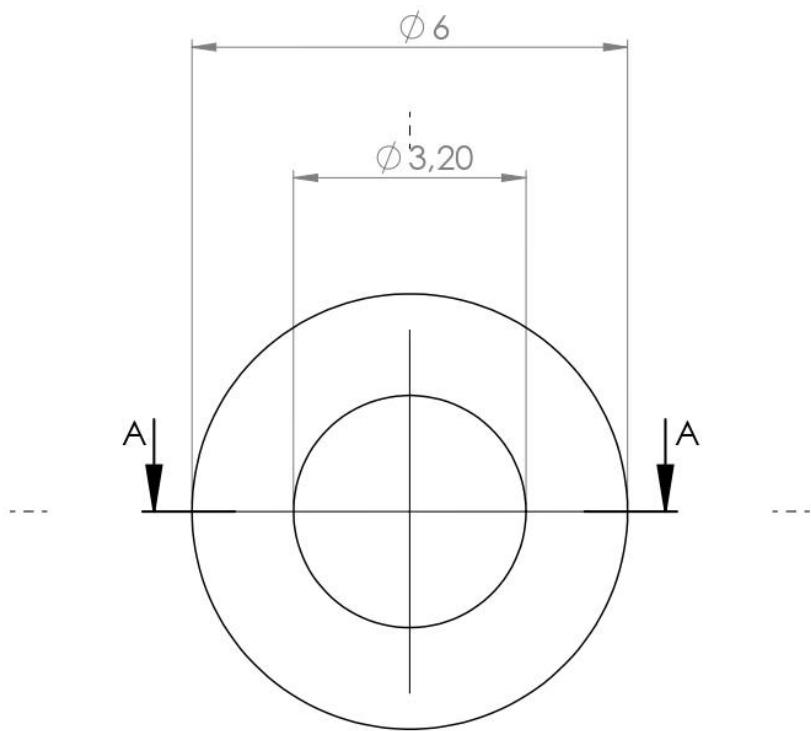
12.5/ (✓)



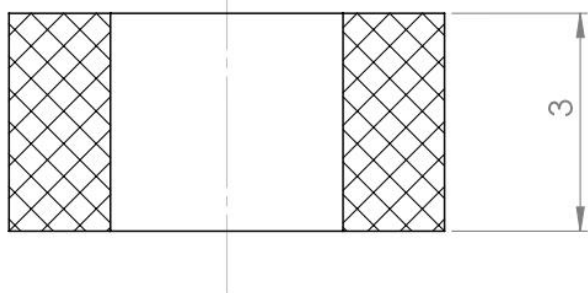
1. h14

Перв. примен.				
Справ. №				
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Инв. №	Подп. и дата
Подп. и дата	<b>МР.ПМКм-37.01.00.003</b>			
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
		Лобур О.М.		
	Пров.	Лукань Т.В.		
	Т. контр.	Лукань Т.В.		
	Н. контр.	Лукань Т.В.		
	Утв.	Панчук В.Г.		
			<b>Кронштейн для кріплення профіля 20X20-V</b>	Лит.    Масса    Масштаб
			10.32    1:1	Лист    Листов
			<b>ІФНТУНГ ПМКм-21-1</b>	

Перв. примен.	
Справ. №	



A-A



Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	

МР.ПМКМ-37.01.00.005

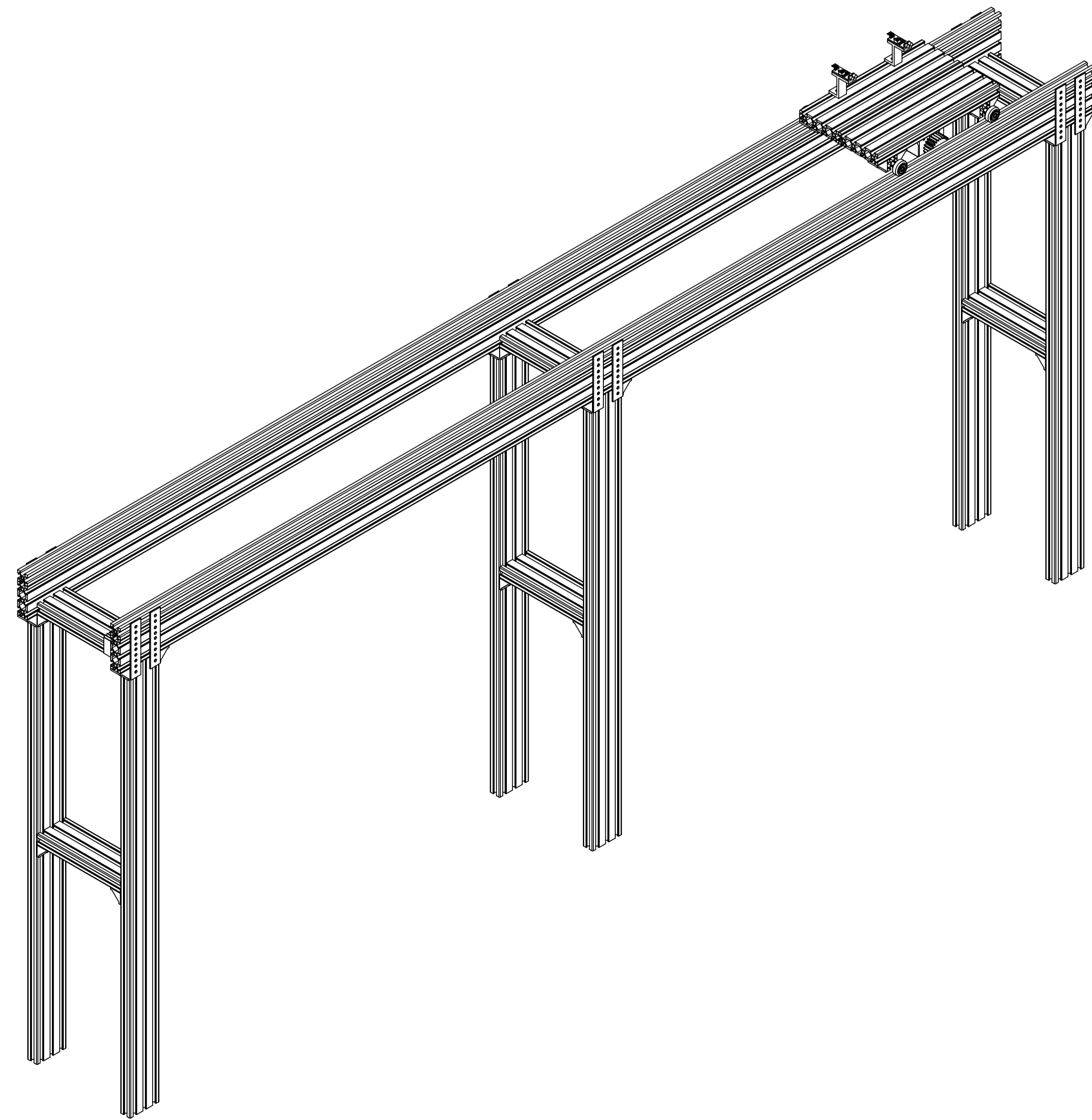
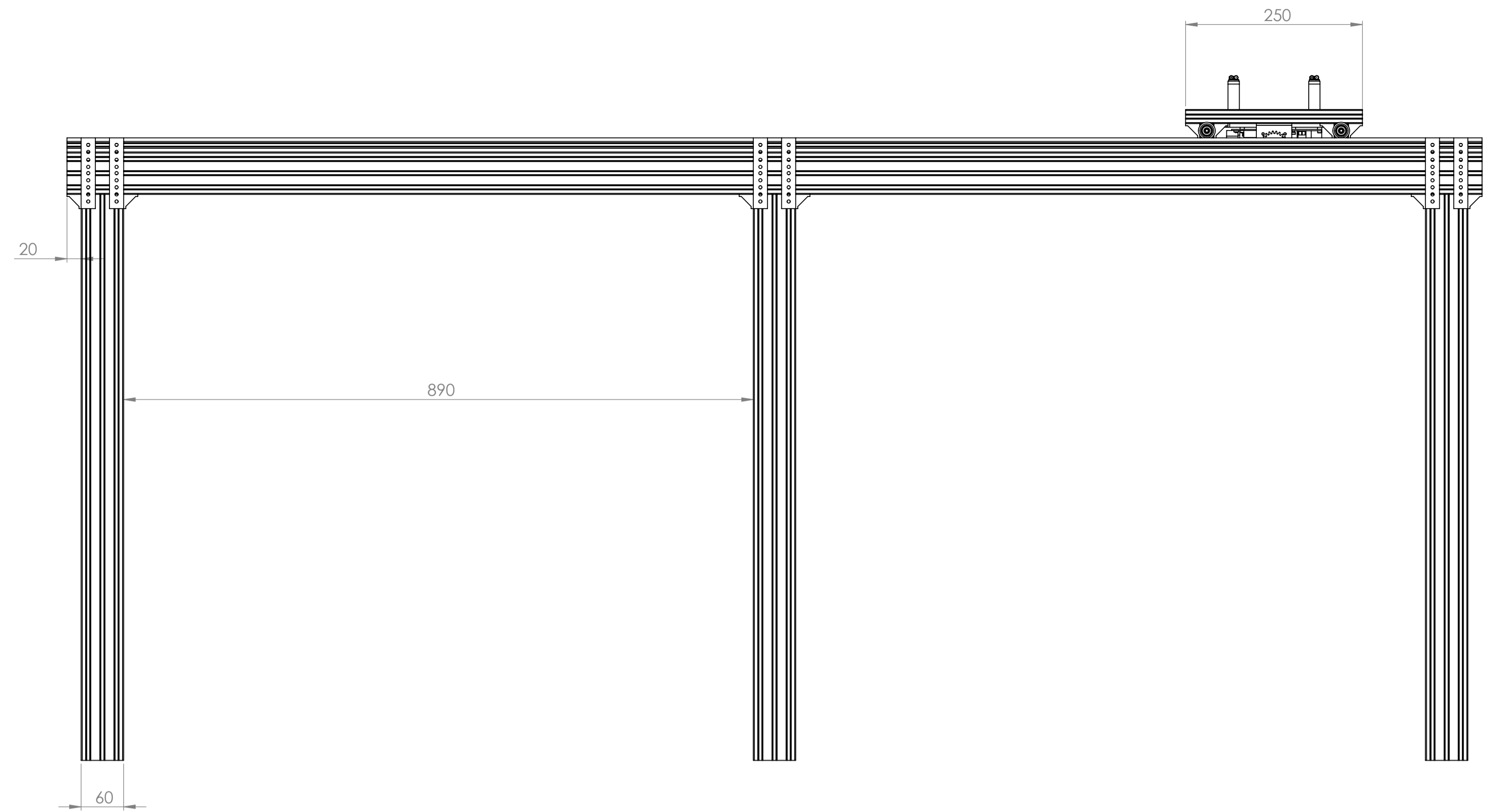
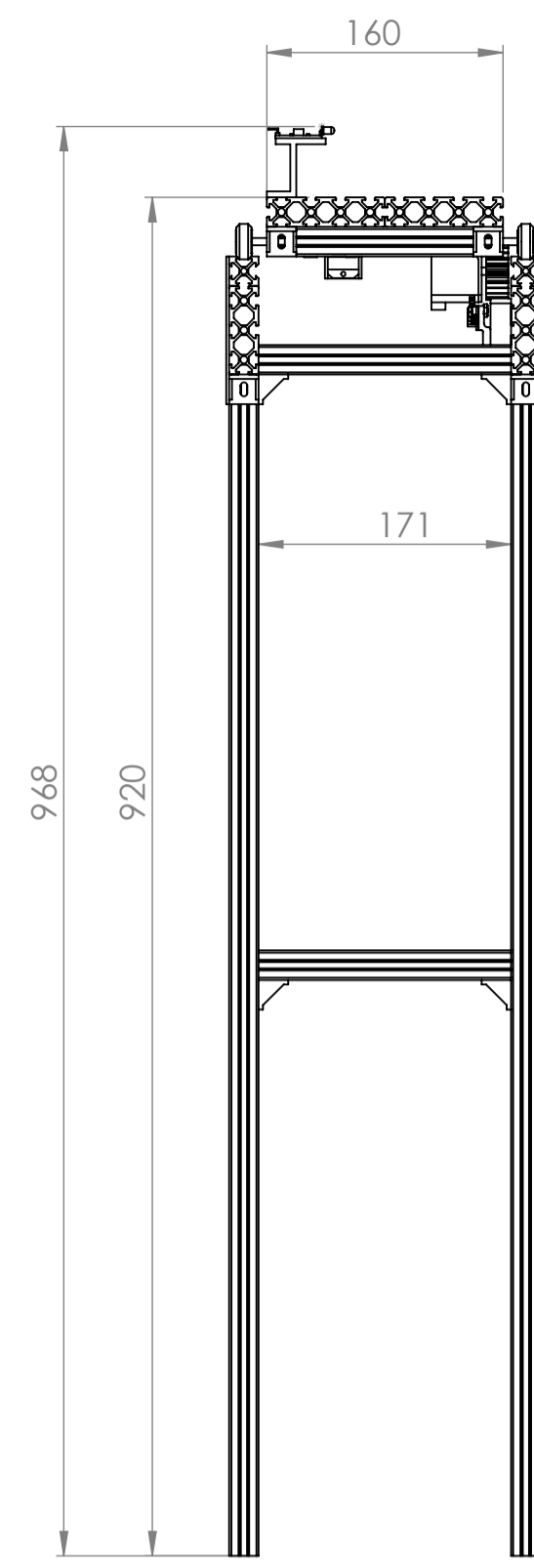
Шайба

Лит.	Масса	Масштаб
	0.06	10:1
Лист	Листов	

Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лобур О.М.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

ІФНТУНГ  
ПМКМ-21-1





				<b>МР.ПМКм-37.01.00.000</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Загальний вигляд проекту</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лобур О.М.							<b>1:5</b>
Пров.	Лукань Т.В.					Лист	Листов	
Т. контр.	Лукань Т.В.							
Н. контр.	Лукань Т.В.							
Утв.	Панчук В.Г.							

Перв. примен.

Справа №

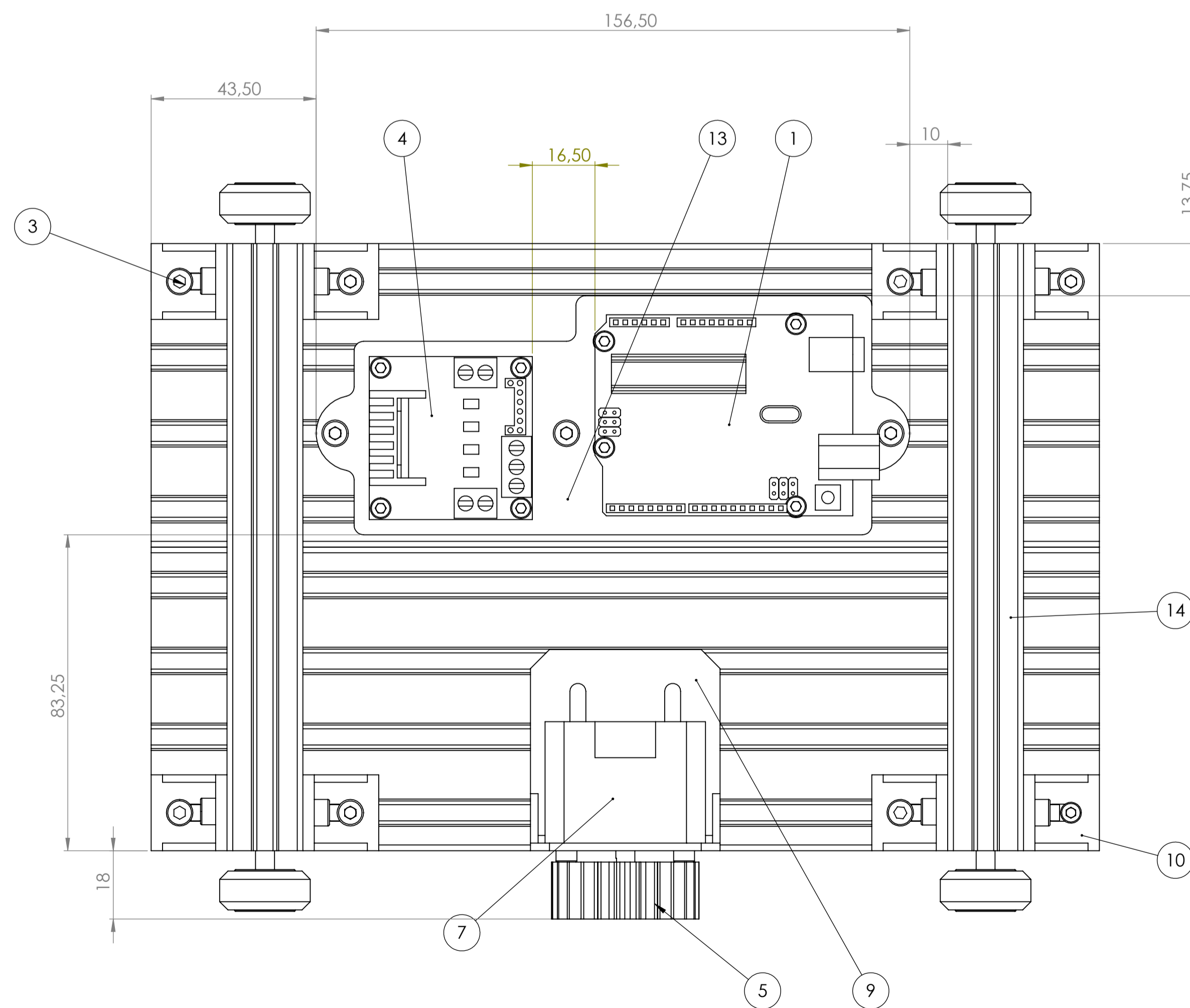
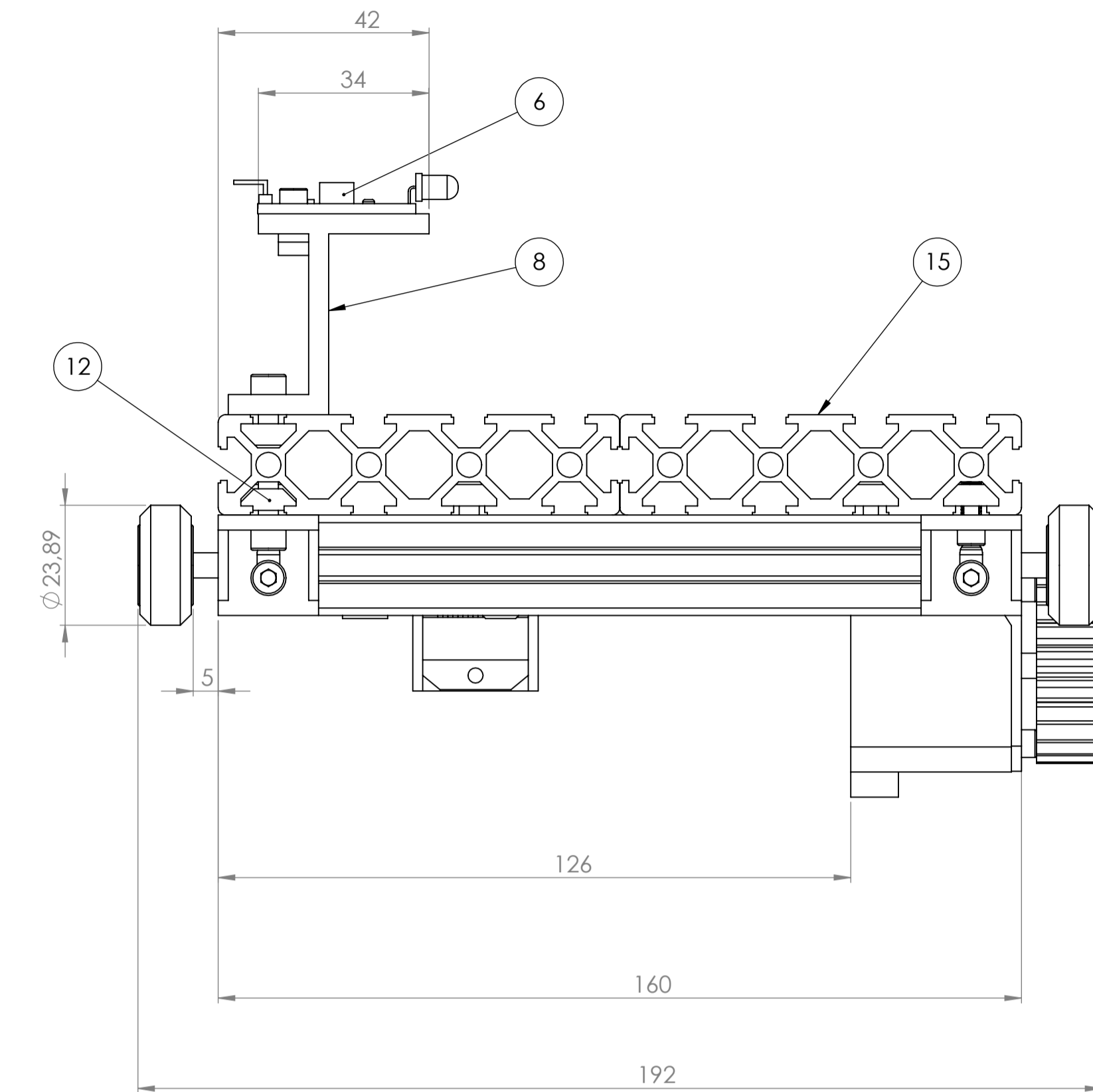
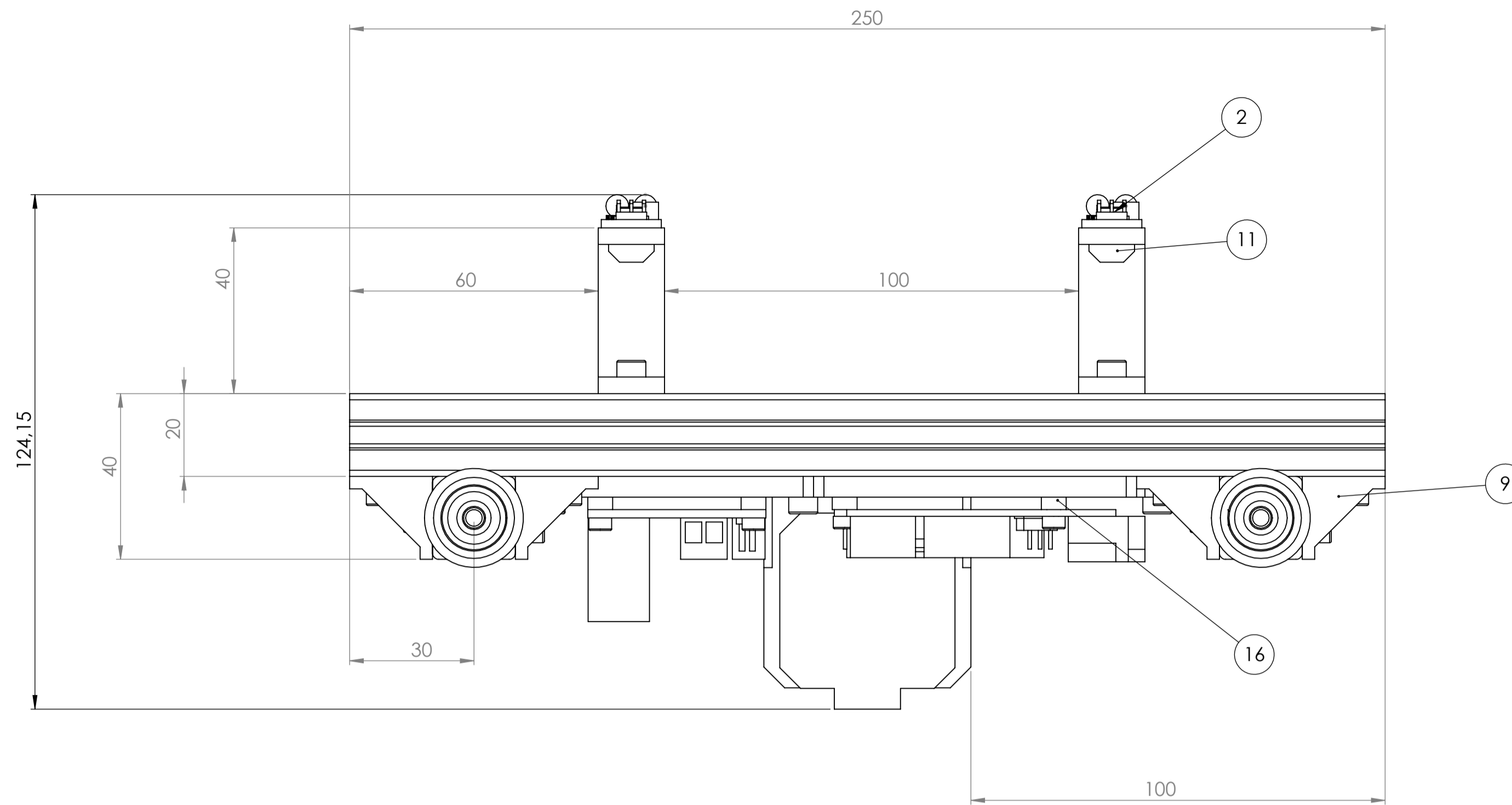
Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

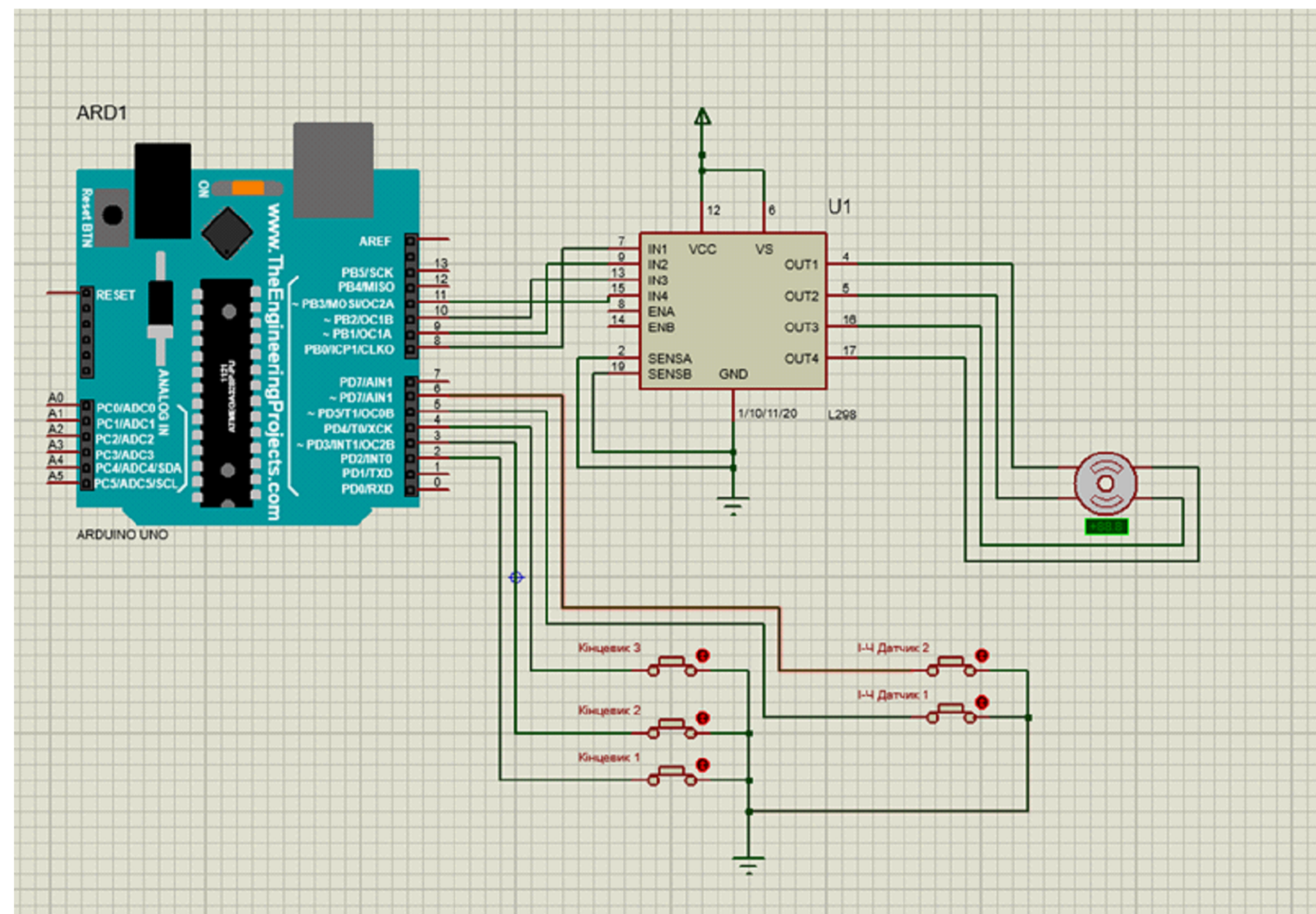
Изм. № подл.



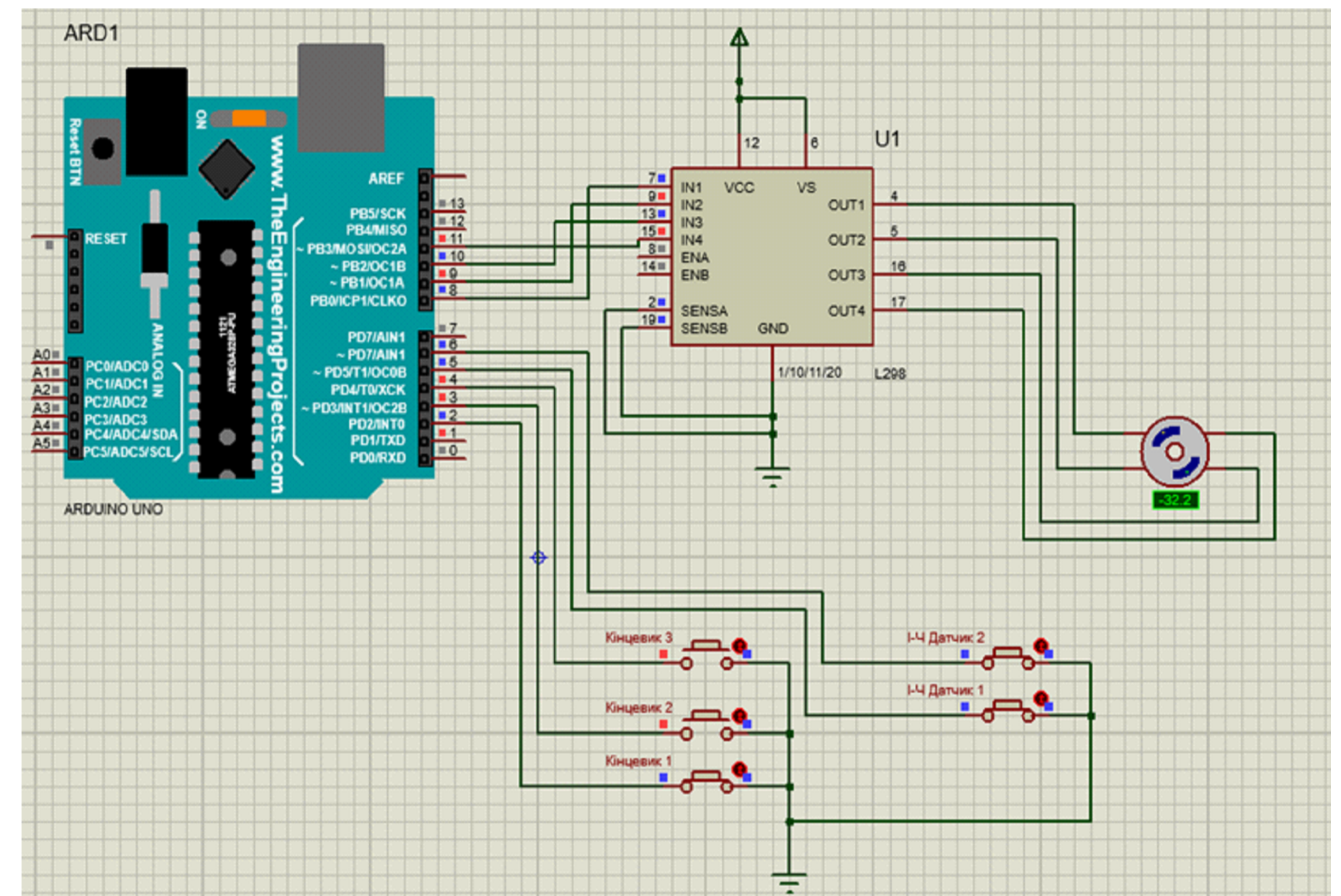
№	Назва деталей	Кількість
1	Arduino UNO	1
2	Болт DIN 912 M3	10
3	Болт DIN 912 M4	27
4	Драйвер крокового двигуна L298N	1
5	Зубчасте колесло DIN - Spur gear 1.5M 24T 20PA 10FW	1
6	Інфрачервоний датчик обходу перешкод	2
7	Кроковий двигун NEMA 17	1
8	Кронштейн для кріплення інфрачервоного датчика обходу перешкод.	2
9	Кронштейн для кріплення крокового двигуна NEMA 17	1
10	Кутник для верстатних профілях 2028.	8
11	Пазовий сухар M3.	2
12	Пазовий сухар M4.	21
13	Платформа для кріплення плат керування	1
14	Профіль верстатний 20x20 L=160мм.	2
15	Профіль верстатний 20x80 L=250 мм.	2
16	Шайба для кріплення плат керування	8

				МР.ПМКм-37.02.00.000 СК					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб		
Разраб.	Лобур О.М.							1308.15	1:1
Пров.	Лукань Т.В.								
Т. контр.	Лукань Т.В.								
Н. контр.	Лукань Т.В.				Лист	Листов	ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
Утв.	Панчук В.Г.								

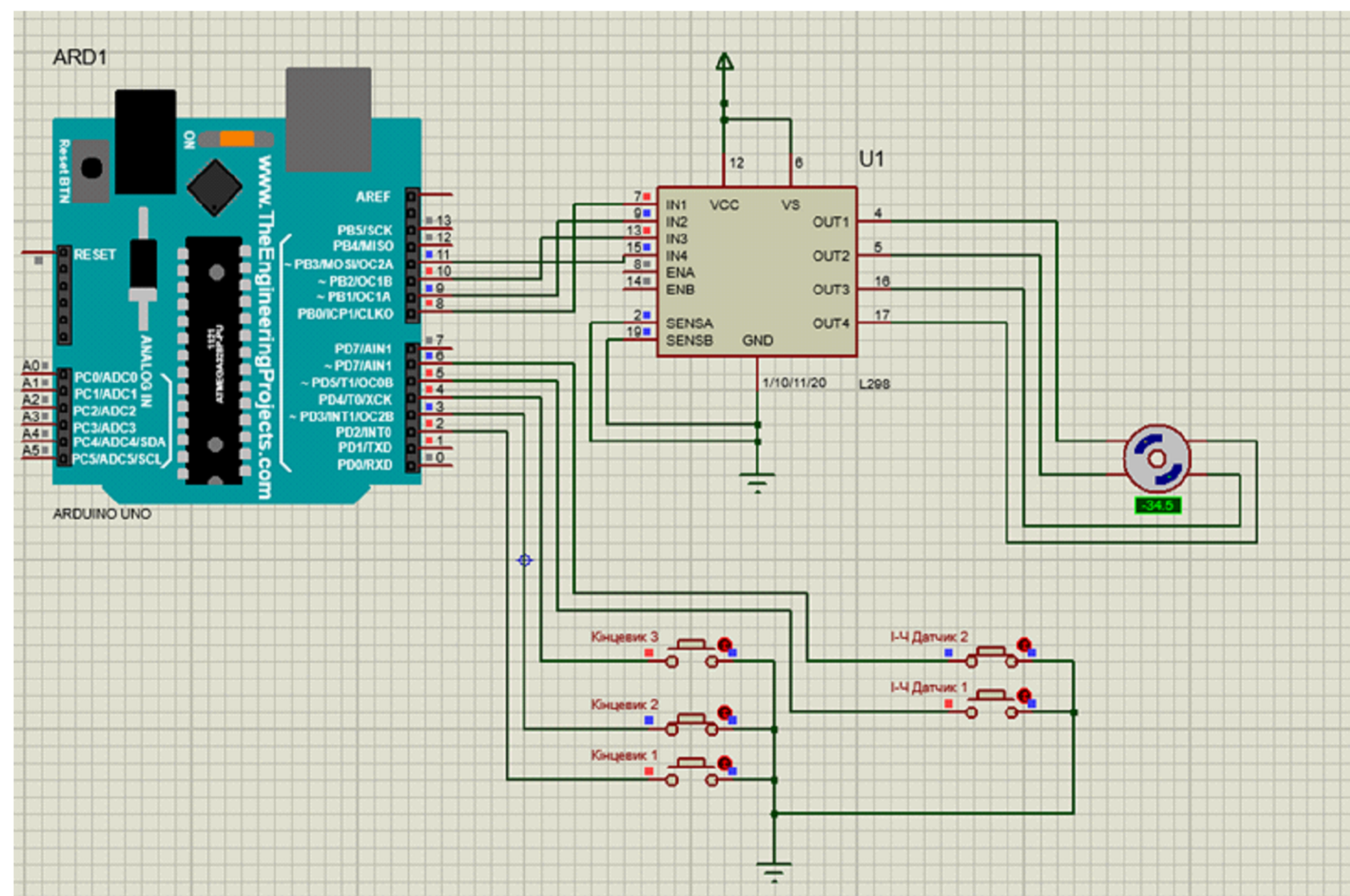
Схема підключення плат керування до двигуна NEMA17



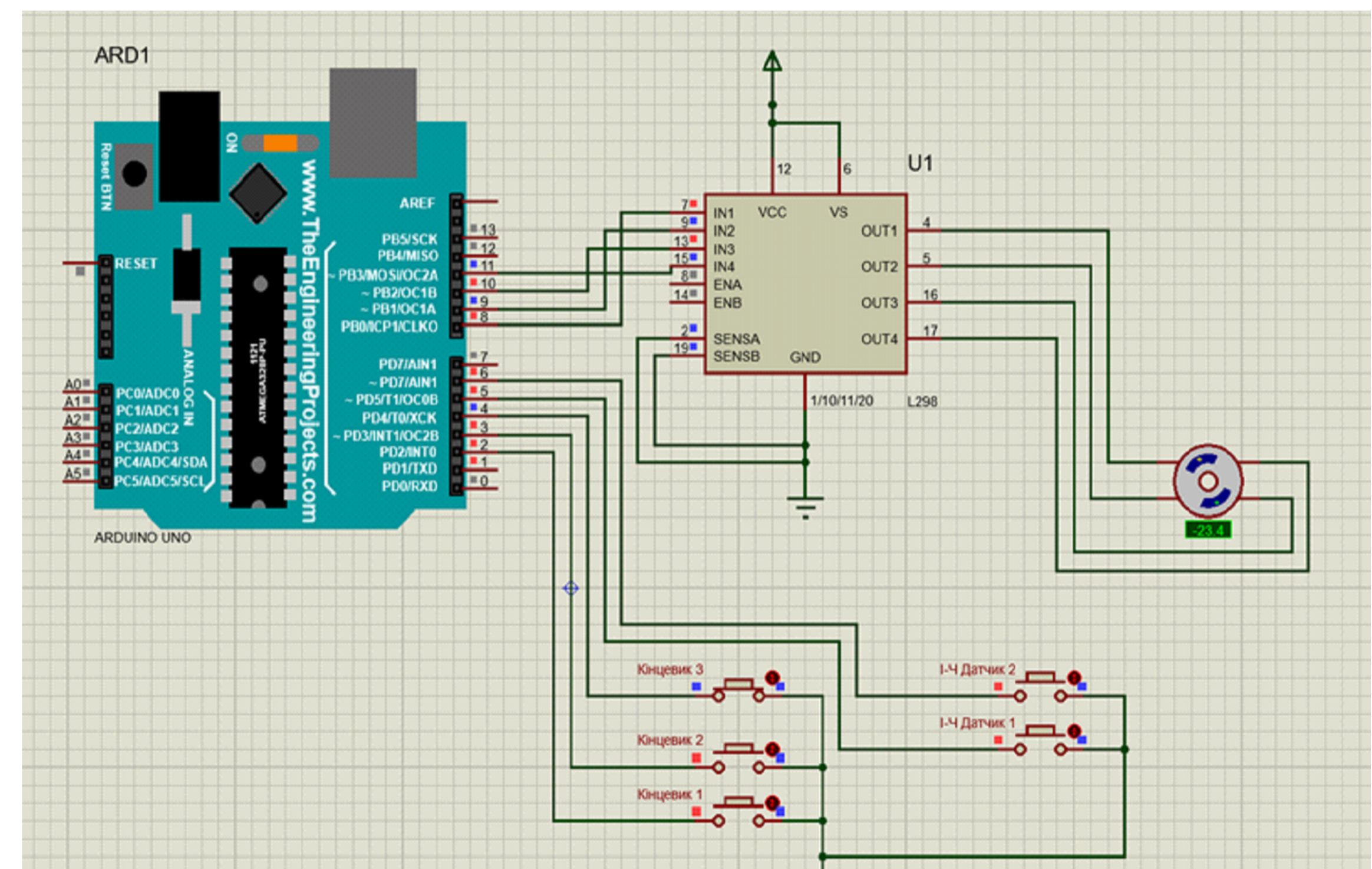
Перше положення візка



Друге положення візка



Третє положення візка



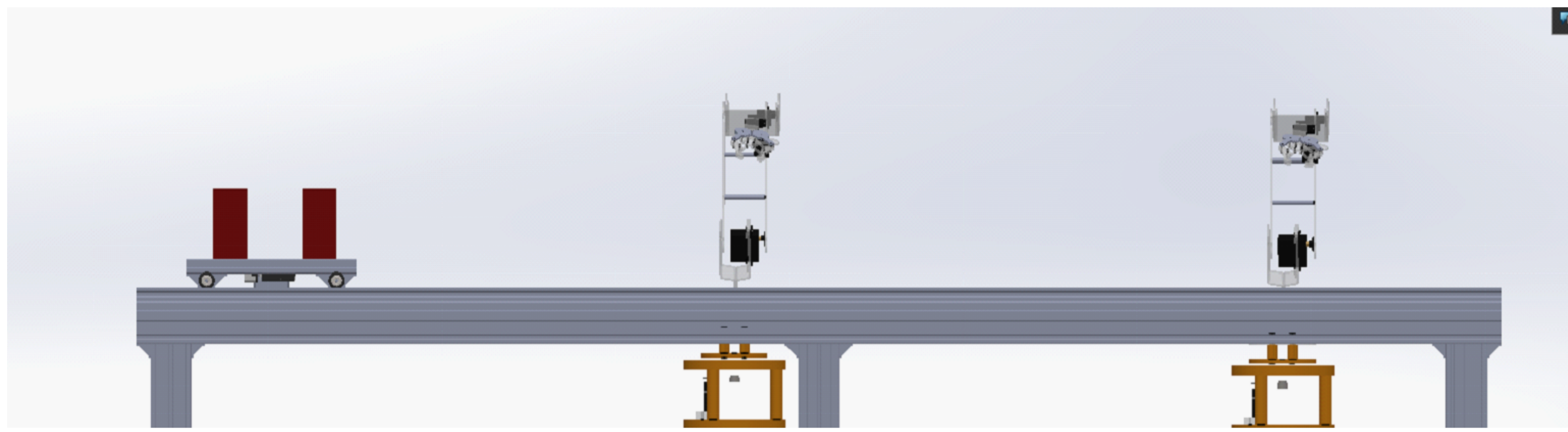
МР.ПМКм-37.03.00.000 СХ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лобур О.М.			
Пров.	Лукань Т.В.			
Т. контр.	Лукань Т.В.			
Н. контр.	Лукань Т.В.			
Утв.	Панчук В.Г.			

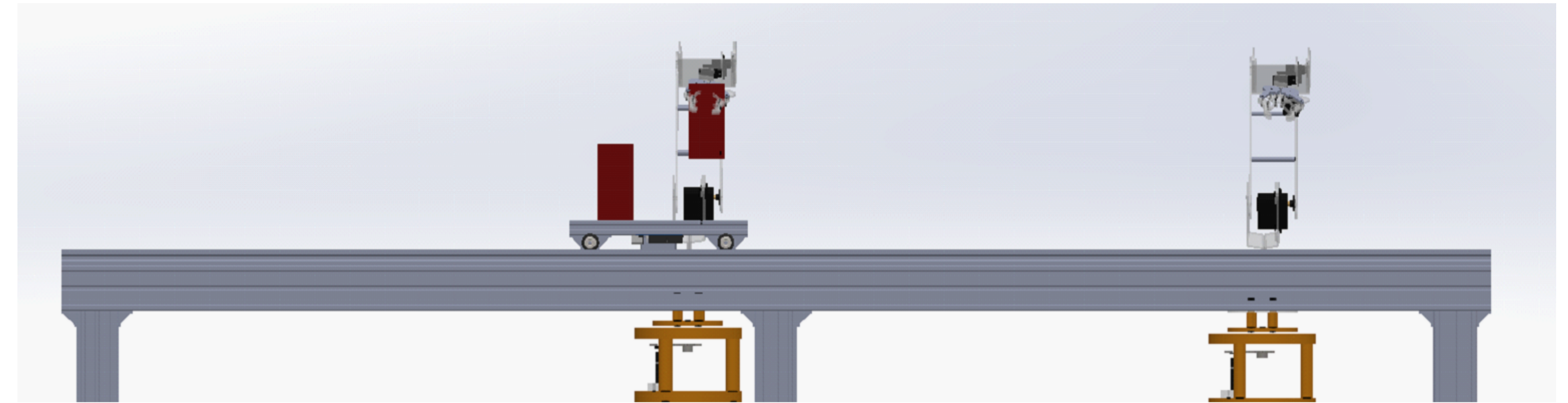
Схема підключення плат керування в середовищі Proteus

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	
ІФНТУНГ		
ПМКм-21-1		

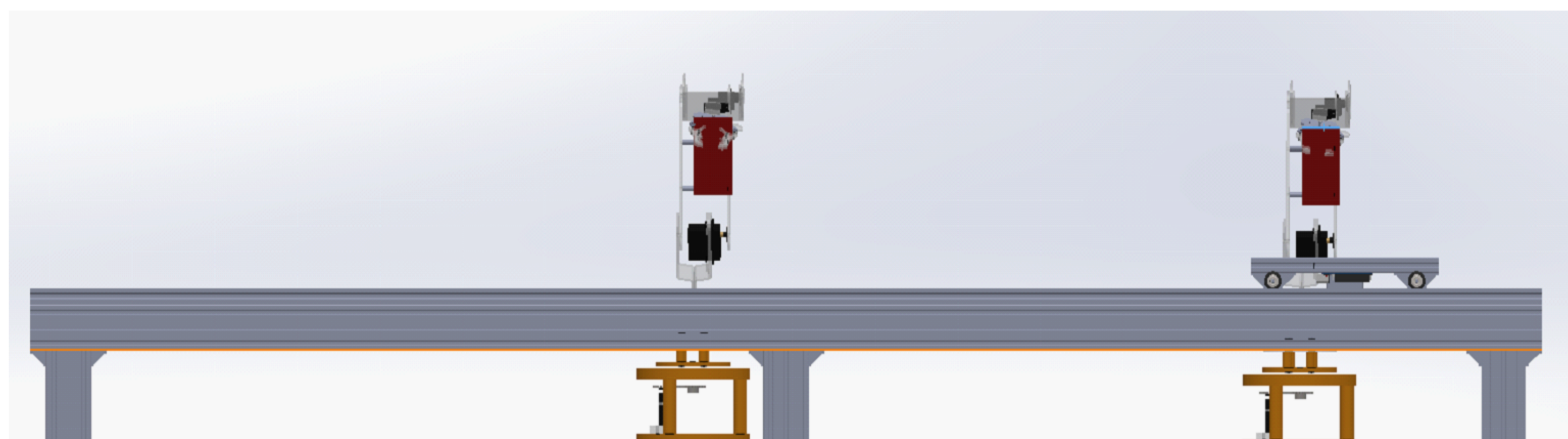
Вихідне положення візка  
позиція 1



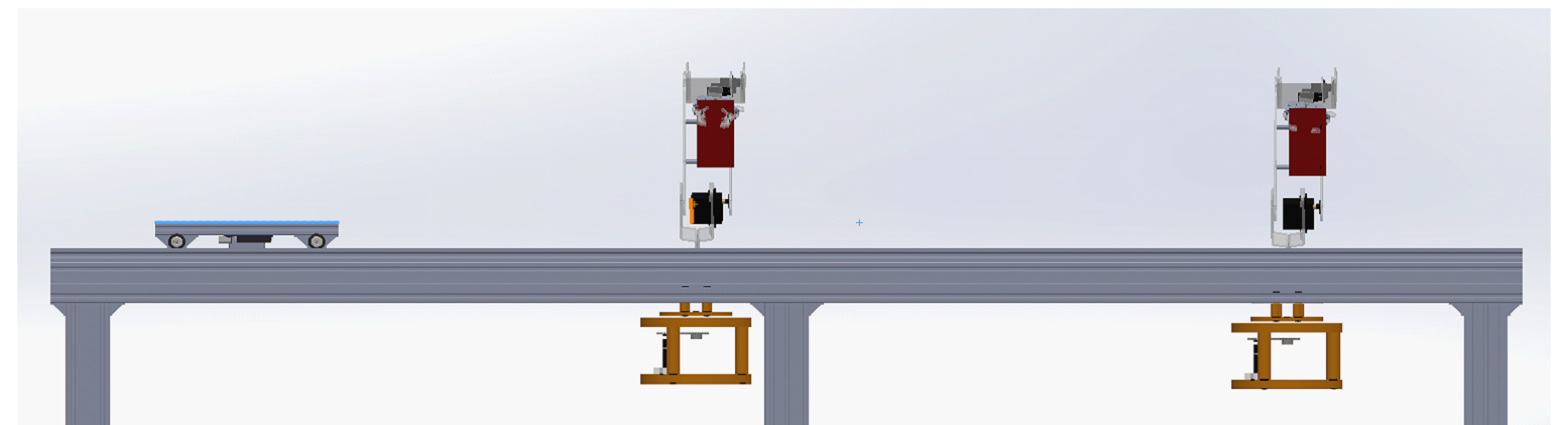
Розвантаження візка роботом-маніпулятором 1  
позиція 2



Розвантаження візка роботом-маніпулятором 2  
позиція 3



Повернення порожнього візка на позицію 1  
очікування завантаження



Перв. примен.

Справа. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Взам. инв. №

Инд. № дубл.

Подп. и дата

					МР.ПМКм-37.03.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Алгоритм роботи візка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лобур О.М.							
Пров.	Лукань Т.В.							
Т. контр.	Лукань Т.В.					Лист	Листов	
Н. контр.	Лукань Т.В.					ІФНТУНГ ПМКм-22-1		
Утв.	Панчук В.Г.					1 Копировал		

Цилиндрическое отверстие в цельном материале

Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цельн

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ

CoroDrill 862

862 1-2500-22540-GM X2BL Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 4

Скорость резания VC [m/min] 61.8

Подана на оборот FN [mm] 0.0425

Минутная подача у центра инструмента VF [mm/min] 334

Показать подробности

Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ СВЕРЛЕНИЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 61.8

FN [mm] подача на оборот 0.0425

N [1/min] частота вращения шпинделя 7870

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 334

PPC [kW] мощность резания 0.152

MMC [Nm] крутящий момент 0.184

FFF [N] усилие подачи 115

DEPTH [mm] глубина 5

ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 862

862 1-2500-22540-GM X2BL Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 4

СОЖ

Наружный

Эмульсия 10%

Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ СВЕРЛЕНИЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 61.8

FN [mm] подача на оборот 0.0425

N [1/min] частота вращения шпинделя 7870

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 334

PPC [kW] мощность резания 0.152

MMC [Nm] крутящий момент 0.184

FFF [N] усилие подачи 115

DEPTH [mm] глубина 5

ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 862

862 1-2500-22540-GM X2BL Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 4

СОЖ

Наружный

Эмульсия 10%

Фрезерование углублений / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 283

FZ [mm] подача на зуб 0.0545

N [1/min] частота вращения шпинделя 18000

VFM [mm/min] минутная подача у центра инструмента 3920

AE [mm] ширина фрезерования 3.33

AP [mm] глубина резания 5

NORAE [1/min] число проходов в направлении AE 3

NORAP [1/min] число проходов в направлении AP 1

PPC [kW] мощность резания 0.618

MMC [Nm] крутящий момент 0.328

OO [cm³/min] скорость съема материала 65.4

ПОЯСНЕНИЕ

Предварительная обработка

CoroMill Plura

2P340-0500-PA 1630 Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

СОЖ

Без СОЖ

Уступ

N1.3.C.A.G 90 HB

РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИЕ ВНУТРИНЕЕ / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБЫ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 407

FZ [mm] подача на зуб 0.0367

N [1/min] частота вращения шпинделя 56300

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 1440

VFM [mm/min] минутная подача у обрабатываемом диаметре 6190

AE [mm] ширина фрезерования 0.25

AP [mm] глубина резания 5

NORAE [1/min] число проходов в направлении AE 1

NORAP [1/min] число проходов в направлении AP 1

DMS [mm] обрабатываемый диаметр 3

PPC [kW] мощность резания 0.1

MMC [Nm] крутящий момент 0.017

OO [cm³/min] скорость съема материала 7.73

ПОЯСНЕНИЕ

Фрезерование резьбы

CoroMill Plura

R217.13-023050CC06K 1630 Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

СОЖ

Наружный

Эмульсия 10%

Резьба в сквозном отверстии

N1.3.C.A.G 90 HB

Универсальный высокопроизводительный станок

200 kW, 10000 1/min

200 kW, 500000 1/min

РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИЕ ВНУТРИНЕЕ / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБЫ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 407

FZ [mm] подача на зуб 0.0367

N [1/min] частота вращения шпинделя 56300

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 1440

VFM [mm/min] минутная подача у обрабатываемом диаметре 6190

AE [mm] ширина фрезерования 0.25

AP [mm] глубина резания 5

NORAE [1/min] число проходов в направлении AE 1

NORAP [1/min] число проходов в направлении AP 1

DMS [mm] обрабатываемый диаметр 3

PPC [kW] мощность резания 0.1

MMC [Nm] крутящий момент 0.017

OO [cm³/min] скорость съема материала 7.73

ПОЯСНЕНИЕ

Фрезерование резьбы

CoroMill Plura

R217.13-023050CC06K 1630 Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

СОЖ

Наружный

Эмульсия 10%

Резьба в сквозном отверстии

N1.3.C.A.G 90 HB

Универсальный высокопроизводительный станок

200 kW, 10000 1/min

200 kW, 500000 1/min

РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИЕ ВНУТРИНЕЕ / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБЫ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 407

FZ [mm] подача на зуб 0.0367

N [1/min] частота вращения шпинделя 56300

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 1440

VFM [mm/min] минутная подача у обрабатываемом диаметре 6190

AE [mm] ширина фрезерования 0.25

AP [mm] глубина резания 5

NORAE [1/min] число проходов в направлении AE 1

NORAP [1/min] число проходов в направлении AP 1

DMS [mm] обрабатываемый диаметр 3

PPC [kW] мощность резания 0.1

MMC [Nm] крутящий момент 0.017

OO [cm³/min] скорость съема материала 7.73

ПОЯСНЕНИЕ

Фрезерование резьбы

CoroMill Plura

R217.13-023050CC06K 1630 Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

СОЖ

Наружный

Эмульсия 10%

Резьба в сквозном отверстии

N1.3.C.A.G 90 HB

Универсальный высокопроизводительный станок

200 kW, 10000 1/min

200 kW, 500000 1/min

Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ СВЕРЛЕНИЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 308

FN [mm] подача на оборот 0.325

N [1/min] частота вращения шпинделя 24500

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 7950

PPC [kW] мощность резания 1.45

MMC [Nm] крутящий момент 0.566

FFF [N] усилие подачи 214

DEPTH [mm] глубина 5

ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 860

860 1-0400-012A1-NM N10F Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

СОЖ

Внутренний

Эмульсия 10%

Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ СВЕРЛЕНИЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 308

FN [mm] подача на оборот 0.325

N [1/min] частота вращения шпинделя 24500

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 7950

PPC [kW] мощность резания 1.45

MMC [Nm] крутящий момент 0.566

FFF [N] усилие подачи 214

DEPTH [mm] глубина 5

ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 860

860 1-0400-012A1-NM N10F Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

СОЖ

Внутренний

Эмульсия 10%

Сверление сверлами с монолитной режущей частью / Цельн

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТРАТЕГИЯ ОБРАБОТКИ СВЕРЛЕНИЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ПРЕДЕЛЫ

VC [m/min] скорость резания 308

FN [mm] подача на оборот 0.325

N [1/min] частота вращения шпинделя 24500

VF [mm/min] минутная подача у центра инструмента 7950

PPC [kW] мощность резания 1.45

MMC [Nm] крутящий момент 0.566

FFF [N] усилие подачи 214

DEPTH [mm] глубина 5

ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 860

860 1-0400-012A1-NM N10F Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric 6

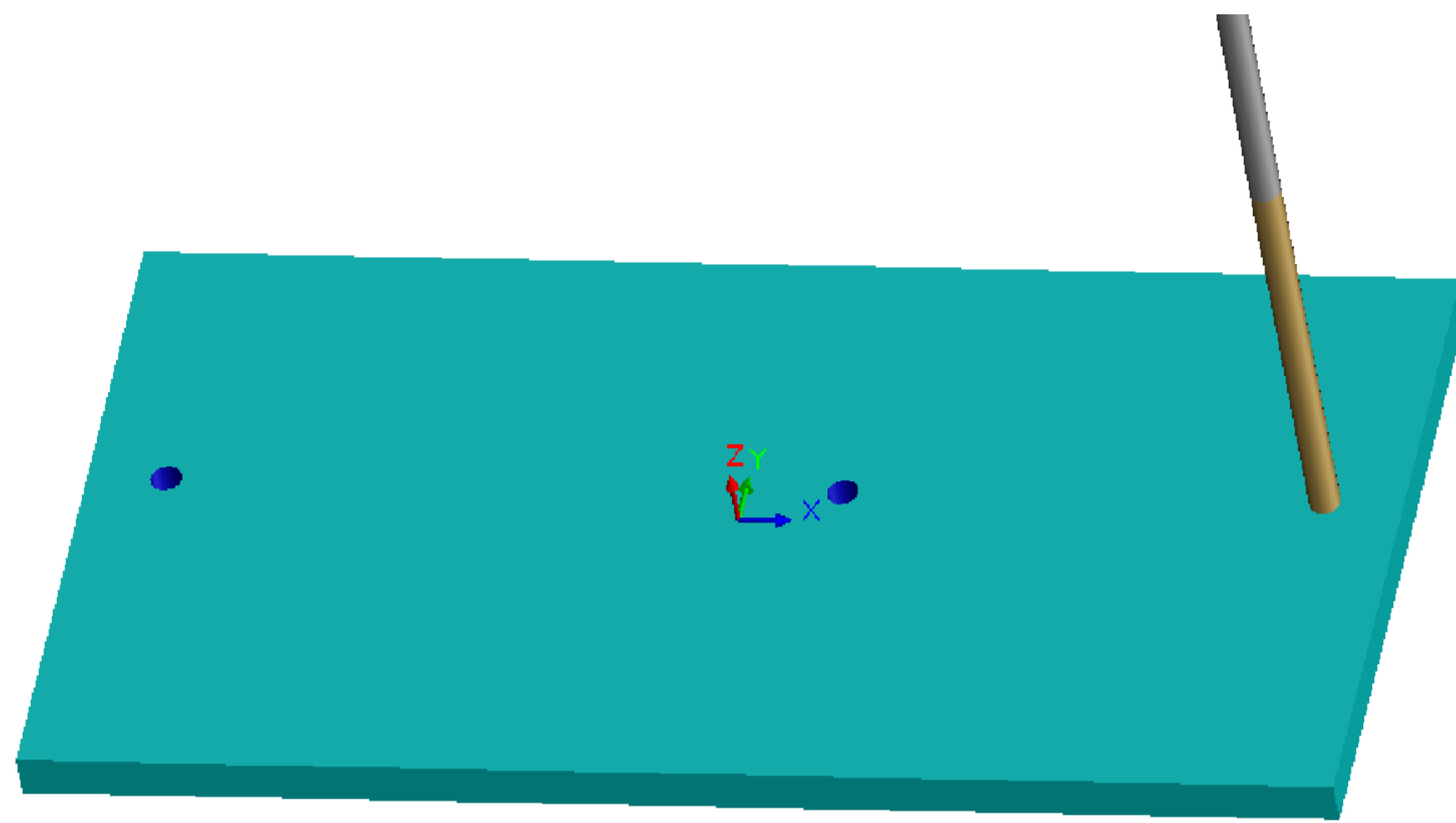
СОЖ

Внутренний

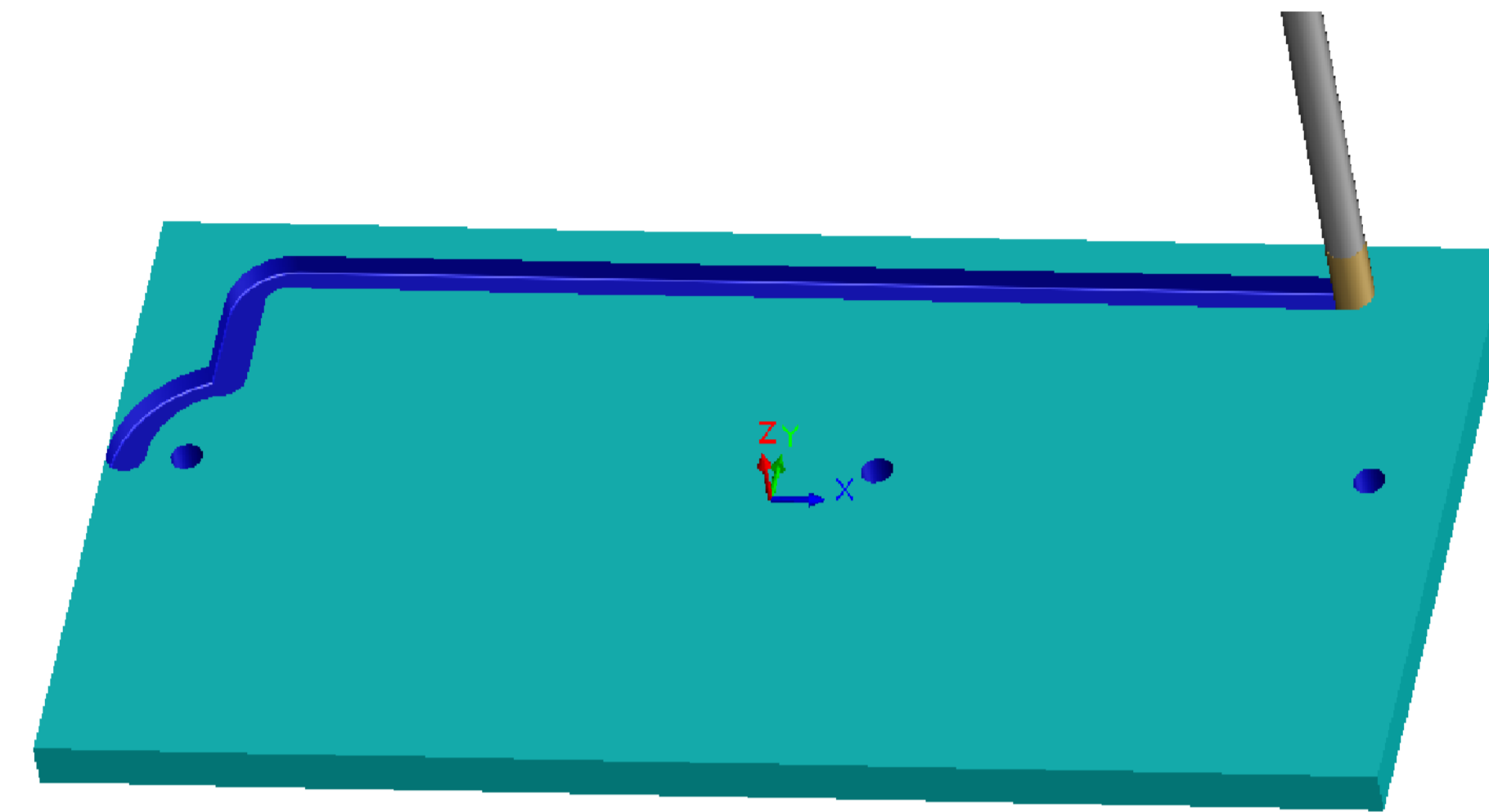
Эмульсия 10%

				MP.ПМКм-37.05.00.000				
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Вибір різального інструменту	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лобур О.М.							
Пров.	Лукань Т.В.					Лист	Листов	
Т. контр.	Лукань Т.В.					ІФНТУНГ ПМКМ-21-1		
Н. контр.	Лукань Т.В.				Копировал			
Утв.	Панчук В.Г.				Формат А1			

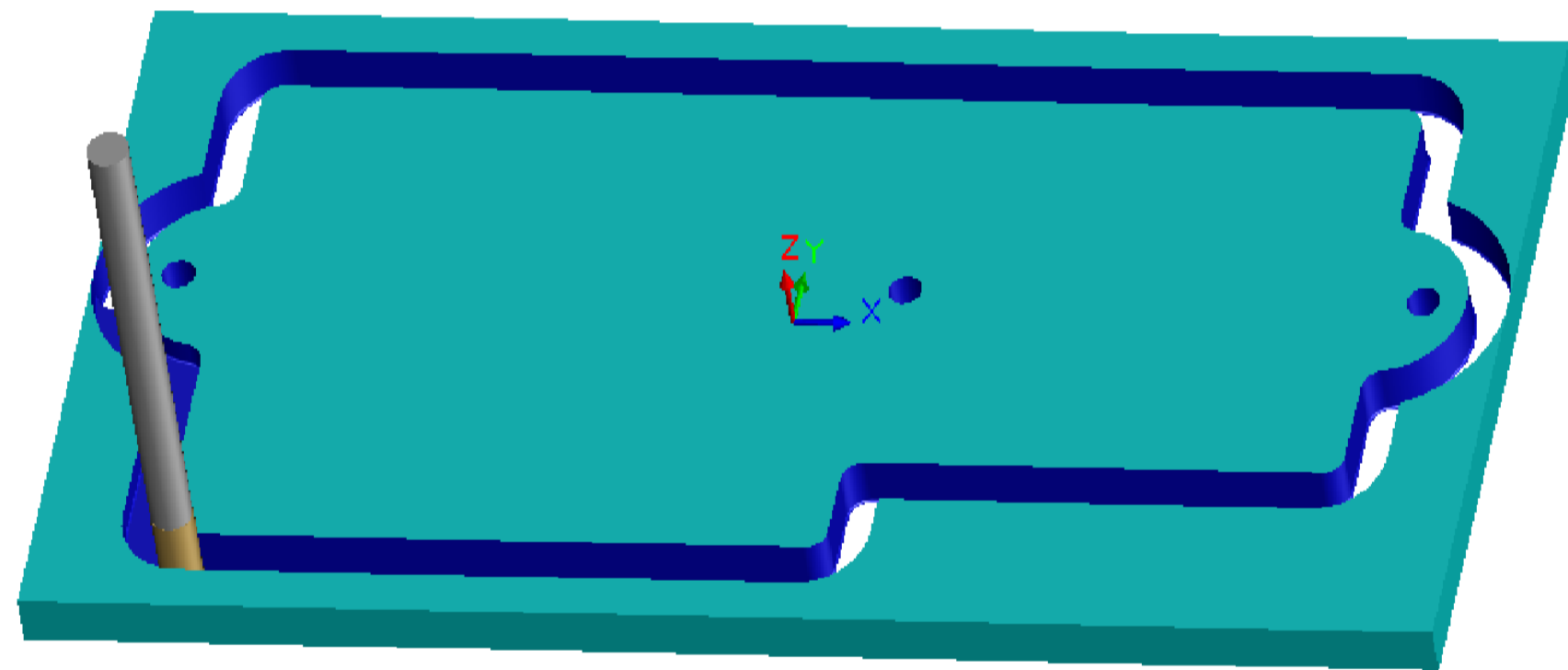
Операція 010  
сверління отворів вздовж осі заготовки  
отворів діаметром 4.2мм  
для кріплення готового виробу до візка



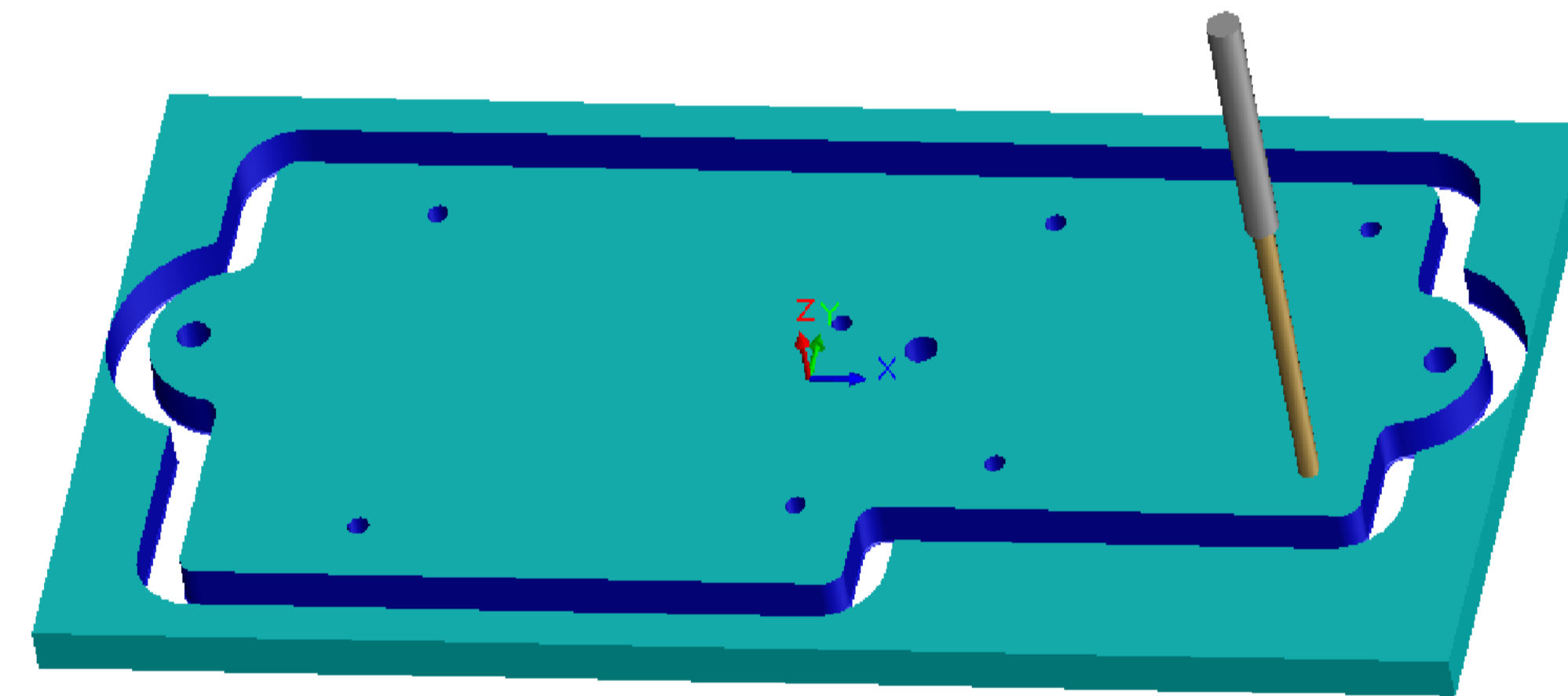
Операція 010  
Фрезерування по контуру  
фрезою діаметром 5мм  
перший прохід



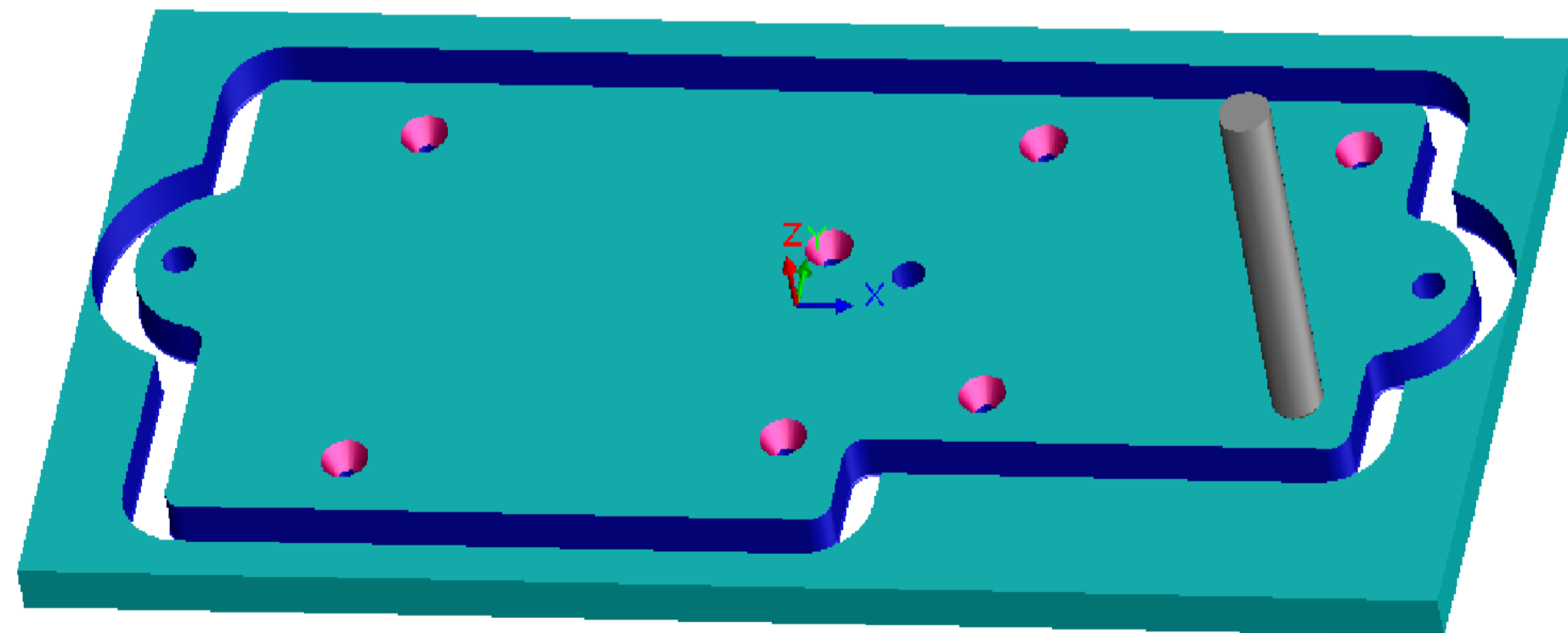
Операція 010  
фрезерування по контуру  
другий прохід, відрізання деталі від заготовки



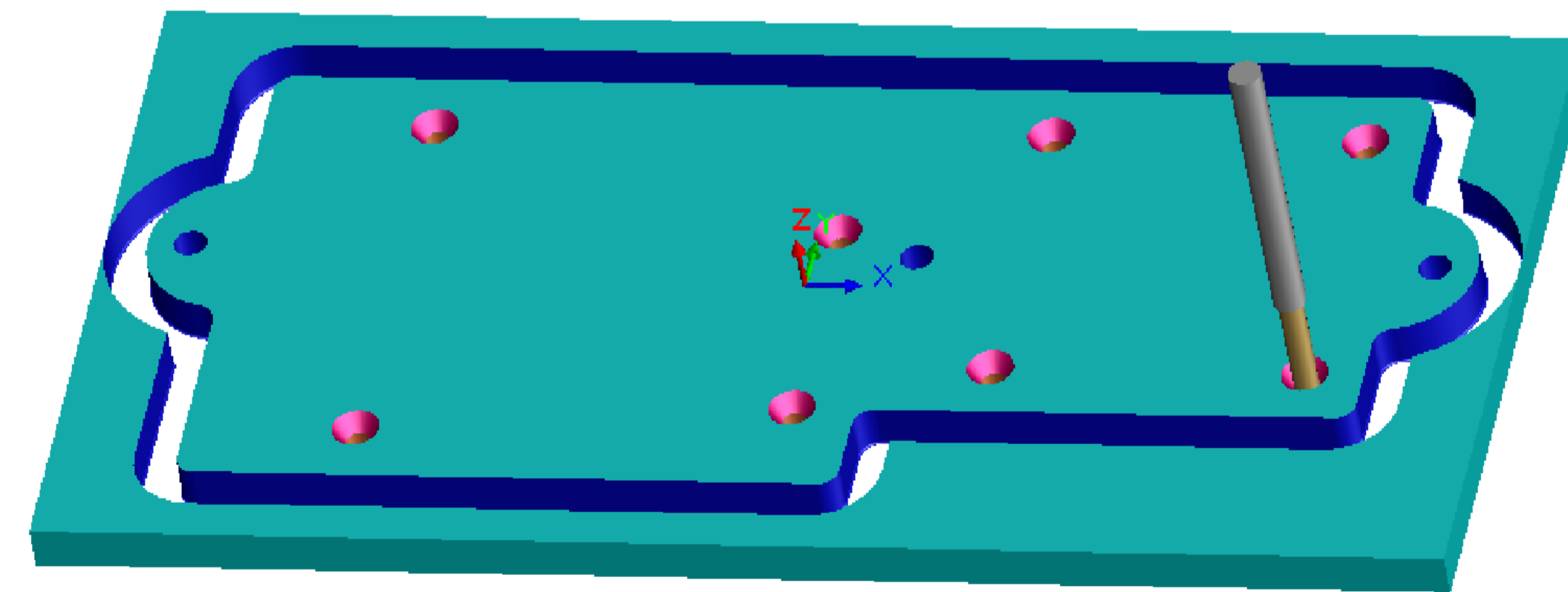
Операція 020  
сверління отворів діаметром 2.5 мм.  
для нарізання в них різьби мітчиком M3



Операція 020  
зенкування отворів під нарізання різьби  
знімання фаски



Операція 020  
нарізання різьби M3



МР.ПМКм-37.06.00.000

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Симуляція обробки деталі	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лобур О.М.							
Пров.	Лукань Т.В.							
Т. контр.	Лукань Т.В.							
Н. контр.	Лукань Т.В.							
Утв.	Панчук В.Г.							

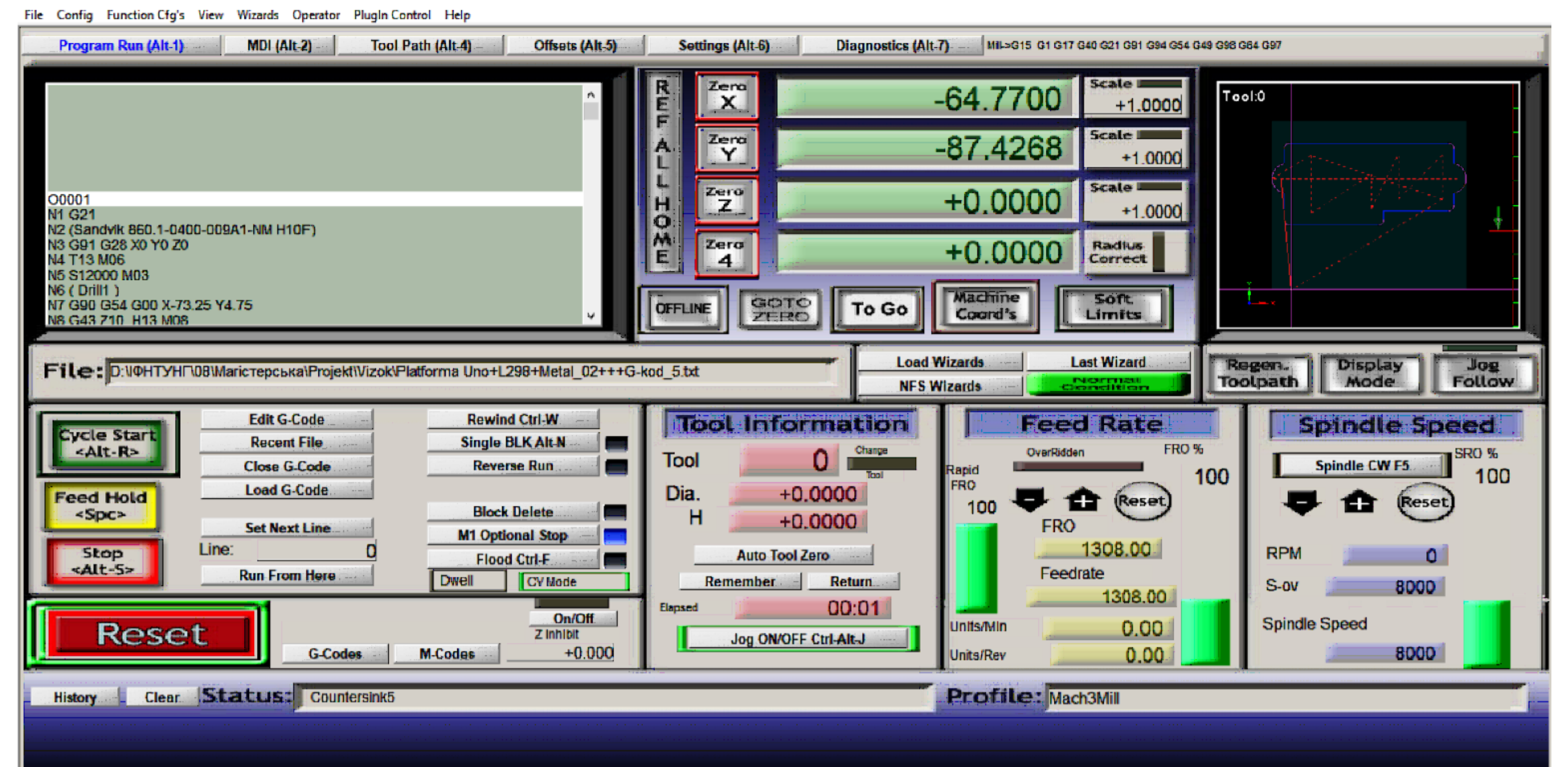
Лист 1  
Листов 1  
ІФНТУНГ  
ПМКМ-21-1  
Формат А1

Интерфейс керування фрезерним вевстатом із ЧПК програми Mach3

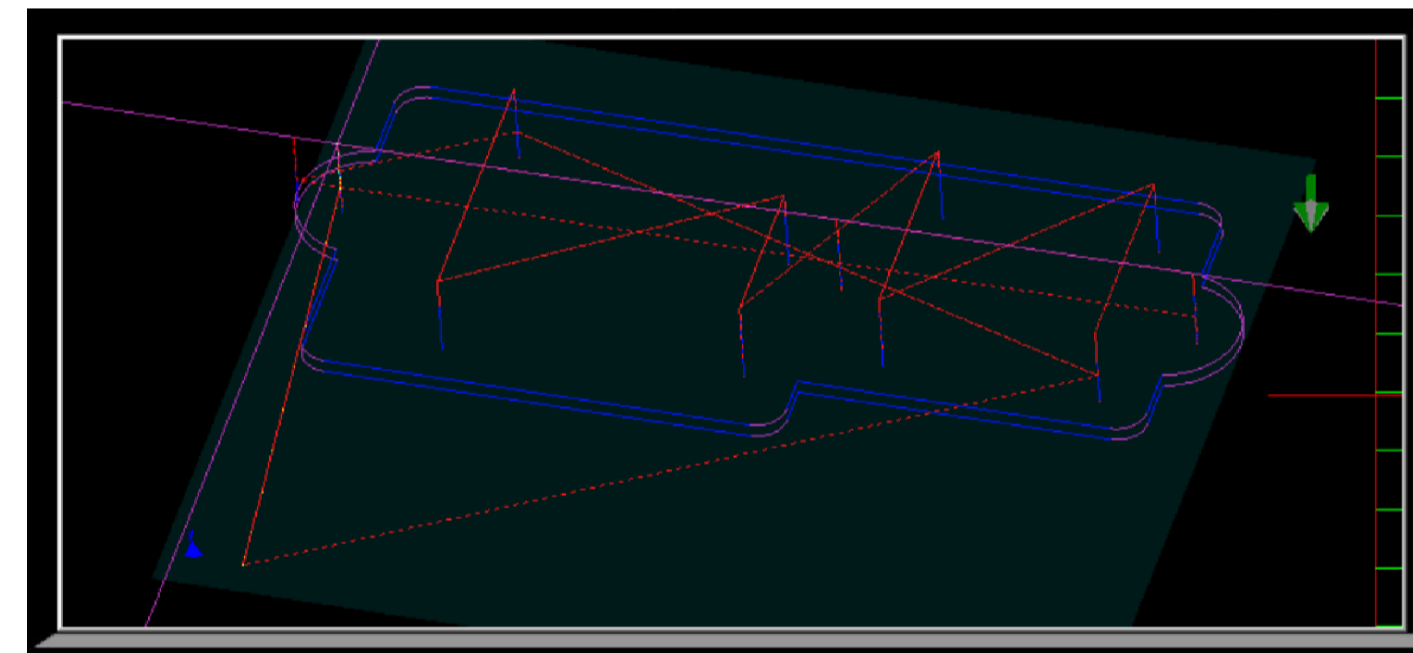
G-код обробки деталі

O0001  
 N1 G21  
 N2 (Sandvik 860.1-0400-009A1-NM H10F)  
 N3 G91 G28 X0 Y0 Z0  
 N4 T13 M06  
 N5 S12000 M03  
 N6 ( Drill1 )  
 N7 G90 G54 G00 X-73.25 Y4.75  
 N8 G43 Z10. H13 M08  
 N9 G83 G98 R5. Z-6.201 Q2. F1320.755  
 N10 X12.25  
 N11 X73.25  
 N13 G91 G28 Z0  
 N14 (Sandvik 2P340-0500-PA 1630)  
 N15 T16 M06  
 N16 S12000 M03  
 N17 ( Contour Mill2 )  
 N18 G90 G54 G41 D36 G00 X-80.75 Y4.75  
 N19 G43 Z5. H16 M08  
 N20 G01 Z-2.5 F412.5  
 N21 G17 G02 X-70.75 Y16.997 I12.5 J0 F1650.  
 N22 G01 Y29.  
 N23 G02 X-65.75 Y34. I5. J0  
 N24 G01 X65.75  
 N25 G02 X70.75 Y29. I0 J-5.  
 N26 G01 Y16.997  
 N27 G02 Y-7.497 I-2.5 J-12.247  
 N28 G01 Y-17.  
 N29 G02 X65.75 Y-22. I-5. J0  
 N30 G01 X12.25  
 N31 Y-29.  
 N32 G02 X7.25 Y-34. I-5. J0  
 N33 G01 X-65.75  
 N34 G02 X-70.75 Y-29. I0 J5.  
 N35 G01 Y-7.497  
 N36 G02 X-80.75 Y4.75 I2.5 J12.247  
 N37 G00 Z5.  
 N38 Z2.5  
 N39 G01 Z-5. F412.5  
 N40 G02 X-70.75 Y16.997 I12.5 J0 F1650.  
 N41 G01 Y29.  
 N42 G02 X-65.75 Y34. I5. J0  
 N43 G01 X65.75  
 N44 G02 X70.75 Y29. I0 J-5.  
 N45 G01 Y16.997  
 N46 G02 Y-7.497 I-2.5 J-12.247  
 N47 G01 Y-17.  
 N48 G02 X65.75 Y-22. I-5. J0  
 N49 G01 X12.25  
 N50 Y-29.  
 N51 G02 X7.25 Y-34. I-5. J0  
 N52 G01 X-65.75  
 N53 G02 X-70.75 Y-29. I0 J5.  
 N54 G01 Y-7.497  
 N55 G02 X-80.75 Y4.75 I2.5 J12.247  
 N56 G00 Z5.  
 N57 Z10. M09  
 N58 G40 X-80.75 Y4.75  
 N59 G91 G28 Z0  
 N60 (Sandvik 860.1-0250-009A1-NM H10F)  
 N61 T14 M06  
 N62 S1933 M03

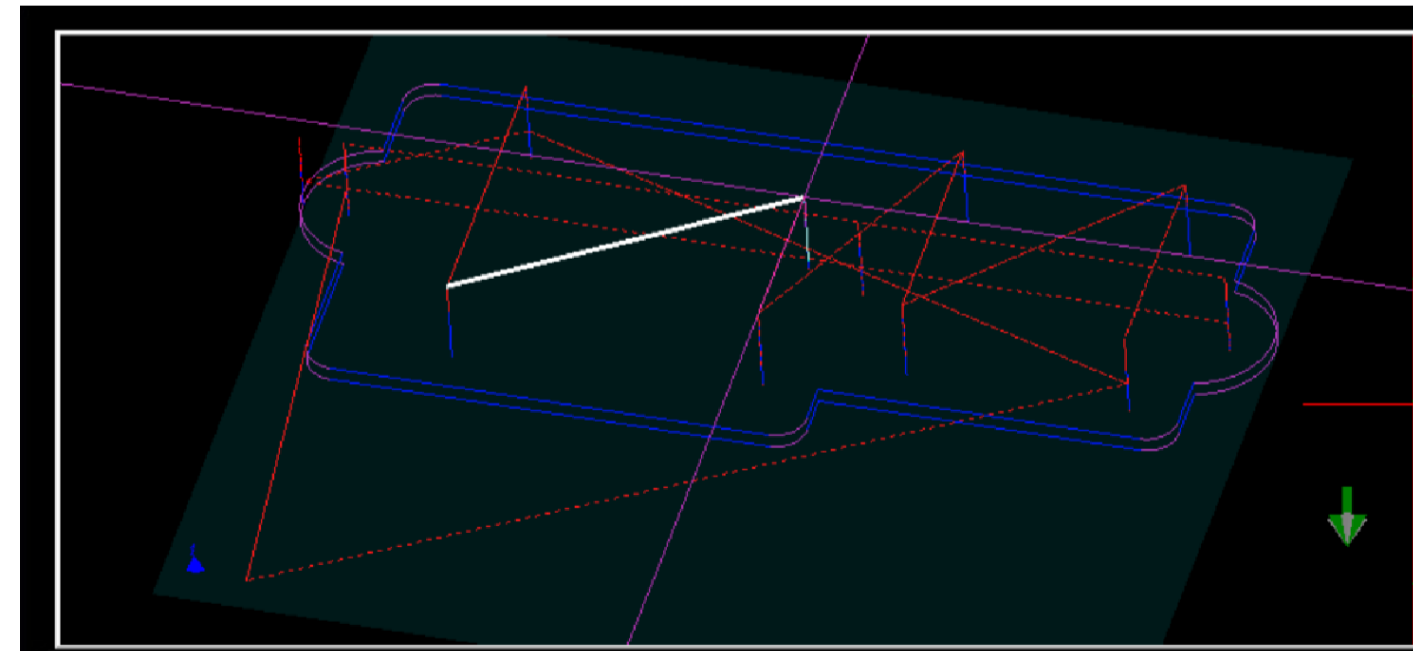
N63 ( Drill2 )  
 N64 G90 G54 G00 X-48.25 Y24.  
 N65 G43 Z10. H14 M08  
 N66 G81 G98 R3. Z-5.87 F72.5  
 N67 Y-24.  
 N68 X2.25 Y8.5  
 N69 Y-19.5  
 N70 X24.25 Y24.5  
 N71 Y-12.5  
 N72 X61.25 Y24.5  
 N73 Y-12.5  
 N75 G91 G28 Z0  
 N76 (Sandvik R217.13-023050CC06K 1630)  
 N77 T19 M06  
 N78 S2846 M03  
 N79 ( Tap1 )  
 N80 G90 G54 G00 X-48.25 Y24.  
 N81 G43 Z10. H19 M08  
 N82 G84 G98 R5. Z-5. F1422.973  
 N83 Y-24.  
 N84 X2.25 Y8.5  
 N85 Y-19.5  
 N86 X24.25 Y24.5  
 N87 Y-12.5  
 N88 X61.25 Y24.5  
 N89 Y-12.5  
 N91 G91 G28 Z0  
 N92 (6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)  
 N93 T06 M06  
 N94 S5300 M03  
 N95 ( Countersink5 )  
 N96 G90 G54 G00 X-48.25 Y24.  
 N97 G43 Z10. H06 M08  
 N98 G81 G98 R5. Z-5. F530.  
 N99 Y-24.  
 N100 X2.25 Y8.5  
 N101 Y-19.5  
 N102 X24.25 Y24.5  
 N103 Y-12.5  
 N104 X61.25 Y24.5  
 N105 Y-12.5  
 N107 G91 G28 Z0  
 N108 G28 X0 Y0  
 N109 M30



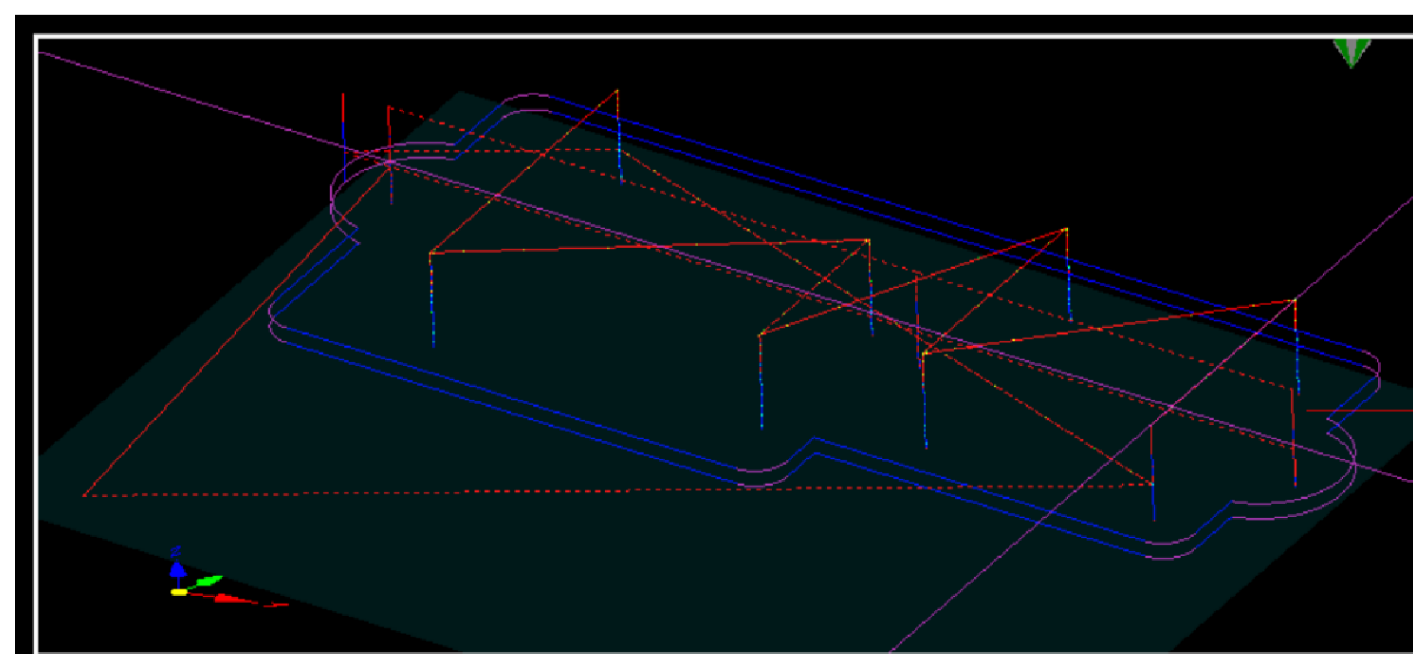
Траекторія руху свердла  
 (Sandvik 860.1-0400-009A1-NM H10F)



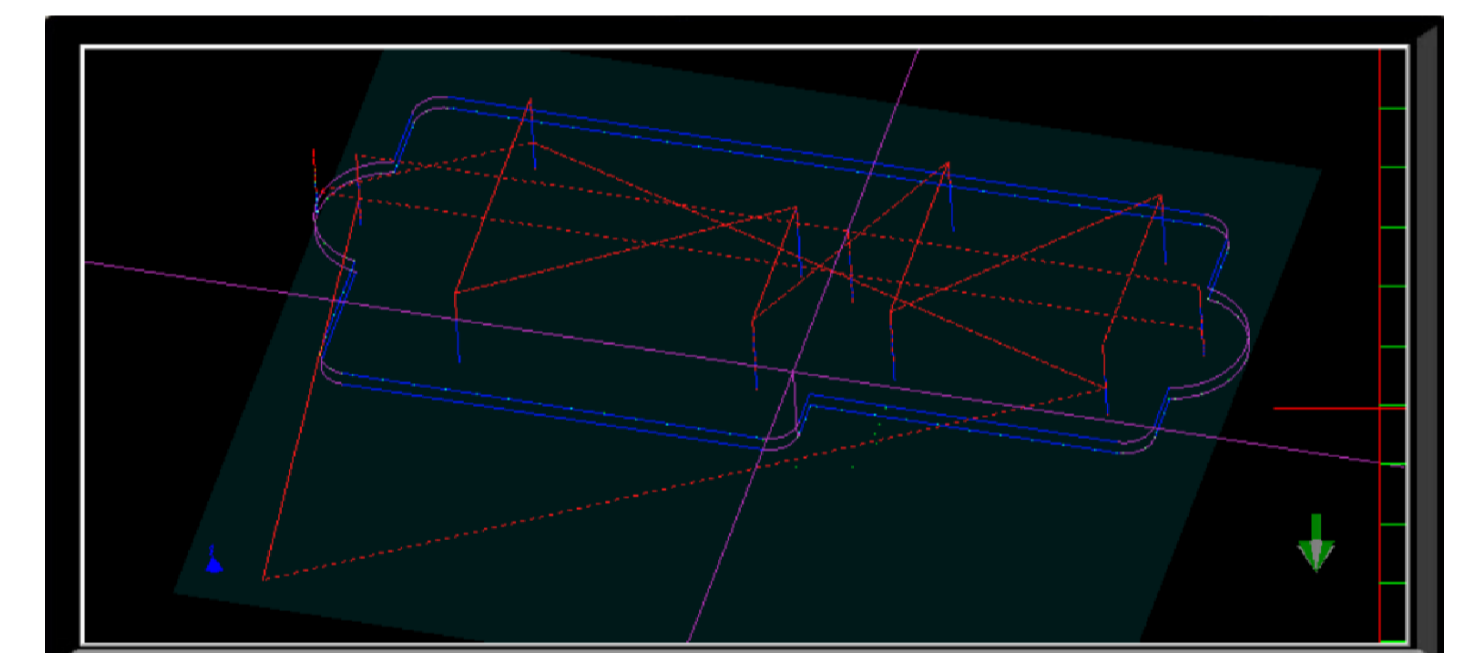
Траекторія руху свердла  
 (Sandvik 860.1-0250-009A1-NM H10F)



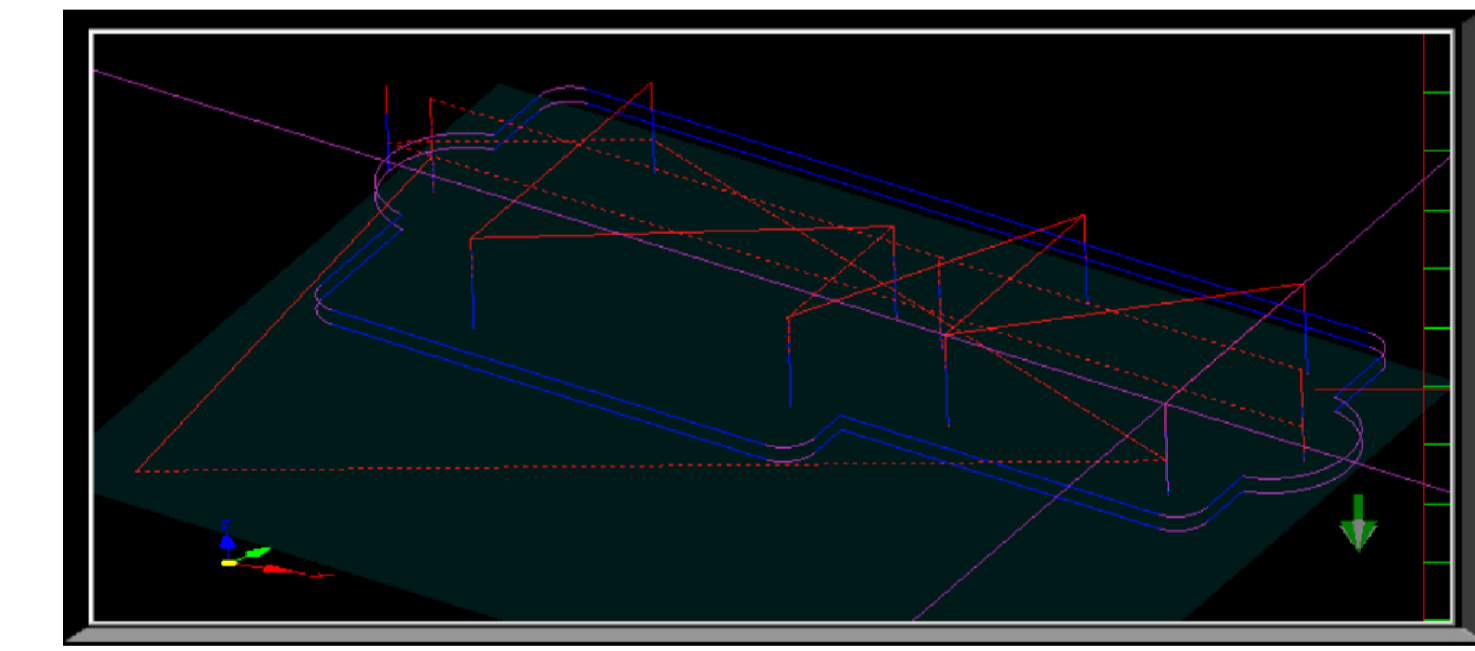
Траекторія руху зенкера  
 (6mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)



Траекторія руху кінцевої фрези  
 (Sandvik 2P340-0500-PA 1630)



Траекторія руху мітчика  
 (Sandvik 860.1-0250-009A1-NM H10F)



				MP.ПМКм-37.07.00.000				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Траекторія руху інструменту	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лобур О.М.					Лист		
Пров.	Лукань Т.В.							
Т. контр.	Лукань Т.В.							
Н. контр.	Лукань Т.В.							
Утв.	Панчук В.Г.							
						ІФНТУНГ ПМКм-21-1		
						1 Копировал		
						Формат А1		