

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
МР.ПМКм-41.00.00.000.ПЗ

Група ПМКм-21-1

Романюк Ярослав

Сергійович

2022

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Романюк Ярослав Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.86/.87, 621.86
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Конструювання 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)

Я.С. Романюк

(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

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Романюку Ярославу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Конструювання 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: креслення складових елементів візка та умови експлуатації маніпулятора; середовище програми 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. Збірне креслення стола – 1 лист А1. 3.

Деталювання – 1 лист А2. 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. Підбір

компонентів -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 _____ Романюк Я.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

“ ___ ” _____ 2022_р.

Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота на тему «Конструювання роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок» складається зі 88 аркушів. До неї входять 103 рисунки, 3 таблиці, 2 додатки. В роботі використано 14 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – Транспортний роботизований візок для деталей і заготовок.

Предмет дослідження – Конструювання роботизованого візка-транспортера деталей і заготовок.

Мета роботи – Конструювання роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок для навчальної лабораторії.

Для проектування конструкції роботизованого візка було проаналізовано його призначення та умови роботи, підбрано кроковий двигун. Були вибрані комплектуючі та в середовищі SolidWorks розроблені конструкції стола та роботизованого візка.

Для виготовлення деталі «Кронштейн» було розроблено технологічний процес, вибрано верстатне обладнання, різальний інструмент, вибрано режими різання та виконана симуляція обробки в середовищі CamWorks.

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

Студент Романюк Я.С.

Summary

Master's thesis on the topic: Design of robotic cart for movement of parts and workpieces. This work consists of 88 sheets. It includes 103 figures, 3 tables, 2 appendices. 14 bibliographic titles were used in the work.

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

The subject of research - Design of robotic cart.

The purpose of the work - Design of robotic cart for movement of parts and workpieces.

To design the robotic cart, its purpose and operating conditions were analyzed, and a stepper motor was selected. The components were selected and the designs of the table and the robotic cart were developed in the SolidWorks environment. For the manufacture of the "Bracket" part, a technological process was developed, machine tools, cutting tools were selected, cutting modes were selected, and machining simulation was performed in the CamWorks environment.

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

Student Romaniuk Ya.S.

Зміст

Вступ.....	10
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	12
1.1 Гнучке автоматизоване виробництво.....	12
1.2 Вибір і обґрунтування міжопераційного транспорту.....	14
1.3 Огляд відомих виробників автоматизованих транспортних засобів.....	15
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Призначення візка.....	24
2.2 Будова візка	25
2.3 Вибір двигуна.....	26
2.4 Будова стола.....	28
2.5 Перелік комплектуючих	29
2.6 Моделювання візка і додаткових компонентів.....	30
2.7 Моделювання стола.....	49
3. ПРОГРАМУВАННЯ ВІЗКА.....	59
3.1 Опис платформи програмування і мікроконтролера	59
3.2 Розробка програми керування візком.....	62
4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	64
4.1 Опис призначення та конструкції деталі.....	64
4.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	66
4.3 Верстатне обладнання.....	67
4.4. Вибір різального інструменту та підбір режимів різання.....	69
4.5 Симуляція обробки деталі в програмі CAMworks.....	75
Висновки.....	87
Список використаних джерел.....	88
Додатки.....	89

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>								
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	<i>Пояснювальна записка</i>								
Розроб.		<i>Романюк Я.С.</i>								Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		<i>Луцькань Т.В.</i>									9		
Рецензент										<i>ІФНТУНГ ПМКМ-21-1</i>			
Затверд.		<i>Панчук В.Г.</i>											

ВСТУП

Науково-технічний прогрес - процес безперервний. Сьогодні ключовими напрямками розвитку власне НТП є наступні: комплексна автоматизація виробництва, що включає розвиток гнучкого автоматизованого виробництва; широке застосування роботів, систем автоматизованого проектування; створення безлюдних виробництв комп'ютеризація на базі мікропроцесорної техніки і широкого спектру електронних пристроїв розвиток енергетики, в першу чергу атомної, а також пошук і використання нових джерел енергії; створення нових засобів транспорту і зв'язку освоєння мембранної, лазерної, плазмової та інших технологій створення і застосування ефективних конструкційних матеріалів (композити, промислова кераміка), швидкий розвиток біотехнології, створення нових продуктів.

Комплексна автоматизація виробництва розглядається як інтегрована система, що охоплює всі його стадії - дослідження, конструювання, технологічну підготовку, організацію виробництва, виготовлення виробів. Високі вимоги до продукції, яка випускається, мають задовольнятися в умовах швидкої змінюваності виробів і зменшення їх серійності, розширення номенклатури при збільшенні загального обсягу продукції, що випускається, скорочення строків від надходження заявки до виготовлення нового виробу. Тому виробництво має бути гнучким, тобто спроможним динамічно, без значних затрат перебудовуватись на випуск нових виробів. Впровадження гнучких виробничих систем (ГВС) дає можливість так організувати виробництво, щоб на наявному обладнанні обробляти досить широкі за номенклатурою групи деталей будь-якими партіями, у будь-який за вимогами складання час при собівартості масового виробництва. Концепція гнучкого виробництва вимагає нового підходу до проектування технологічних процесів і ділянок багатноменклатурного виробництва. Технологія гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ) має специфічні особливості, пов'язані з мінливим характером виробництва, швидкою змінюваністю виробів, що випускаються, застосуванням обладнання з числовим програмним керуванням

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

(ЧПК), автоматизованих транспортних систем, прогресивних технологічних процесів та інструменту.

Одним з найважливіших напрямків прискорення науково-технічного прогресу. підвищення його ефективності є широкомасштабна комплексна автоматизація галузей народного господарства, включаючи створення і впровадження гнучких автоматизованих виробництв, роторно-конвеєрних ліній, промислових роботів, автоматизованого обладнання з вбудованими системами управління. прецизійного обладнання, високоточної вимірювальної техніки, автоматизованих засобів контролю технологічних процесів і технологічного обладнання. забезпечення їх надійності, а також широке використання інтегрованих систем.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Гнучке автоматизоване виробництво

Важливим в умовах обмеженості трудових ресурсів є впровадження гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ), роботизованих комплексів та ін. Відмінною рисою сучасного періоду автоматизації в машинобудуванні є створення гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ), легко перебудовуються на випуск тієї чи іншої продукції. Створення подібних систем стало можливим на базі останніх науково-технічних досягнень, зокрема на використанні керуючих ЕОМ і роботів, оснащених чутливими елементами. [1]

Первинним осередком гнучкого автоматизованого виробництва є гнучкий технологічний модуль - технологічна одиниця, що складається з верстатів і машин з ЧПК, пристрої завантаження і систем забезпечення безперебійної роботи. В якості технологічного модуля можна розглядати обробний центр.

Гнучке автоматизоване виробництво - це кілька гнучких технологічних комплексів, доповнених гнучкими комплексами автоматизованої підготовки виробництва. Гнучкі автоматизовані виробництва володіють значними економічними перевагами. Щоб перейти на виготовлення будь-якої з деталей, доступних технічними можливостями системи, досить програму її обробки ввести в ЕОМ. А якщо ця програма вже занесена в пам'ять, вказати з пульта оператора її шифр. Після цього ЕОМ найкращим чином розподілить роботу між модулями і комплексами, направить потоки деталей від верстата до верстата по найвигіднішому шляху, забезпечить синхронність всіх операцій.

Відмінною рисою сучасного періоду автоматизації в машинобудуванні є створення гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ), які легко перебудовуються на випуск тієї чи іншої продукції. Створення подібних систем стало можливим на базі останніх науково-технічних досягнень, зокрема на використанні керуючих ЕОМ і роботів, оснащених чутливими елементами.

Первинним осередком гнучкого автоматизованого виробництва є гнучкий

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

технологічний модуль - технологічна одиниця, що складається з верстатів і машин з ЧПК, пристрої завантаження і систем забезпечення безперебійної роботи. В якості технологічного модуля можна розглядати обробний центр.

Гнучкі автоматизовані виробництва володіють значними економічними перевагами. Щоб перейти на виготовлення будь-якої з деталей, доступних технічними можливостями системи, досить програму її обробки ввести в ЕОМ. А якщо ця програма вже занесена в пам'ять, вказати з пульта оператора її шифр. Після цього ЕОМ найкращим чином розподілить роботу між модулями і комплексами, направить потоки деталей від верстата до верстата по найвигіднішому шляху, забезпечить синхронність всіх операцій.

Тип виробництва визначає рівень витрат. Витрати часу в безперервних виробництвах, як правило, нижче, ніж в дискретних. Із застосуванням робототехнічних комплексів (РТК), гнучких виробничих систем (ГВС), переналагоджуваних автоматизованих ліній (ПАЛ), гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ), в безперервних виробництвах істотно скорочується використання живого праці. Це дозволяє економити на заробітній платі, питома вага якої в виробничих витратах висока, підвищувати ефективність виробництва, що в свою чергу збільшує платоспроможність підприємства.

Виконання великих завдань виробничого управління вимагає великих трудових витрат, високої чіткості і організованості роботи на всіх рівнях цього виду управління. Цей вид управління на сучасних підприємствах піддається систематичному удосконаленню шляхом впровадження технологічних процесів, побудованих на принципах гнучкого автоматизованого виробництва, в основі якого лежить використання верстатів з числовим програмним управлінням, промислових роботів та інших механізмів, що функціонують у складі автоматизованих ліній під управлінням ЕОМ. Це дозволяє перебудовувати такі лінії, ділянки, цехи зміною комплексів керуючих програм з єдиного центрального пульта управління і забезпечувати випуск серійних, дрібносерійних і одиничних виробів дискретними партіями, номенклатура і обсяг яких можуть часто змінюватися в часі.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2 Вибір і обґрунтування міжопераційного транспорту

Важливим завданням у справі забезпечення безперервної роботи підприємства є покращення організації та використання однієї з основних ланок у виробничому процесі - заводського транспорту. Заводський транспорт - це сукупність транспортних засобів, споруд та шляхів повідомлення, які перебувають у віданні підприємства і які призначені для обслуговування виробництва.[2]

Цех внутрішньозаводського транспорту є самостійним структурним підрозділом заводу. У цеху знаходяться електрокари, електронавантажувачі, моторолери.

Внутрішній цеховий транспорт, призначений для виконання транспортних операцій у межах цеху. У свою чергу він підрозділяється на міжопераційний і цеховий. Основне призначення міжопераційного транспорту це забезпечення зв'язку між окремими робочими місцями.

Вибір виду транспорту залежить від типу організації виробництва, від габаритів і маси виробу.

Якщо габарити деталі не вимагають спеціальної тари, то як міжопераційний транспорт використовують вози, їх кількість залежить від умов виробництва.

За напрямом переміщення вантажів внутрішній транспорт поділяється на: горизонтальний (транспортери, рольганги), вертикальний (підіймачі, ліфти), горизонтально-вертикальний (автонавантажувачі, крани-балки, мостові крани), похилий (канатні і монорельсові дороги). Їх можна розділити на дві основні групи: стаціонарні транспортні пристрої; рухомі транспортні засоби.

До стаціонарних належать транспортні пристрої, за допомогою яких продукти виробництва переміщуються у визначених (горизонтальному, вертикальному або похилому) напрямках (конвеєри, трубопроводи, транспортери різноманітних видів, жолоби, лотки, сковзала).

До пересувних належать транспортні засоби, що виконують або вертикальні транспортування (підіймачі), або горизонтальні переміщення (візки, електрокари, автомобілі, автонавантажувачі тощо).

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Внутрішній цеховий транспорт, призначений для виконання транспортних операцій у межах цеху. У свою чергу він підрозділяється на міжопераційний і цеховий. Основне призначення міжопераційного транспорту це забезпечення зв'язку між окремими робочими місцями.

Вибір виду транспорту залежить від типу організації виробництва, від габаритів і маси виробу.

Якщо габарити деталі не вимагають спеціальної тари, то як міжопераційний транспорт використовують вози, їх кількість залежить від умов виробництва.

За напрямом переміщення вантажів внутрішній транспорт поділяється на: горизонтальний (транспортери, рольганги), вертикальний (підіймачі, ліфти), горизонтально-вертикальний (автовантажувачі, крани-балки, мостові крани), похилий (канатні і монорельсові дороги). Їх можна розділити на дві основні групи: стаціонарні транспортні пристрої; рухомі транспортні засоби.

До стаціонарних належать транспортні пристрої, за допомогою яких продукти виробництва переміщуються у визначених (горизонтальному, вертикальному або похилому) напрямках (конвеєри, трубопроводи, транспортери різноманітних видів, жолоби, лотки, сковзала).

До пересувних належать транспортні засоби, що виконують або вертикальні транспортування (підіймачі), або горизонтальні переміщення (візки, електрокари, автомобілі, автовантажувачі тощо).

1.3 Огляд відомих виробників автоматизованих транспортних засобів

Автоматизованих складів стає все більше. Впровадження роботів у систему управління складом дозволяє ефективніше використовувати персонал і техніку. Сучасних роботів, що використовуються для автоматизації складських процесів, поділяють на дві групи: промислові та колаборативні.[3]

Промислові роботи – це програмовані машини, що замінюють ручну працю при складних повторюваних діях. Така техніка обладнана датчиками обліку даних у реальному часі. На складах цей тип представлений підймальними механізмами та

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

автоматичними транспортерами.



Рис. 1.1 Роботизований склад майбутнього.

Колаборативні роботи (коботи) являють собою кооперацію людини і машини. Ці пристрої виконують певні дії разом з людиною. Одна з переваг коботів – можливість програмування, щоб техніка могла працювати автономно або під управлінням людини. У складській сфері коботи представлені маніпуляторами для переміщення вантажів і пакувальними машинами.

Роботів на складах застосовують для автоматизації наступних процесів.

- Обслуговування стелажів. Навантаження й розвантаження продукції у місцях зберігання здійснюється за допомогою підйимально-транспортних засобів: палетних шатлів, штабелерів і маніпуляторів.
- Транспортування вантажів. Конвеєри, конвеєрні системи для палет (рейкові, роликові, підвісні) або автоматично керовані транспортні засоби (AGV) переміщують вантажі з одного місця в інше у самому складі або між складом і виробництвом.
- Комплектація замовлень. Колаборативні роботи на складах здійснюють автоматичну або напівавтоматичну комплектацію замовлень. До цього типу належать маніпулятори для обробки значних вантажів, пакувальні машини, що

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

здатні розрахувати й підготувати матеріал для пакування продукції певного виду, різноманітні роботи-комплектувальники, а також механічні екзоскелети, що адаптуються до рухів носія і скорочують фізичні зусилля при виконанні рухів.

Залежно від функціональних здібностей складські роботи поділяються на такі різновиди:

1. Візки. Вони призначені для переміщення вантажів по складу. Здатні знімати товари з конвеєрної стрічки, розподіляти по стелажах та контейнерах, здійснювати вантажно-розвантажувальні роботи.

2. Палетайзери, штабелери. Це автоматичні маніпулятори для складування товарів у палетах.

3. Сортувальники. Вони особливо популярні при онлайн-торгівлі, тому що здатні формувати замовлення. Сучасні апарати оснащені системою технічного зору.

4. Робочар або буксирувальники. Вони забезпечують транспортування вантажів на значні відстані за заданою програмою.

5. Дрони. Складські безпілотники необхідні для обслуговування приміщень з високими стелями.

Класифікація за ступенем автоматизації:

1. Транспортні засоби з автоматичним керуванням (AGV). Вони використовуються прості системи датчиків. У разі виявлення перешкод вони зупиняються, подальші маневри здійснюються за командою оператора.

2. Повністю автоматичні мобільні апарати (AMR). Вони оснащуються бортовими комп'ютерами, які здатні самостійно аналізувати сигнали численних датчиків. Такі пристрої пересуваються без участі людини, самі оминають перешкоди та обирають маршрут проходження.

В даний час ціла низка компаній займаються виготовленням складських роботів. Вони мають різні технічні параметри та функціональні можливості.[4]

Для забезпечення пересування роботів по складу використовуються різні навігаційні технології:

1. Магнітна стрічка. Відповідна розмітка наноситься на підлогу.

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. Провід прокладений на стінах або в підлозі.
3. Лідари (LIDAR). Це технологія дистанційного зондування за допомогою лазерного імпульсу. Створюється можливість формування 3D-моделей та карт об'єктів.
4. Оптична навігація. Спеціальні датчики забезпечують технічний зір для орієнтації у приміщенні.
5. Штучний інтелект. Застосовуються інноваційні методи навігації, що дозволяють роботам приймати рішення про зміну маршруту самостійно.

Залежно від використовуваних роботів та наявності загальної системи різняться кілька рівнів автоматизації складів:

1. Повна автоматизація. Такому складі всі операції забезпечуються без участі людини.
2. Cobotics. На складі працюють роботи, але їх діями керує оператор.
3. Co-biotics. Складська логістика забезпечується кількома роботами різного типу. Вони здатні взаємодіяти між собою автономно. Оператор здійснює контроль роботи автоматів та забезпечує технічне обслуговування.

Складські роботи Amazon

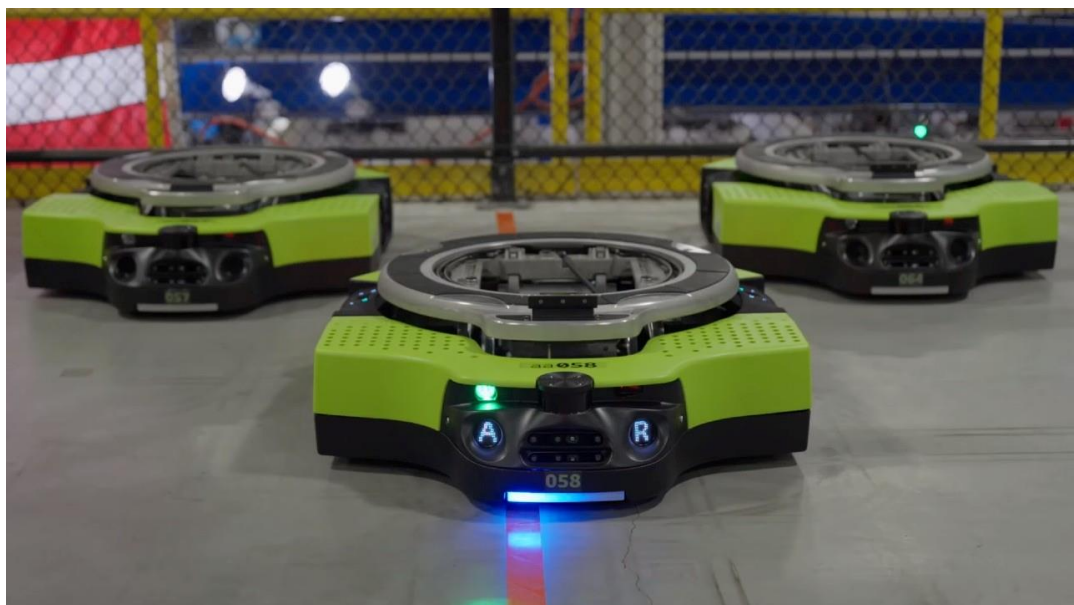


Рис.1.2 Роботи-візки Amazon

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Найбільший у світі інтернет-магазин має у своєму розпорядженні понад 200 000 роботів, вони залучені на складах 180 країн. Розробкою автоматизованих систем для гіганта займається власна компанія *Amazon Robotics* (раніше KivaSystems), що перейшла у власність корпорації у 2012 році. [5]

Роботизований склад Amazon використовує системи для автоматичного транспортування товарів. По складу товари переміщуються за допомогою конвеєрів і навантажувачів, що керуються людиною. Зберігаються товари на переносних полицях. Після того, як продукт вноситься в базу даних, система направляє до нього безпілотного робота. Робот підіймає полку з товаром і транспортує її до оператора, який обирає потрібний продукт. Складські роботи переміщуються по комплексу, орієнтуючись за QR-кодами на підлозі. Датчики запобігають зіткненню роботів між собою. Роботи здатні самостійно заряджатися.

Компанія представила свого першого повністю автономного робота *Proteus*, призначеного для перевезення візків на складах. Amazon зазначає, що пристрій може самостійно переміщатися у приміщенні та не заважати співробітникам складу. На опублікованому відео можна побачити, що Proteus світить перед собою зеленим променем; якщо людина потрапляє до зони свічення, то робот зупиняється. Пристрій продовжує рух після того, як людина відійде.

Разом із Proteus компанія анонсувала роботизовану руку *Cardinal*, яка може піднімати та переміщати предмети вагою до 22 кілограм. Штучний інтелект допомагає роботу знаходити потрібні посилки в купі, навіть якщо вони завалені іншими предметами. Таку систему компанія сподівається розгорнути на складах до кінця 2023 року.

Також Amazon анонсувала систему, що дозволяє працівникам складів відмовитися від ручних сканерів штрих-кодів. Замість сканера на робочому місці вбудована камера зі швидкістю запису 120 кадрів за секунду. Камера на ходу розпізнає упаковки, сканує коди та звіряє їх із базою. При цьому співробітнику не треба зупинятися та відволікатися від робочого процесу.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

В даний час Amazon тестує чотири нові складські роботи. Два з них Ernie і Bert можуть з'явитися в центрах обробки замовлень вже найближчим часом.

Ernie допомагає прибирати предмети з роботизованої полиці. За словами Amazon, його використання не дає економію часу, але дозволяє зробити роботу безпечнішою для співробітників.

Bert — один із перших автономних мобільних роботів (AMR) Amazon, створених для самостійної навігації по об'єктах, навіть коли там переміщуються робітники. На відміну від інших роботів, Bert може працювати не лише в обмеженому просторі, за його допомогою можна переміщати вантажі по всьому об'єкту компанії. Amazon заявила, що Bert з часом зможе переміщати більш важкі предмети.

Scooter і *Kermit* — два інших AMR для перевезення вантажів. Amazon повідомила, що ці роботи зможуть перевозити замість робітників порожні піддони між об'єктами, взявши на себе виконання фізично важкої роботи. Kermit все ще перебуває на стадії розробки, але вже цього року він з'явиться як мінімум на десяти об'єктах компанії. У свою чергу тестування Scooter буде цього року обмежено одним об'єктом.

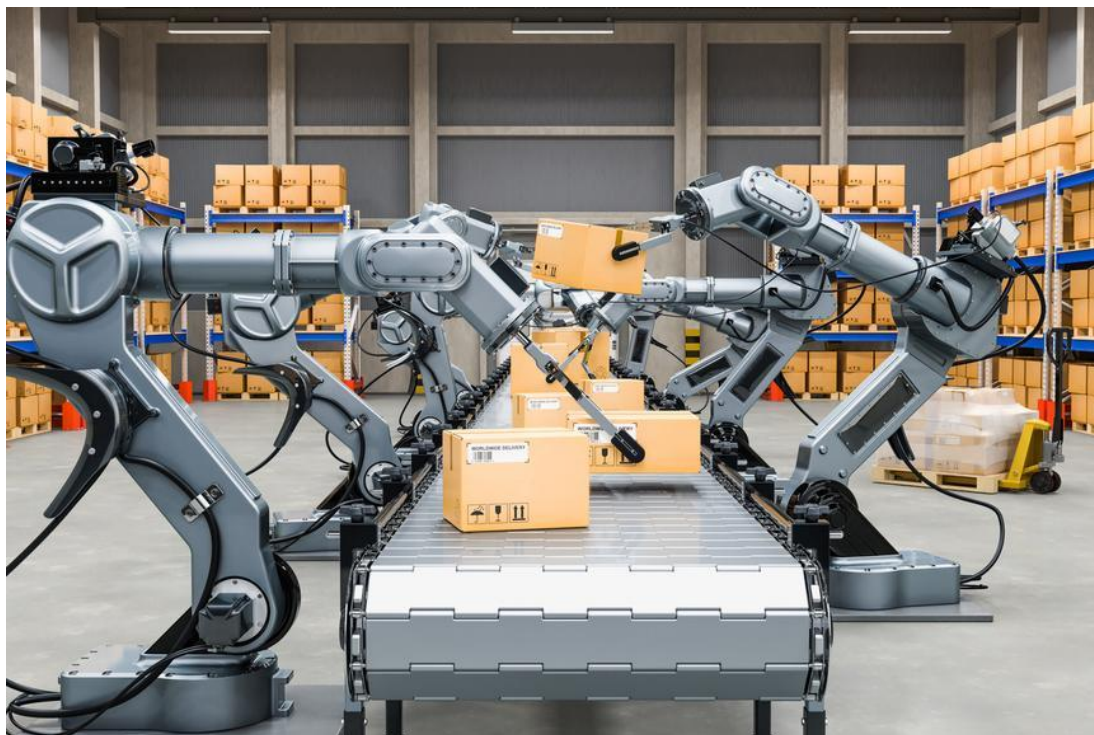


Рис.1.3 Роботизований склад Amazon

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

Роботи на складах від Cainiao

Cainiao, або China SmartLogistics Network, – китайська логістична компанія групи Alibaba, що доставляє товари по території Китаю за 24 години, а по всьому світу – за 72. Компанія володіє 30 складами загальною площею 1,7 млн м². Склад у Хойяні провінції Гуандун використовує для переміщення вантажів безпілотних роботів, розроблених Quicktron Intelligent Technology. Маневрові роботи здатні обертатися на 360 ° і переміщати вантажі вагою до 500 кг. Уникнути зіткнення дозволяє вбудована система лазерів. Комунікація з оператором і отримання завдань здійснюється через Wi-Fi. Якщо акумулятор розряджається, робот може поповнити запаси енергії автоматично. Як повідомляє компанія, безпілотні складські роботи дозволили скоротити працю персоналу на 70%. [6]

Роботизація складів Ocado

Ocado – найбільший онлайн-ритейлер продовольчих продуктів з Великобританії. Центр дистрибуції в Андовері щотижня обробляє 65 000 замовлень. Особливість автоматичної системи в тому, що роботи пересуваються рейками над осередками з товаром уздовж спеціальної розмітки у вигляді сітки. Їх пересування регулює система контролю трафіку на основі 4G, що дозволяє уникнути зіткнення. Роботи розвивають швидкість 4 м/с. Зарядка акумуляторів відбувається автоматично у спеціальних відсіках. Роботи привозять ящики з продуктами до станцій сортування, де згодом робот або людина формує замовлення. Порожні осередки роботи заповнюють новими продуктами.



Рис. 1.4 Роботизований склад Ocado

					<i>МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Роботизований склад Sagawa X-Frontier

Sagawa Global – одна з найбільших логістичних компаній Японії. Новий склад в Токіо Sagawa X-Frontier являє собою сучасний автоматизований комплекс. За допомогою армії роботів і систем штучного інтелекту компанія управляє складськими запасами, організовує простір в складських приміщеннях, транспортує вантажі між будівлями і навіть приносить замовлення безпосередньо співробітникам, які працюють на складі.

Опис складських роботів DHL

Логістична компанія ***DHL*** з 2020 року використовує роботи свого партнера, американського розробника автономних мобільних роботів LocusRobotics. Так звані Locus-боти вже застосовуються на десятках складів у Північній Америці. Роботи здатні самостійно пересуватися, знаходити необхідні товари й доставляти їх співробітникам. Таким чином компанія скорочує час виконання повторюваних або фізично складних завдань.[7]



Рис. 1.5. Складські роботи DHL

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Табл 1.1 Особливості застосування складських роботів

Компанія	Розташування складу	Автоматизація процесу	Особливості системи
Amazon	Філіали по всьому світу	Транспортування вантажів	Безпілотні роботи доставляються товари операторам. Управління рухом за допомогою QR-кодів на підлозі.
Cainiao	Хойян, Китай	Транспортування вантажів	Мобільні роботи-постачальники товарів. Управління через Wi-Fi.
Ocado	Андовер, Великобританія	Транспортування вантажів, комплектація замовлень	Переміщення за сіткою. 4G-технологія контролю трафіку. Доставляють товар оператору. Додають товар в осередках.
Sagawa X-Frontier	Токіо, Японія	Транспортування вантажів, комплектація замовлень	Безпілотні роботи, трафік регулюється за допомогою QR-кодів на підлозі.
DHL	Північна Америка	Транспортування вантажів, комплектація замовлень	Роботи доставляють товар співробітникам, які згодом вносять його за допомогою QR-кодів у систему.

Завдання організації раціонального транспортування вантажів полягає в тому, щоб із сукупності транспортних засобів відібрати такий, що найкраще відповідає умовам та вимогам майбутньої роботи. Критеріями такого вибору можуть бути не лише відповідність вимогам виробництва, а й економічність транспортних засобів, надійність роботи та вимоги техніки безпеки.

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2. КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА

2.1 Призначення візка

Візок призначений для транспортування об'єктів у горизонтальному положенні. Деталі завантажуються на поверхню візка, наявність вантажу визначається за допомогою інфрачервоних датчиків, які встановлені горизонтально на поверхні візка. Розташування візка відносно роботів-маніпуляторів контролюється за допомогою кінцевих датчиків, встановлених навпроти кожного робота.

2.2. Будова візка

Візок складається із стандартних верстатних профіль 20x80 (1) і 20x20 (2), які з'єднані за допомогою стандартних кутників 2028 (3), на профілі кріпляться всі елементи за допомогою пазових сухарів під болт М4 і болтів DIN 912 М4 (4). В отвір в профілі 20x20 встановлюємо вісі (5), на які встановлюються пластикові колеса шківні (6), за допомогою яких платформа рухається зверху по профілях 20x20-V. На готову платформу встановлюємо кронштейн для двигуна (7), до якого кріпимо кроковий двигун NEMA 17 (8), на вал якого встановлено зубчасте колесо (9). Колесо входить в зачеплення із зубчастою рейкою, яка встановлена вздовж однієї із напрямних стола. Для керування роботою візка під ним встановлено платформу для плат керування (10), на яку через шайби (17) встановлено плату керування Arduino UNO (11) і драйвер крокового двигуна L298N (12). Зверху на столі встановленні два інфрачервоні датчики обходу перешкод (15), які встановленні на кронштейни для кріплення датчиків (14). Датчики закріплені за допомогою болтів М3 DIN 912 (12) і пазових сухарів 20x20 М3 (16).

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

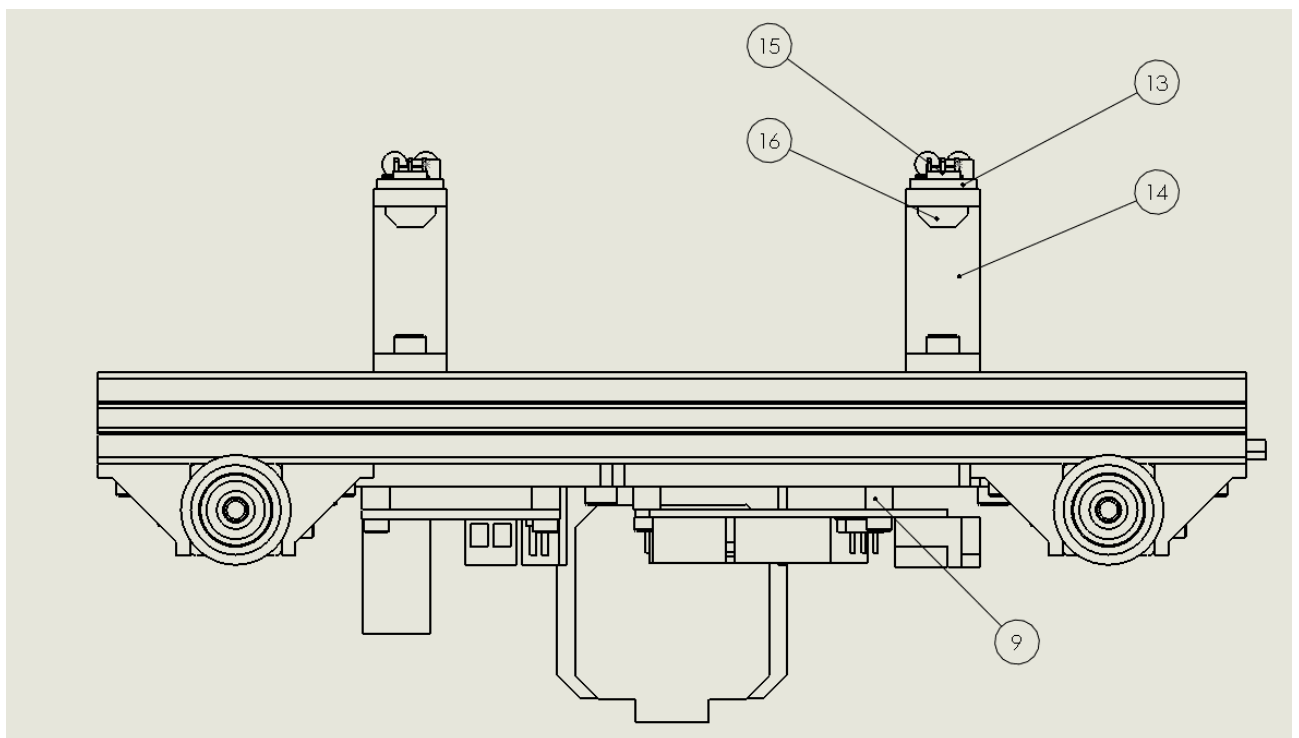
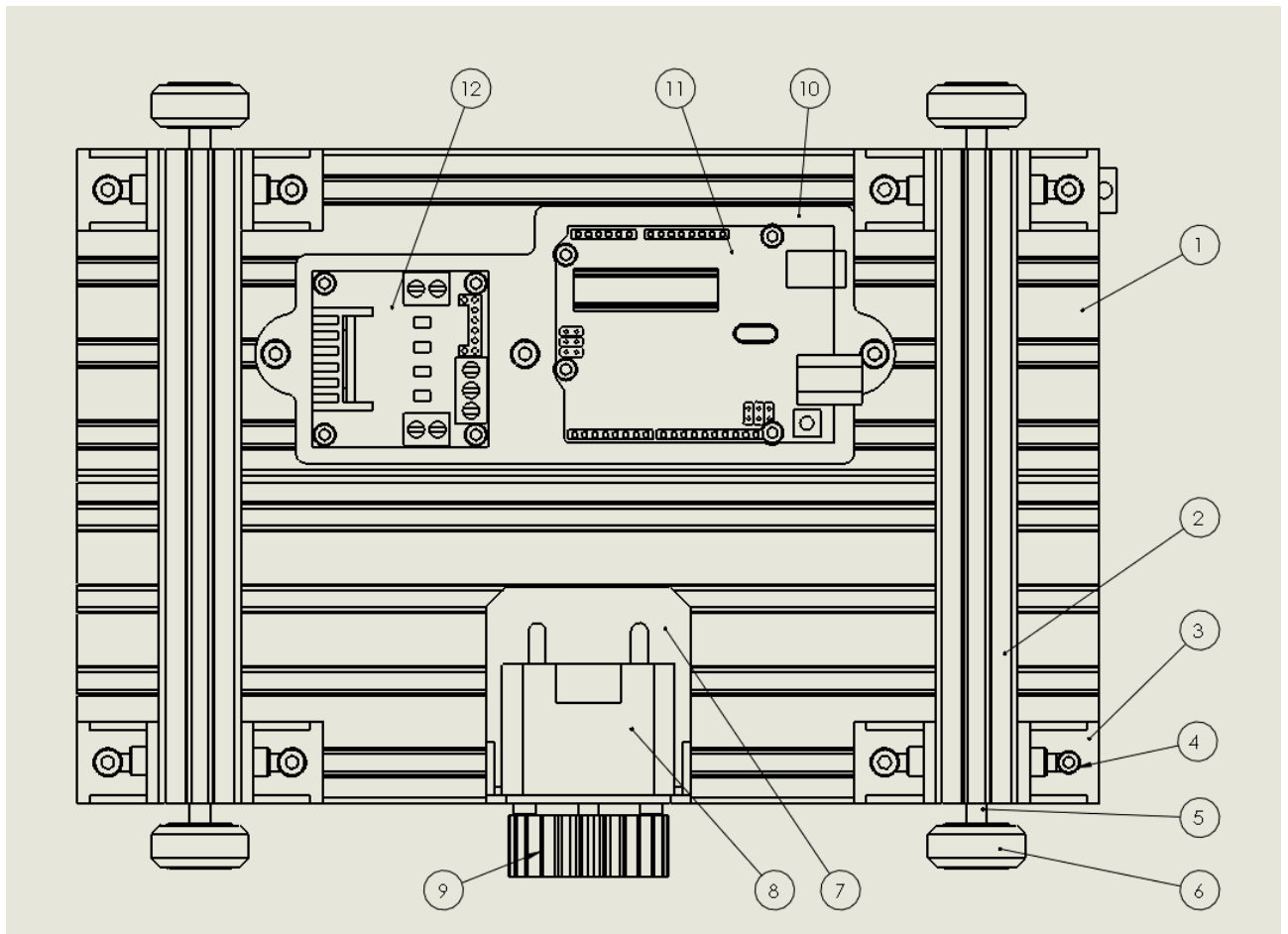


Рис 2.1. Будова візка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

25

2.3 Вибір двигуна

Розглянемо зачеплення шестерня-рейка. [7]

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:

Модуль пружності сталі передачі Зубчасте колесо-рейка

$E=215000$ МПа.

Коефіцієнт Пуассона сталі $\mu=0,3$.

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

Величина безрозмірного коефіцієнта ширини зубчастого вінця шестерні для прямозубої передачі $\beta=0^\circ$.

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

$F =$	<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 2.2 . Ввід даних

КПД передачі буде 100%, оскільки шестерня розташована на валу двигуна, редуктор відсутній.

$\rho =$	4.712 мм
$M_2 =$	0.44 Нм
$M_1 =$	0.44 Нм

Рис 2.3 . Отримані характеристики крокового двигуна

P - крок зубів рейки і шестерні

M_2 – Необхідний момент на редукторі

M_1 – Необхідний момент на валі двигуна

На сайті компанії Cudvices вибираємо кроковий двигун за вказаними характеристиками.

MODEL	step angle	current/ phase	resistance/ phase typ ($\Omega \pm 10\%$)	Inductance /phase typ (mH $\pm 20\%$)	max holding torque (oz-in)	max optimal speed (RPS)	body length 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 2.4. Список двигунів із каталогу Cudvices

Вибираємо двигун: NEMA17-16-06PD-AMT112S

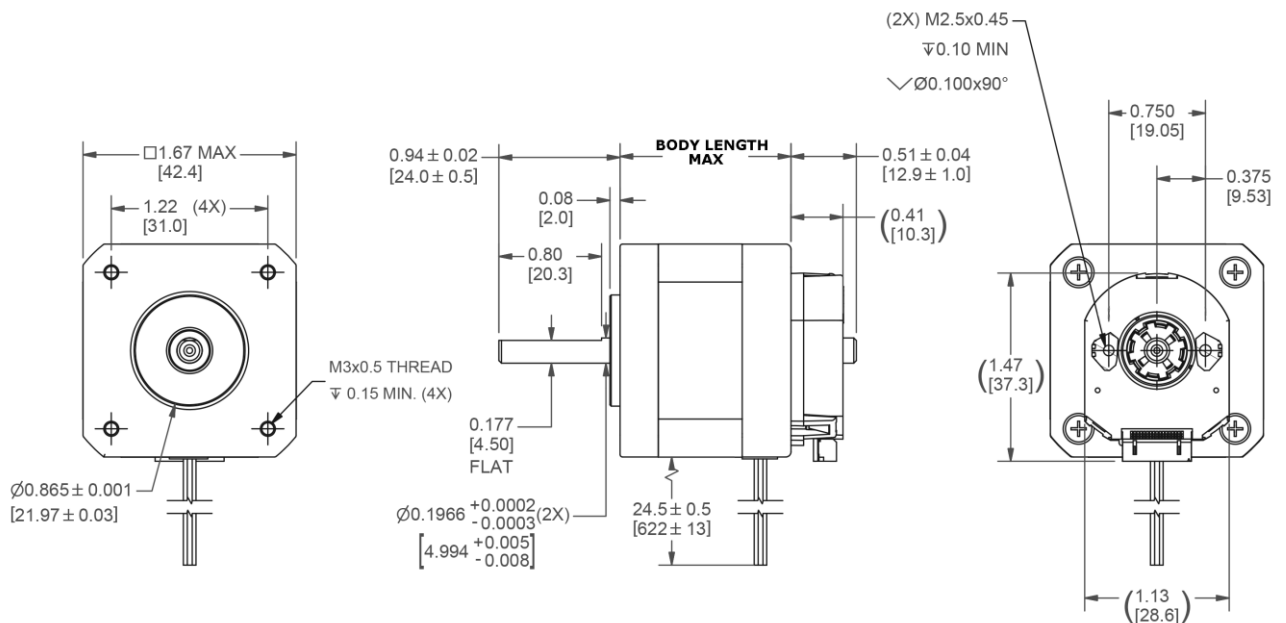


Рис 2.5. Креслення крокового двигуна NEMA 17

2.4 Будова стола

Основою стола є профіль 20x60 (2) довжиною 2000мм, на який встановлено два профіля 20x20-V (1), по яким рухаються колеса візка. Напрямні кріпляться до основи за допомогою планок (6), які, в свою чергу, кріпляться за допомогою болтів DIN 912 M4 і пазових сухарів. Стіл стоїть на шістьох опорах (3), які закріплюються за допомогою кутників (5) до основи стола (2), і між якими встановлено шість поперечин. Вздовж однієї із напрямних встановлено зубчасту рейку (6), яка входить в зачеплення із зубчастим колесом, встановленим на валу двигуна візка. Вздовж зубчастої рейки встановлено три механічних кінцевих вимикача (7), які встановлені на кронштейн (8).

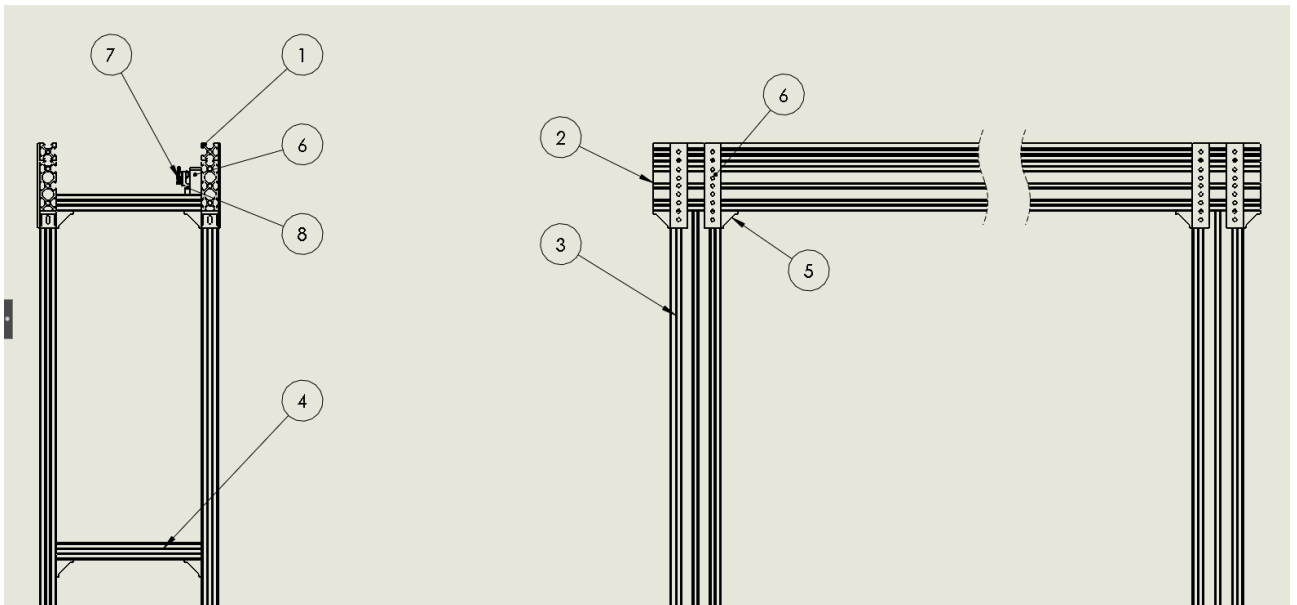


Рис 2.6. Будова стола

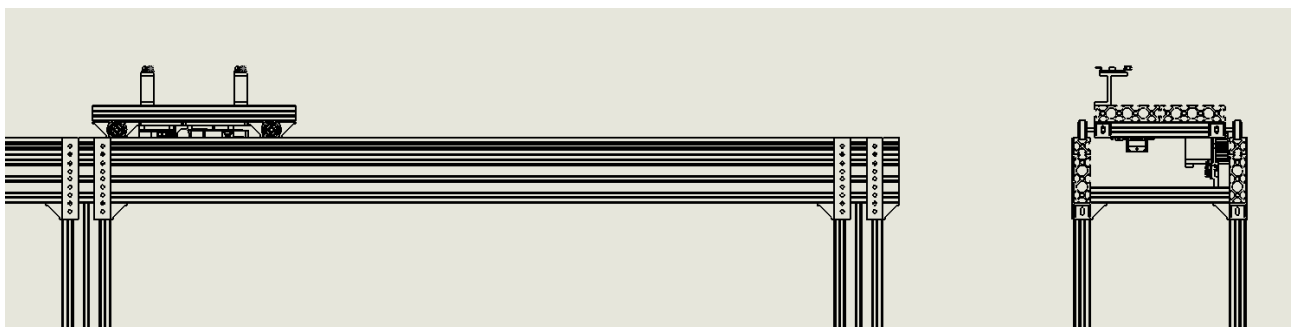


Рис 2.7. Схема встановлення візка на стіл

					MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.5 Перелік комплектуючих

1. Arduino UNO
2. L298N
3. Блок живлення для двигуна і плат керування
4. Болт DIN 912 M3.
5. Болт DIN 912 M4.
6. Гайка M3.
7. Гнучкий кабель канат
8. Інфрчервоний датчик обходу перешкод
9. Кроковий двигун NEMA 17
10. Кронштейн для кріплення інфрчервоного датчика обходу перешкод.
11. Кронштейн для кріплення крокового двигуна NEMA 17
12. Кронштейн для кріплення механічного кінцевого вимикача .
13. Кронштейн для кріплення профіля 20x20-V.
14. Кутник для верстатних профілях 2028.
15. Механічний кінцевий вимикач
16. Пазовий сухар M3.
17. Пазовий сухар M4.
18. Платформа для кріплення плат керування
19. Шайба для кріплення плат керування
20. Профіль верстатний 20x20 L=160мм.
21. Профіль верстатний 20x20-V L=2000мм.
22. Профіль верстатний 20x60 L=171мм.
23. Профіль верстатний 20x60 L=2000мм.
24. Профіль верстатний 20x60 L=800мм.
25. Профіль верстатний 20x80 L=250 мм.
26. Стандартний кронштейн для кабель канату

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		29

2.6 Моделювання візка і додаткових компонентів

Спочатку будує ескіз верстатного профілю 20x20, який в подальшому буде використовуватись для побудови усіх інших ескізів для верстатних профілів.

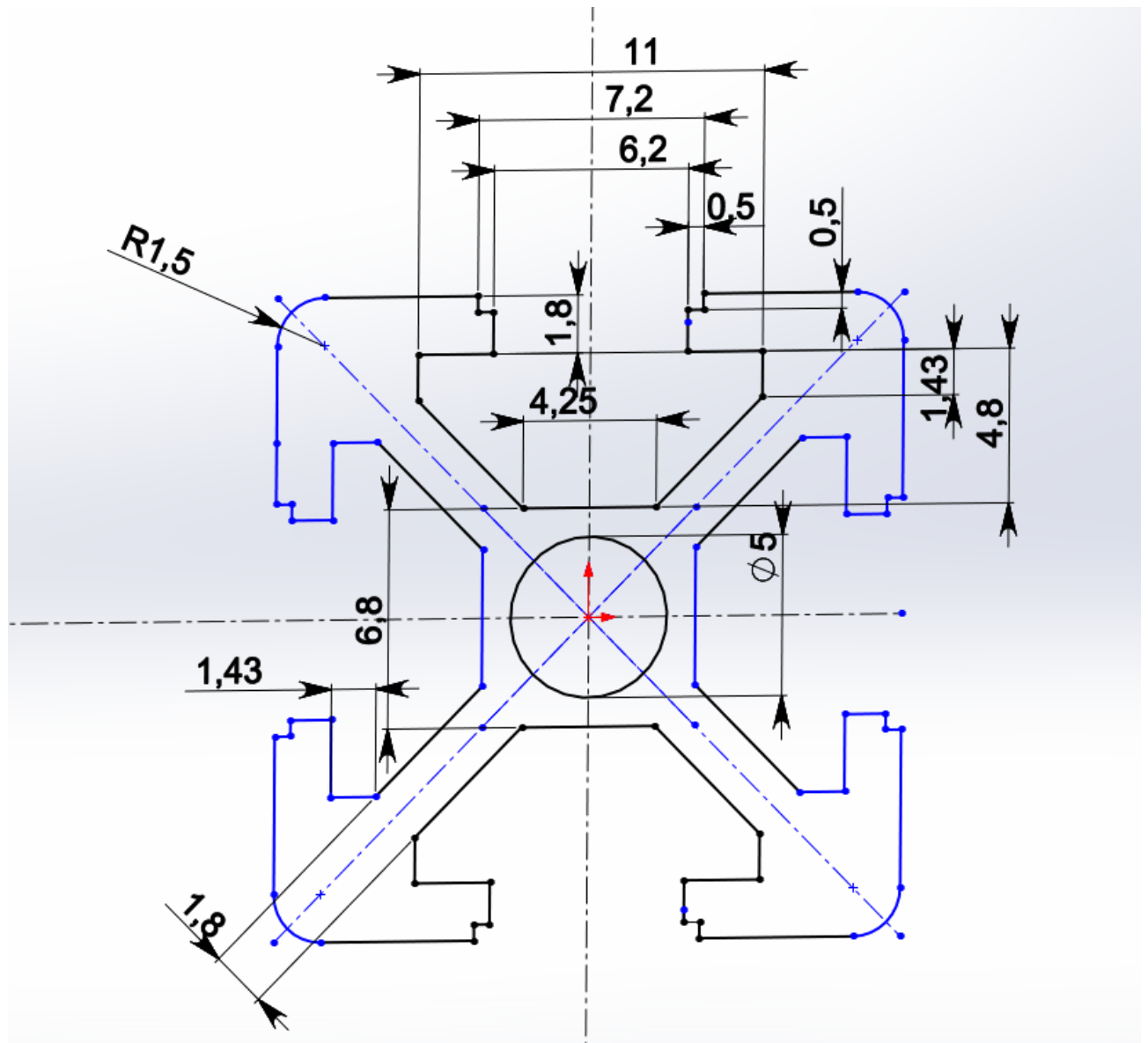


Рис 2.8. Ескіз верстатного алюмінієвого профіля 20x20

За допомогою функції Extruded Boss/Base витягну профіль ескіза на довжину 160мм.

Отриманий готовий профіль зберігаю в папку із компонентами для візка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

30

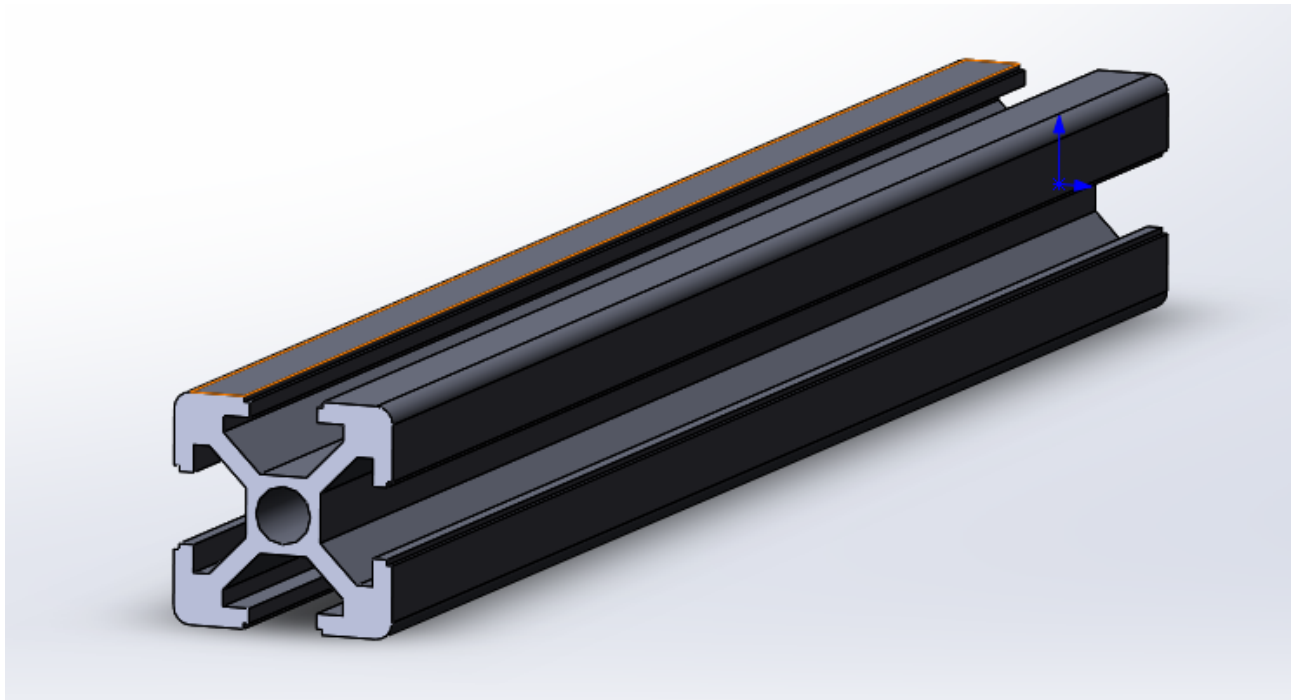


Рис 2.9. 3D-модель верстатного алюмінієвого профіля 20x20

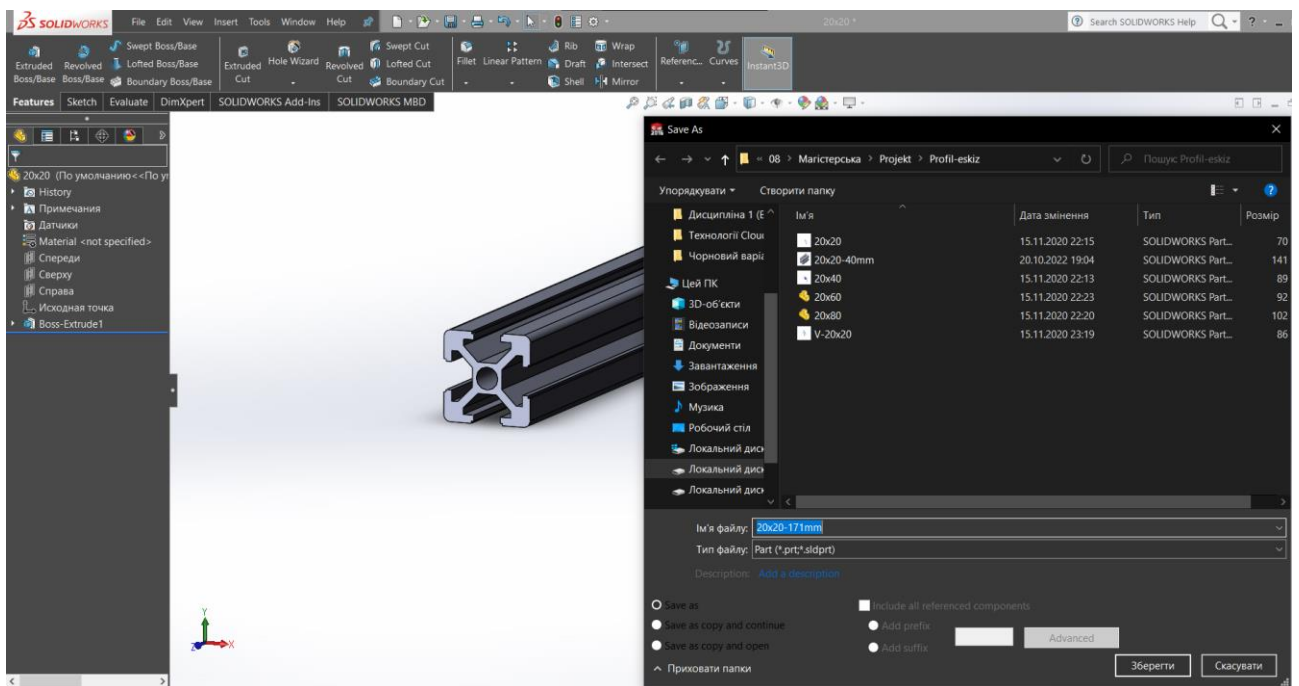


Рис 2.10. Зберігання профіля

Наступним кроком модифікуємо попередній ескіз.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

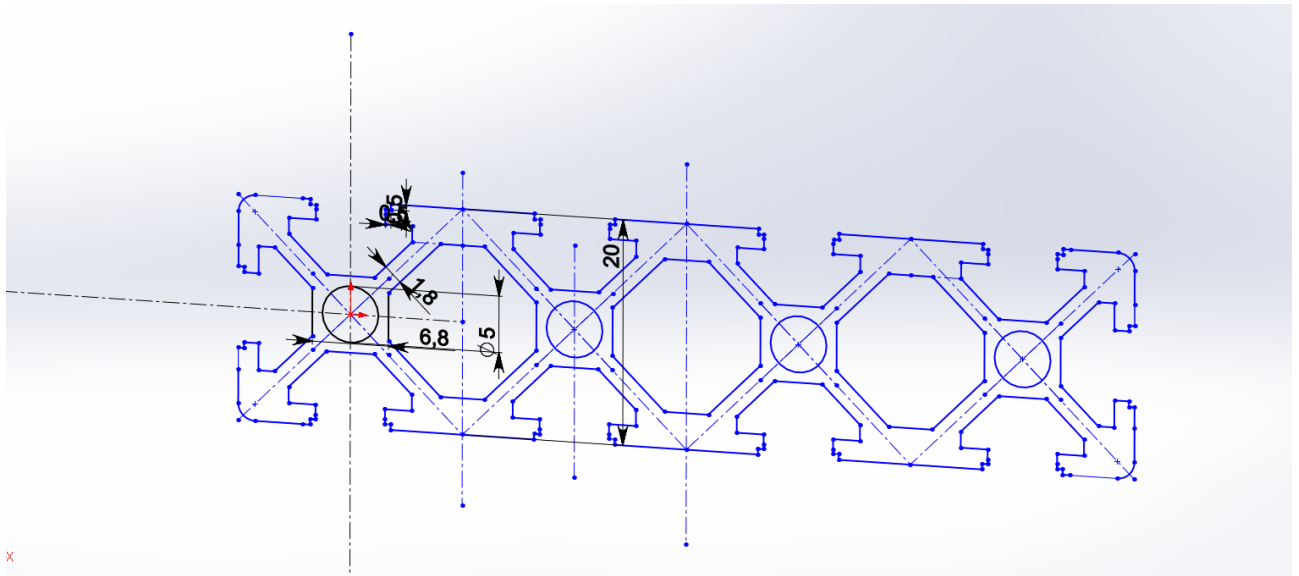


Рис 2.11. Ескіз верстатного алюмінієвого профіля 20x80

На отриманому ескізі застосовуємо функцію Extruded Boss/Base і витягуємо його на довжину 250мм.

Додаємо отриманий файл до бібліотеки готових деталей

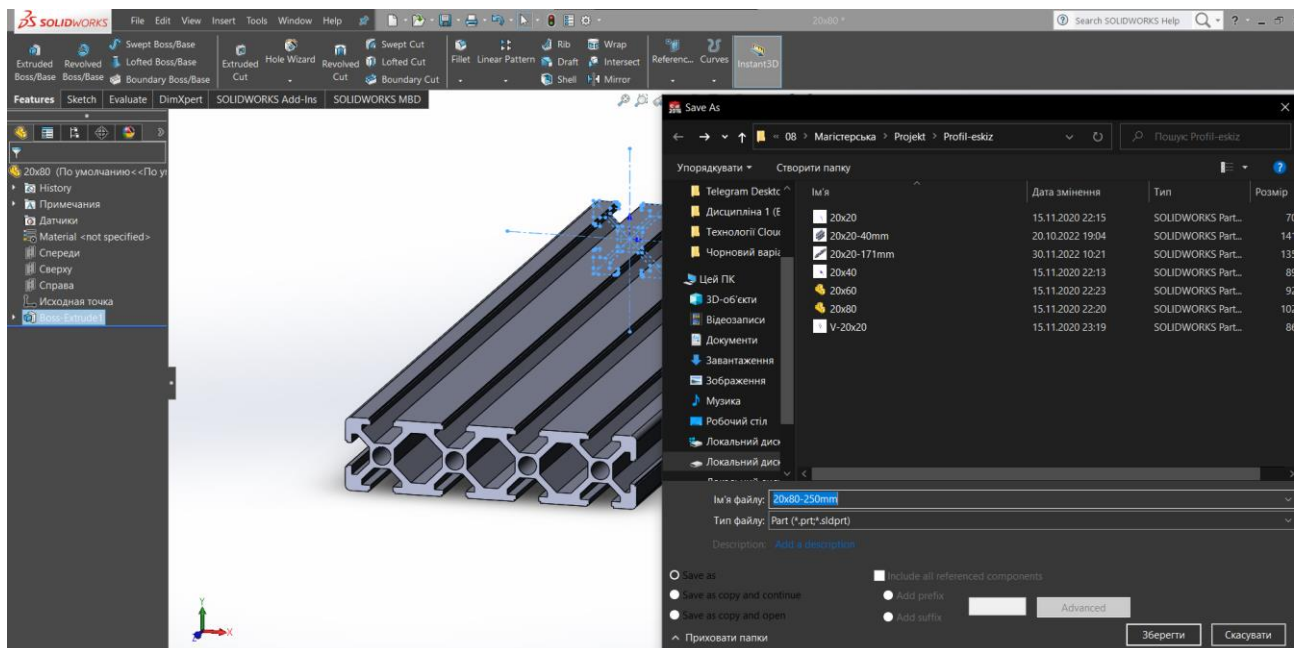


Рис 2.12. Зберігання верстатного алюмінієвого профіля 20x20

Для того щоб скріпити деталі, створюємо кутник, сухарі, а болти можна створити окремо, або при збірці вибрати уже готовий із бібліотеки Toolbox

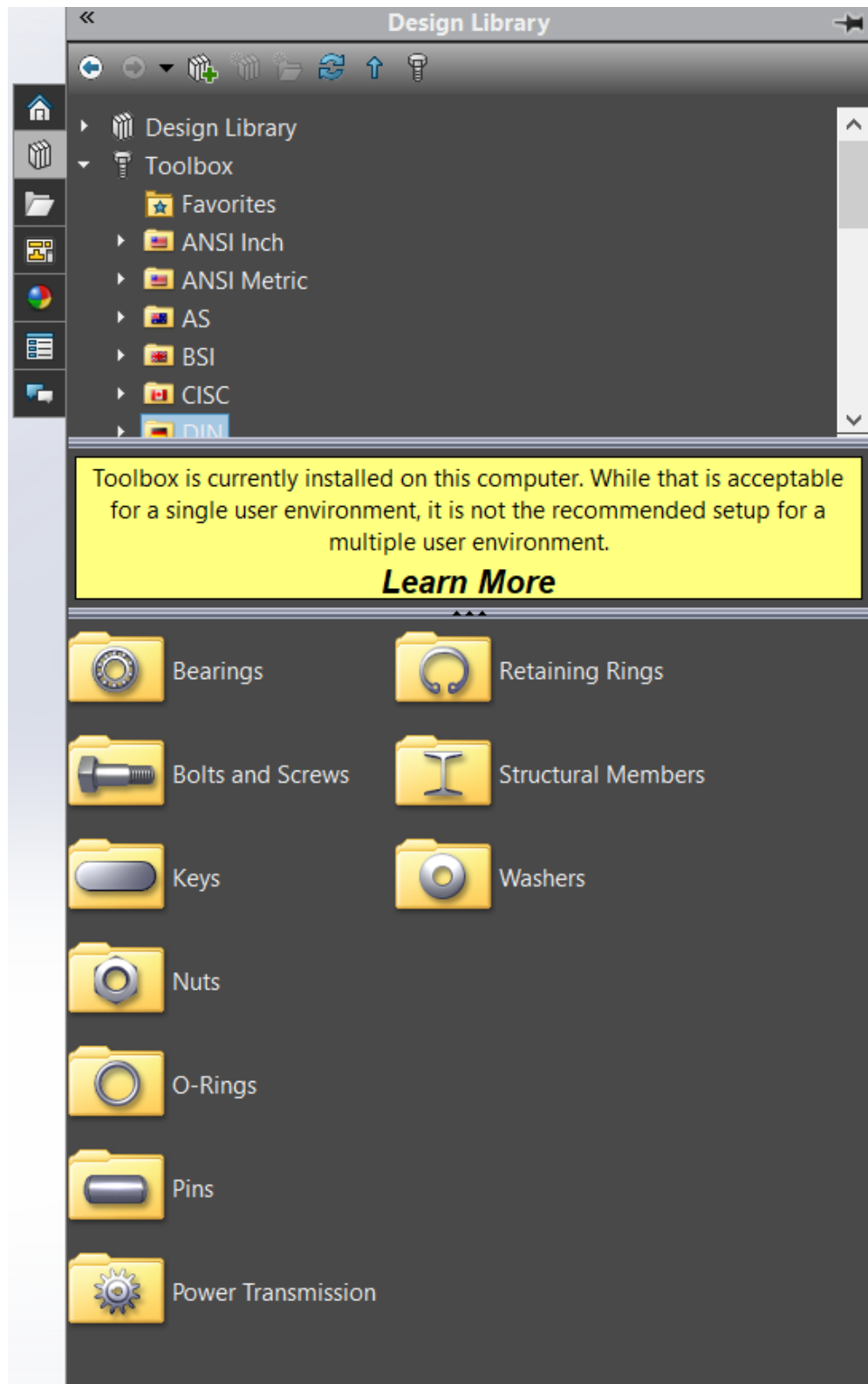


Рис 2.13. вікно створення стандартних деталей Toolbox

Створюю ескіз пластикового колеса шківa

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

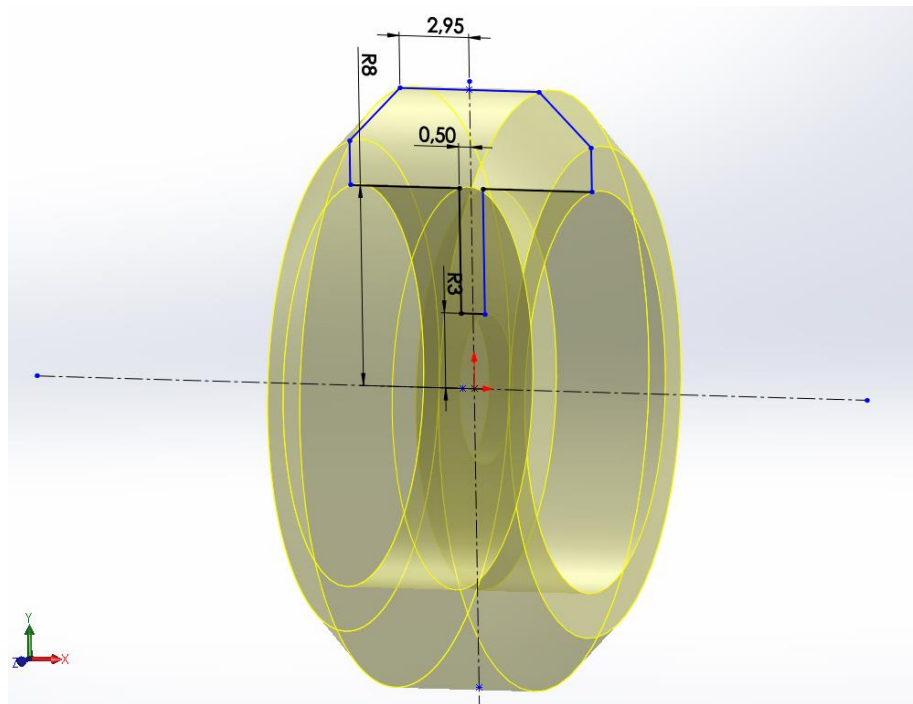


Рис 2.14. Обертання навколо осі поперечного перерізу пластикового колеса шків

Створюю підшипники DIN 625zz в бібліотеці Toolbox

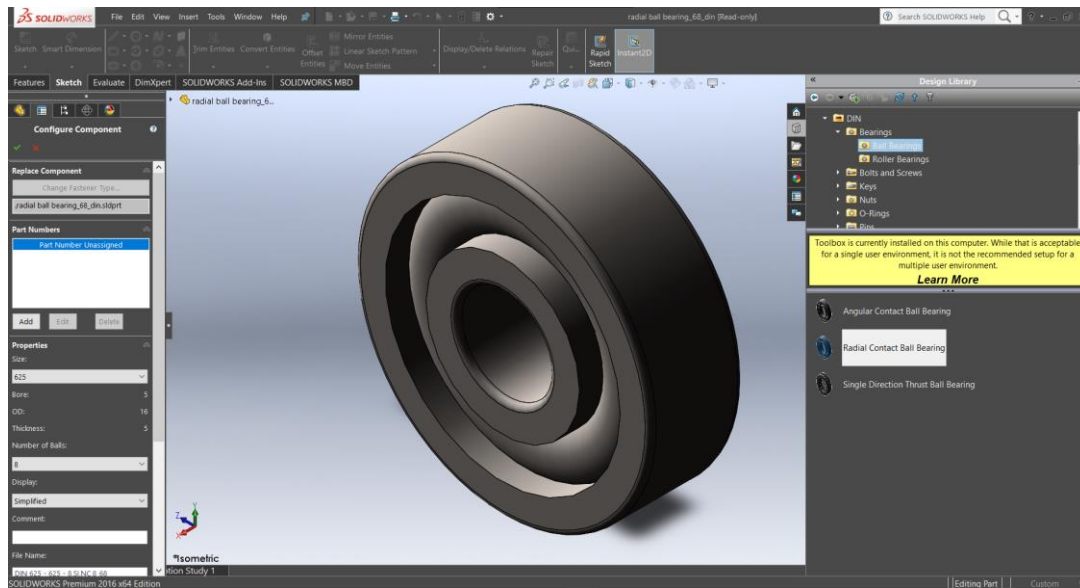


Рис 2.15. Створення підшипника із бібліотеки стандартних деталей Toolbox

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

34

Створюю вісь для прикріплення колеса до візка

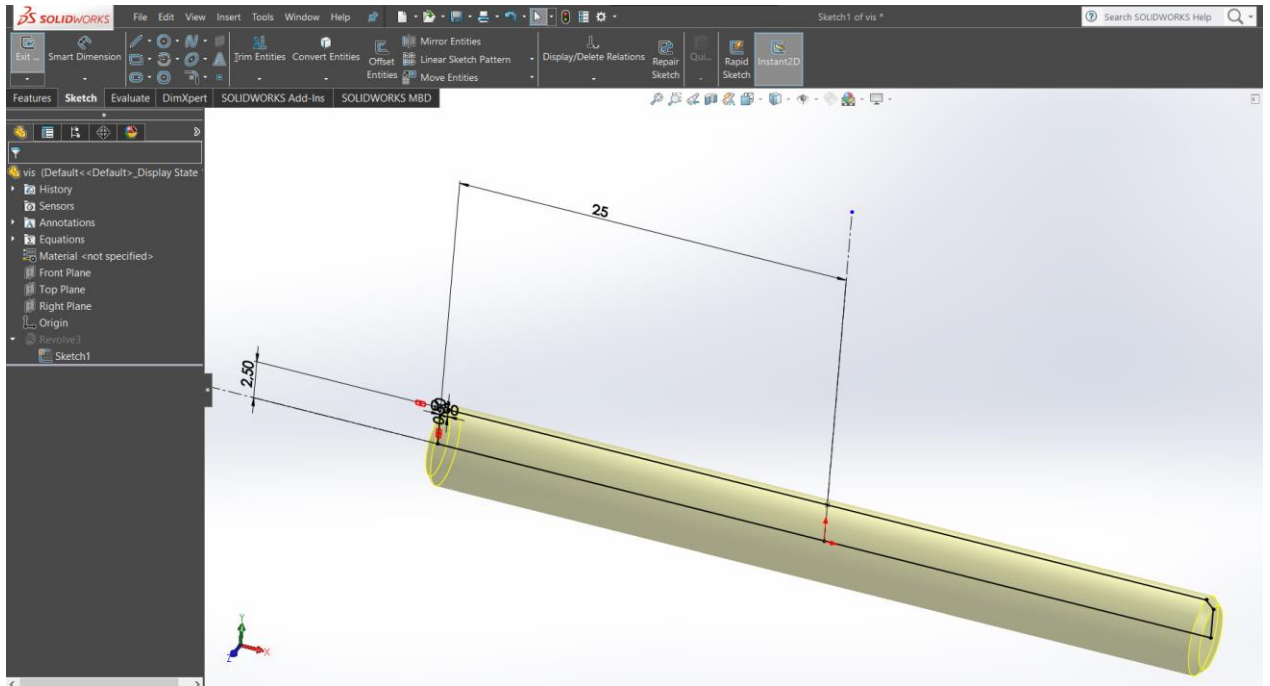


Рис 2.16. Ескіз вісі для коліс візка

Створюю пробну збірку візка.

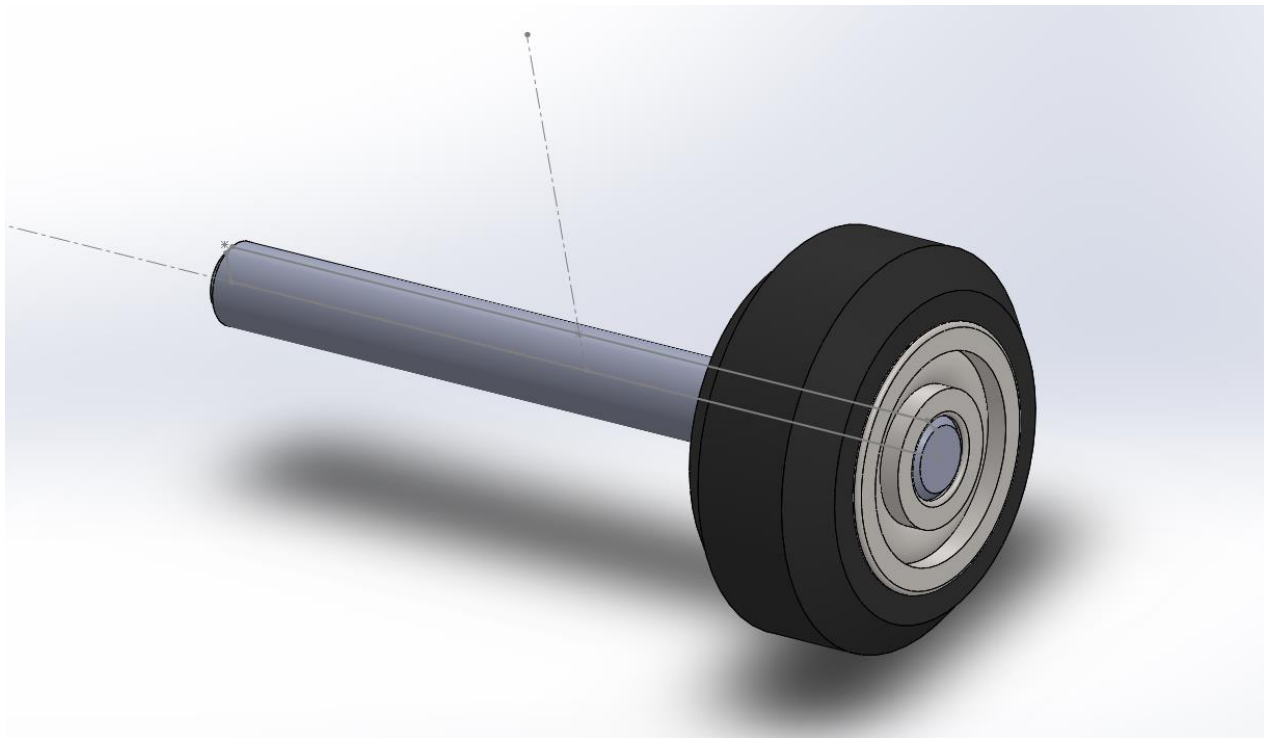


Рис 2.17. Вигляд збірки колісного вузла

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ

Арк.

35

Далі створюю додаткові компоненти до візка, а саме: кронштейн для двигуна NEMA17, кріплення для інфрачервоних датчиків обходу перешкод, кріплення для плат Arduino UNO і драйвера крокового двигуна L298N. Також окремо створюю спрощено 3D моделі: Arduino UNO, драйвер крокового двигуна L298N, інфрачервоний датчик обходу перешкод для Arduino і зубчасту шестерню.

Створюю кронштейн для двигуна NEMA17

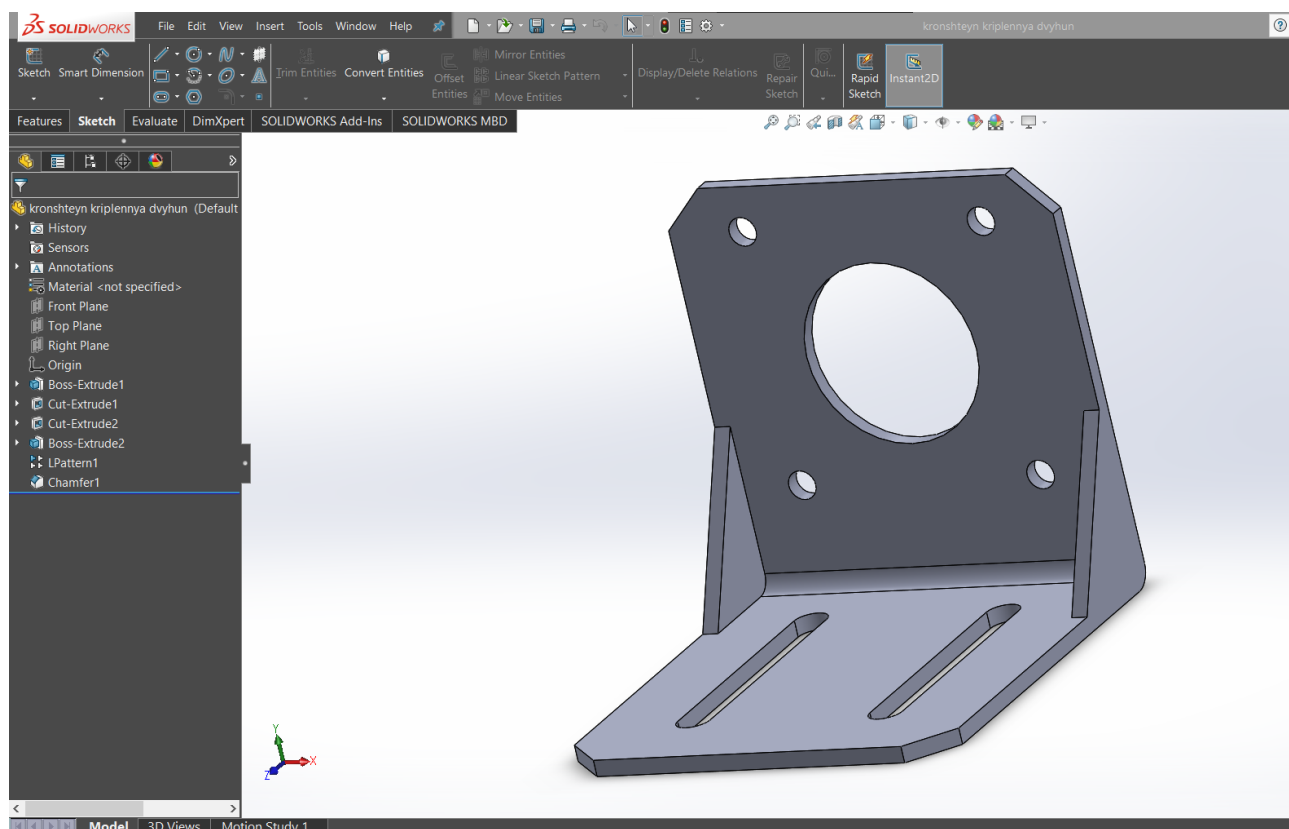


Рис 2.18. 3D модель кронштейна для кріплення двигуна NEMA 17

Продовжую створення збірки із створення спрощеної моделі двигуна NEMA17, вал двигуна проекту згідно креслення із сайту Beegreen.com.ua

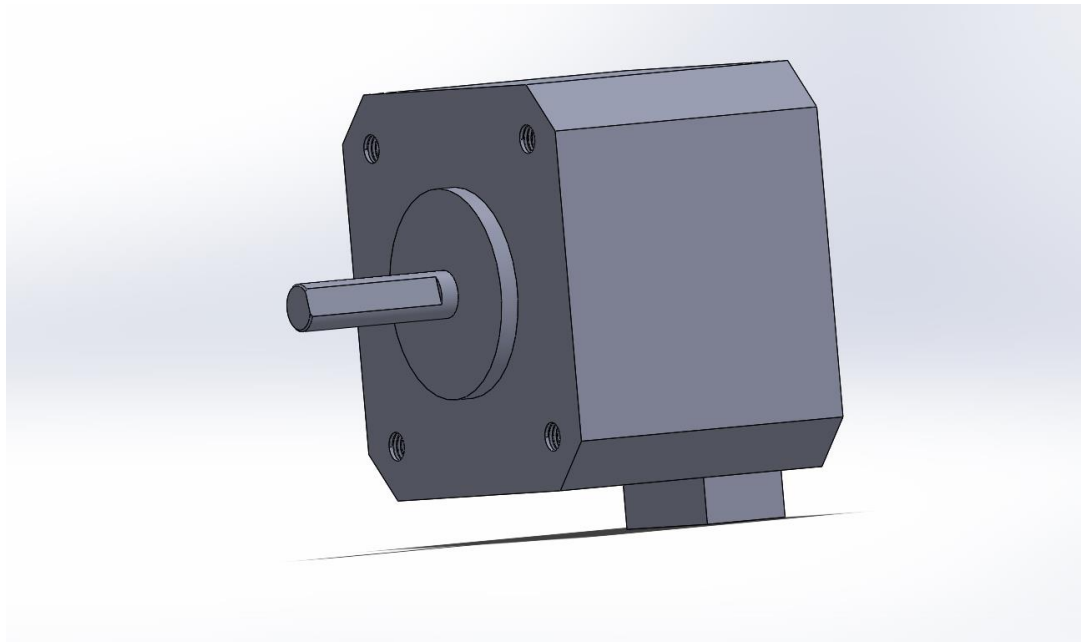


Рис 2.19. 3D модель двигуна NEMA 17

Прямозубу шестерню, яка буде встановлена на валу двигуна, створюю в бібліотеці Toolbox і додаю в збірку як окрему деталь.

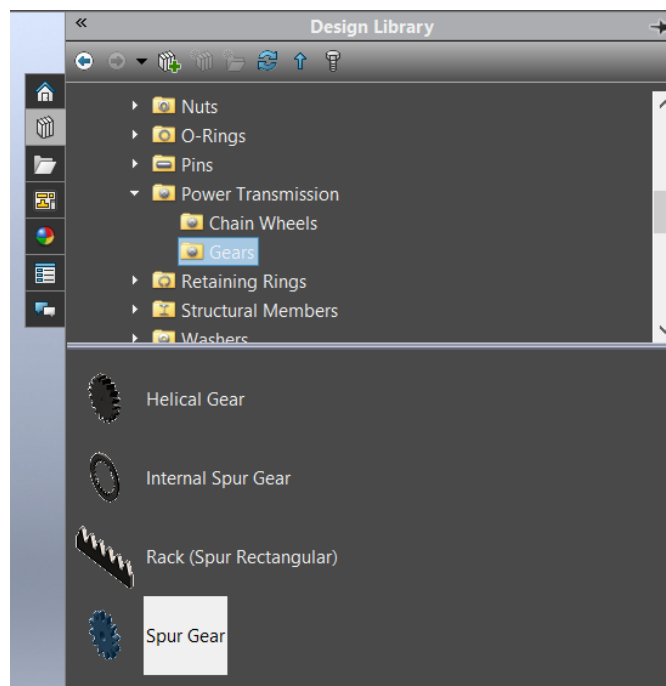


Рис 2.20. Створення зубчастої шестерні в бібліотеці Toolbox. Покрокове вказування параметрів зубчастого колеса

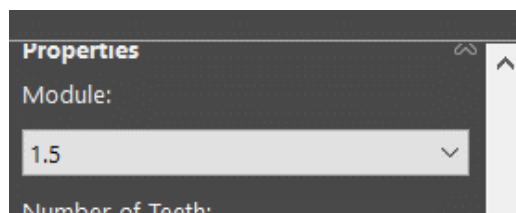


Рис 2.21. Підбір модуля

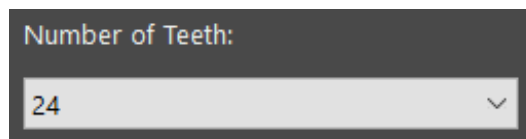


Рис 2.22. Вибір кількості зубів



Рис 2.23. Вибір ширини зубчастого колеса

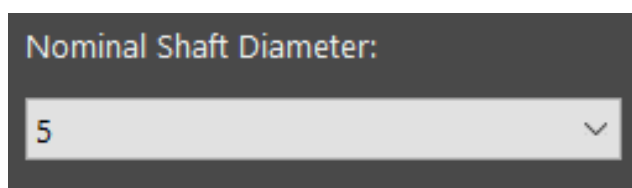


Рис 2.24. Вибір діаметра для отвору під вал двигуна

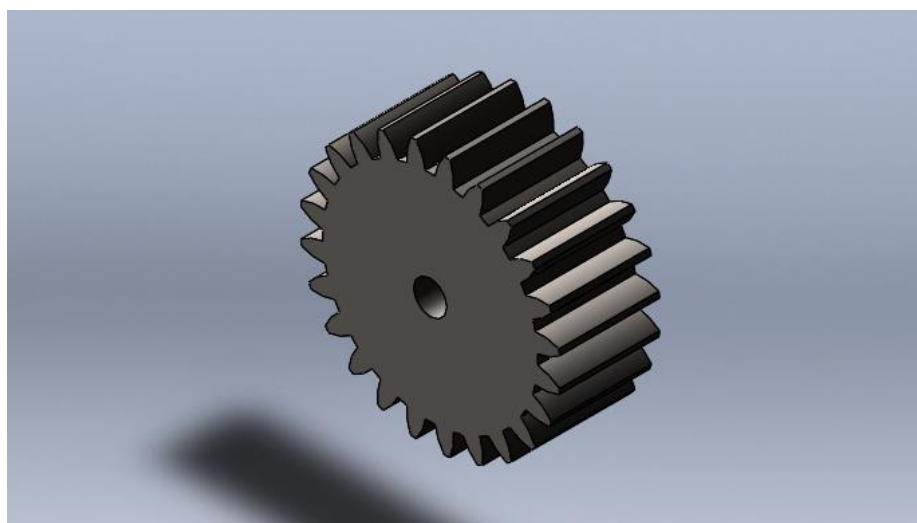


Рис 2.25. Кінцевий вигляд прямозубого циліндричного зубчастого колеса

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

Після створення всіх компонентів двигуна ми отримаємо таку збірку

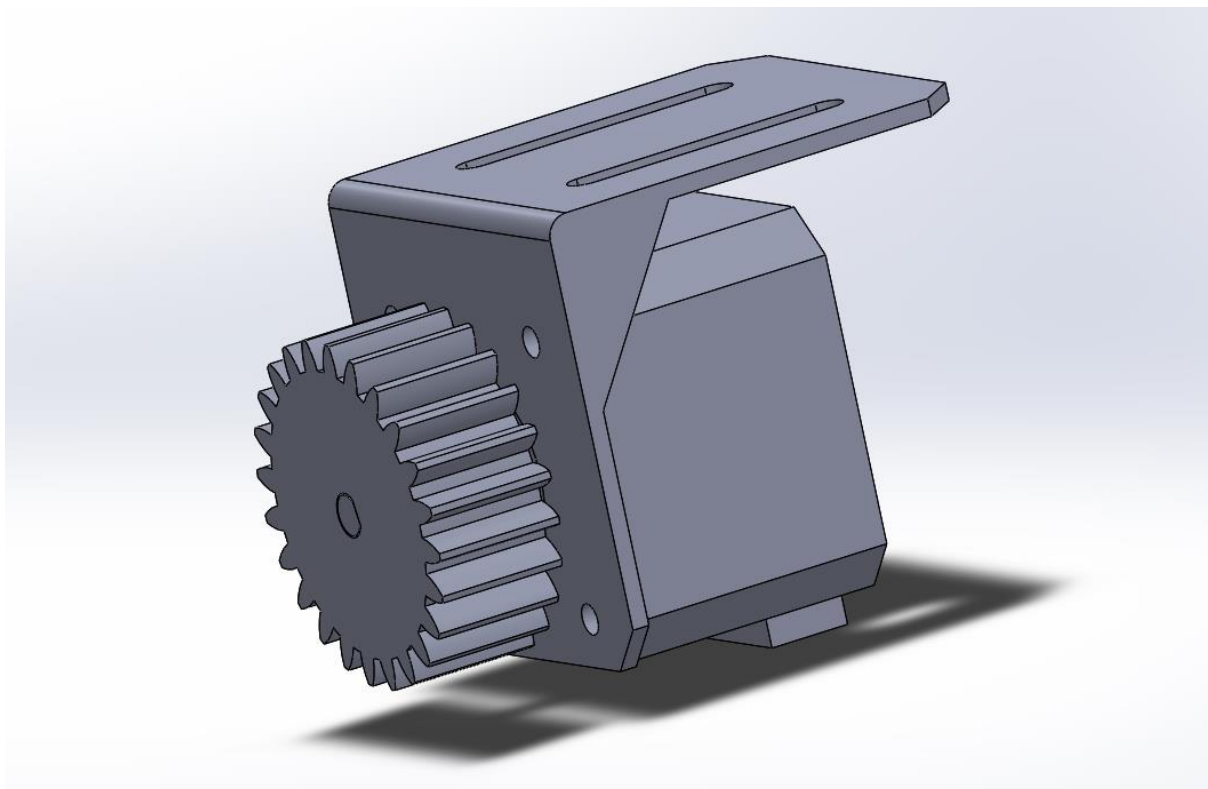


Рис. 2.26. Збірка всіх компонентів двигуна

Створюю 3D модель інфрачервоного датчика для обходу перешкод, який буде сигналізувати про наявність чи відсутність об'єкта на поверхні візка.

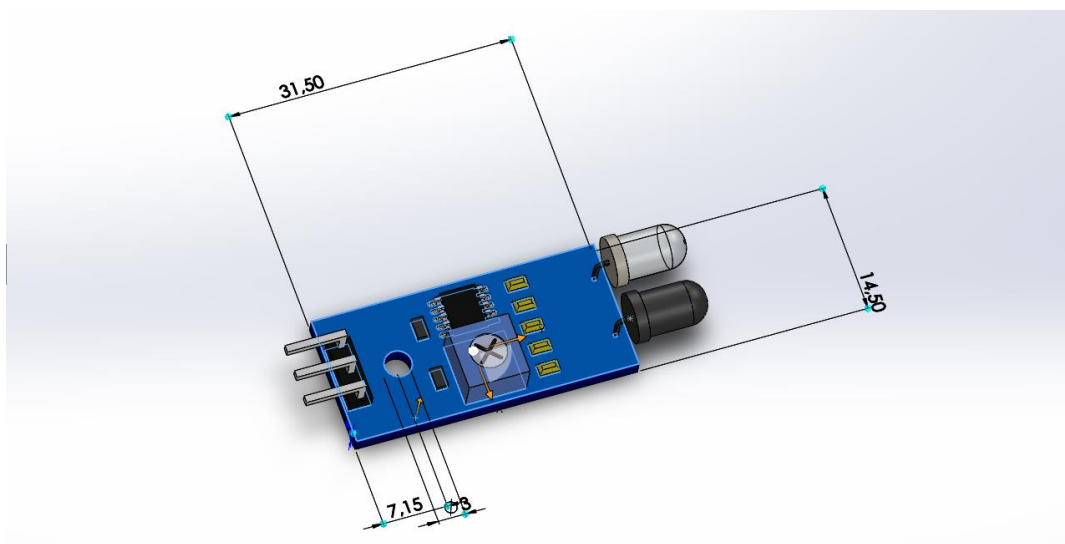


Рис 2.27. 3D модель інфрачервоного датчика обходу перешкод

Щоб мати змогу закріпити даний датчик, я створюю для нього стійку, на якій він буде закріплений.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

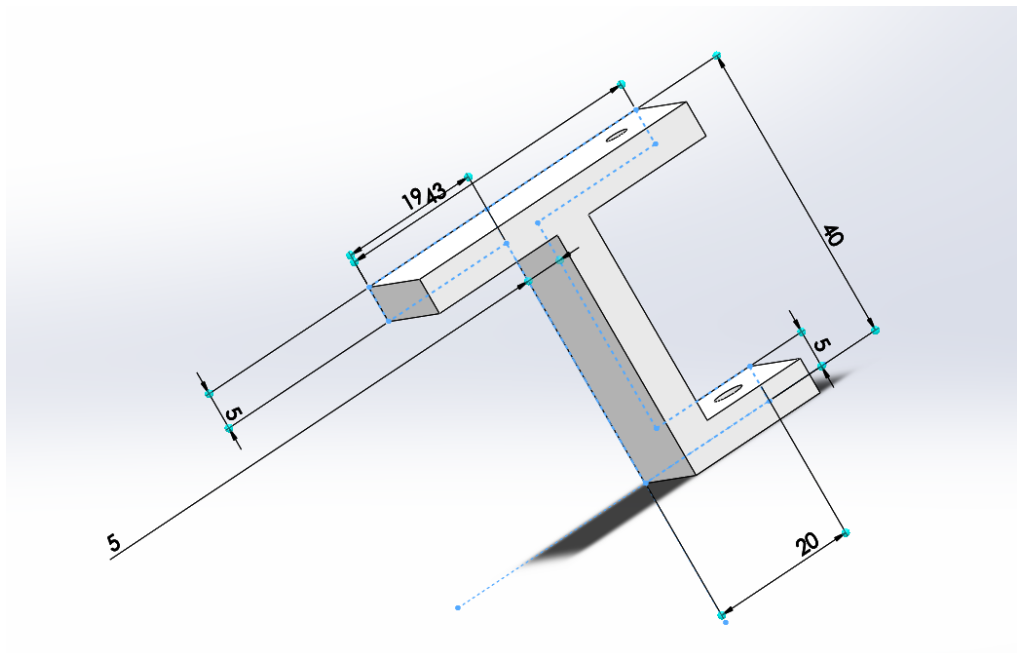


Рис 2.28. 3D модель платформи для встановлення на візок інфрачервоного датчика для обходу перешкод

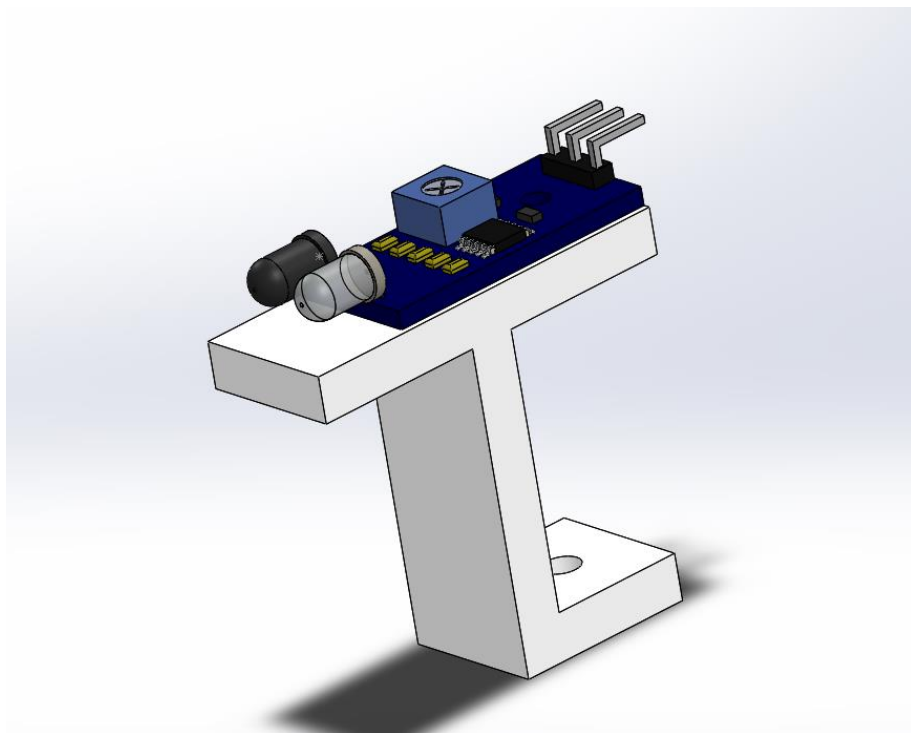


Рис 2.29. Збірка вузла знаходження об'єктів

Створюю спрощену модель драйвера для керування крокового двигуна L298N, який буде встановлений на спеціальній платформі, яка, в свою чергу, буде розташована під візком.

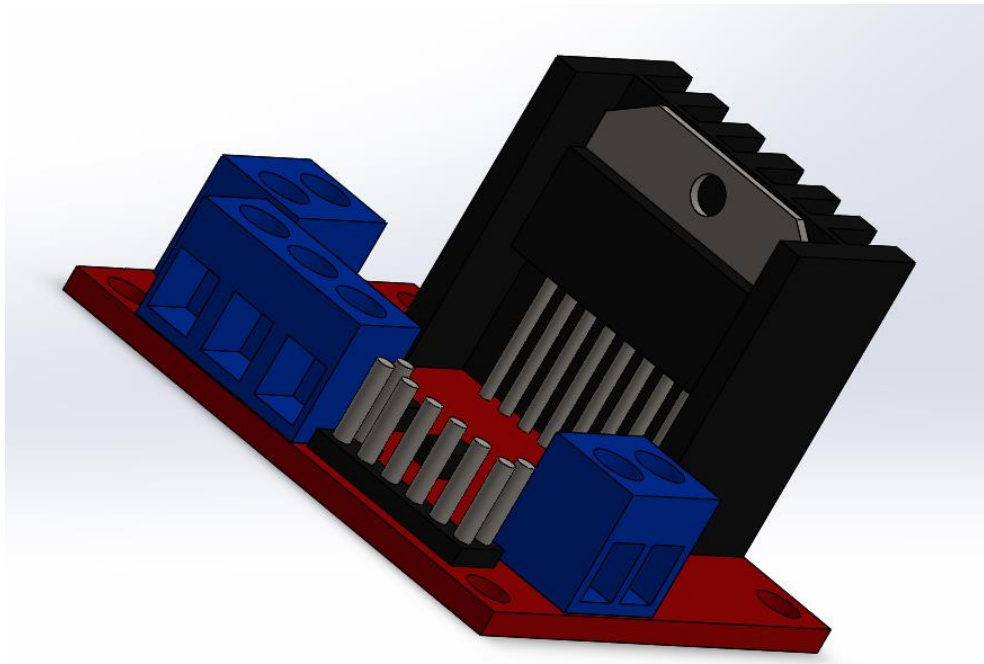


Рис 2.30. 3D модель драйвера крокового двигуна L298N

Далі створюю спрощену модель плати керування Arduino UNO, яка теж буде встановлена на спеціальній платформі біля драйвера крокового двигуна L298N

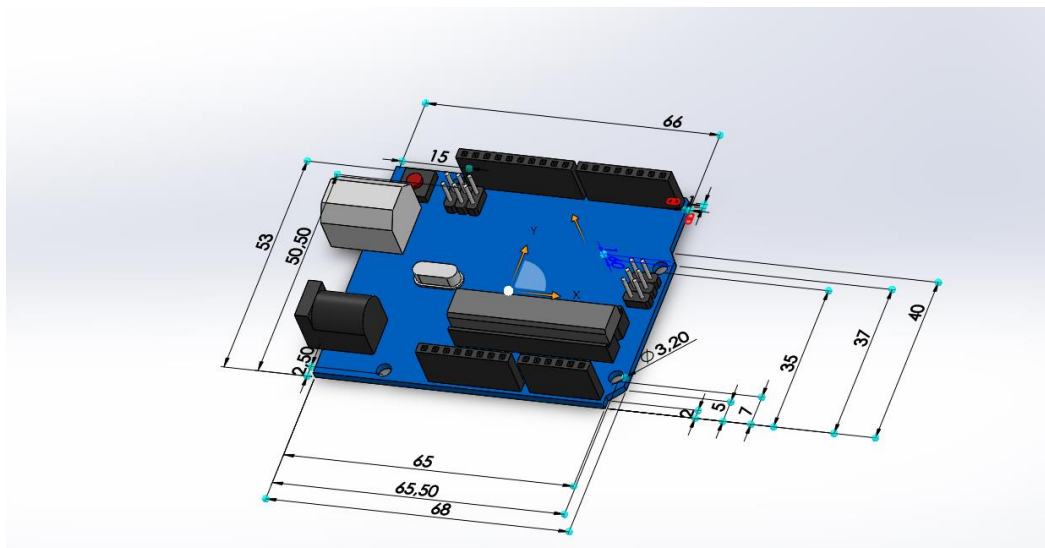


Рис 2.31. 3D модель плати Arduino UNO R3

Після того як я створив основні плати керування, створюю модель платформи, на які вони будуть кріпитись за допомогою болтів М3.

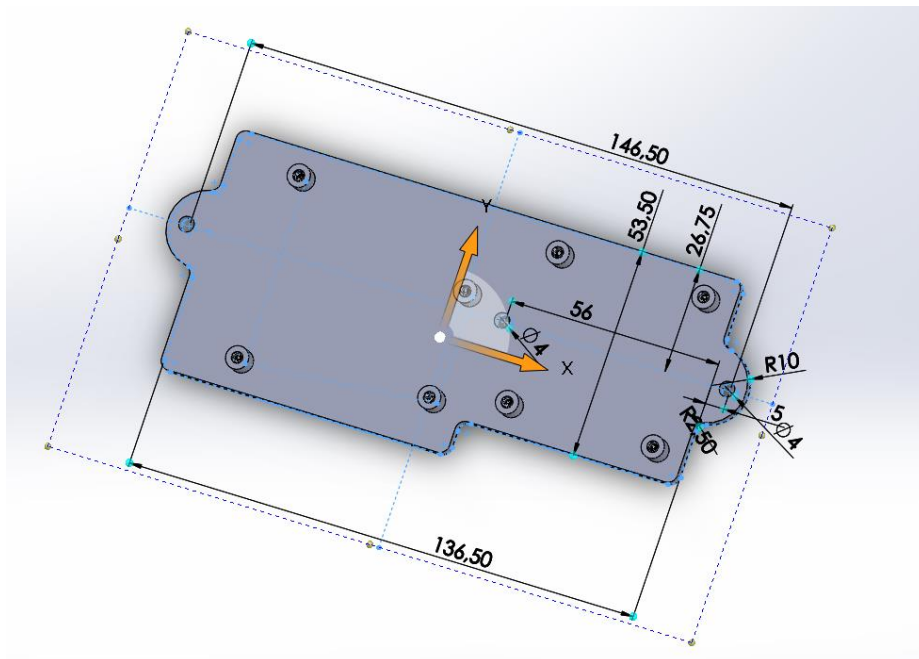


Рис 2.32. 3D модель платформи для встановлення плат керування
Після завершення створення всіх модулів візка створюю повну його збірку

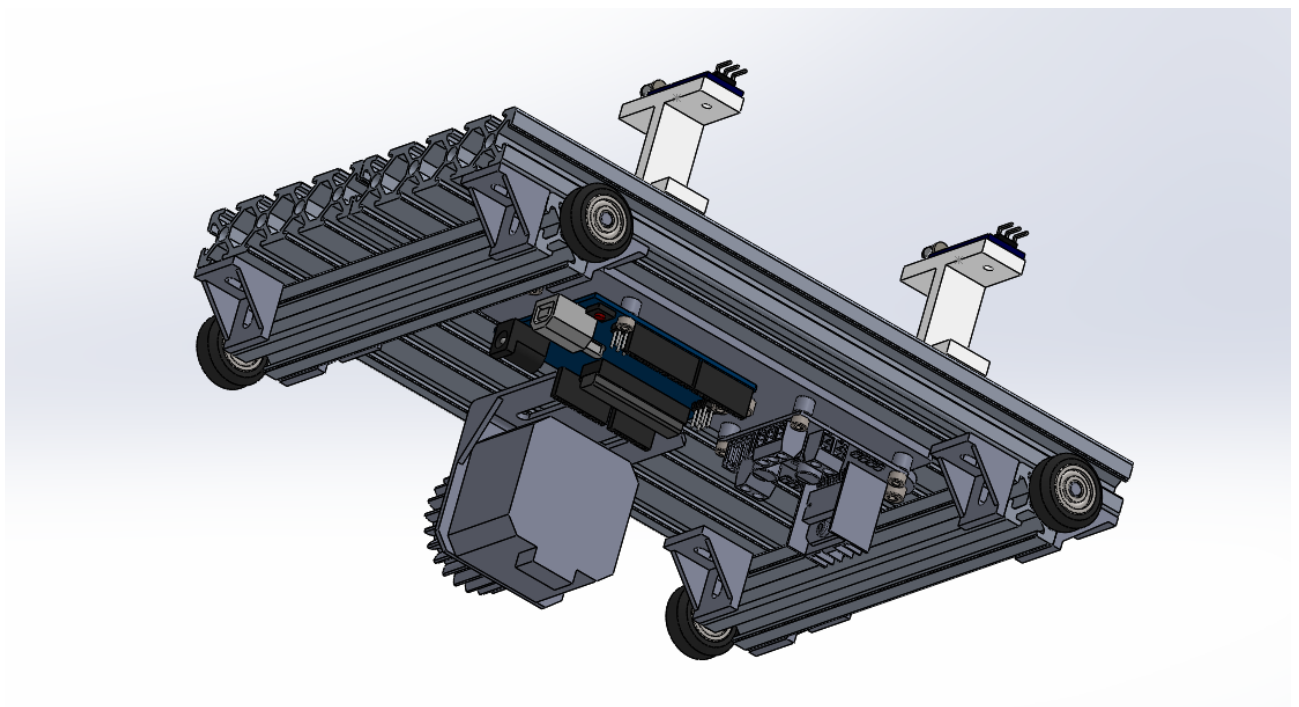


Рис 2.33. Повна збірка візка

Спочатку для створення збірки візка ми вибираємо два профіля 20x80, які будуть відігравати роль основи стола.

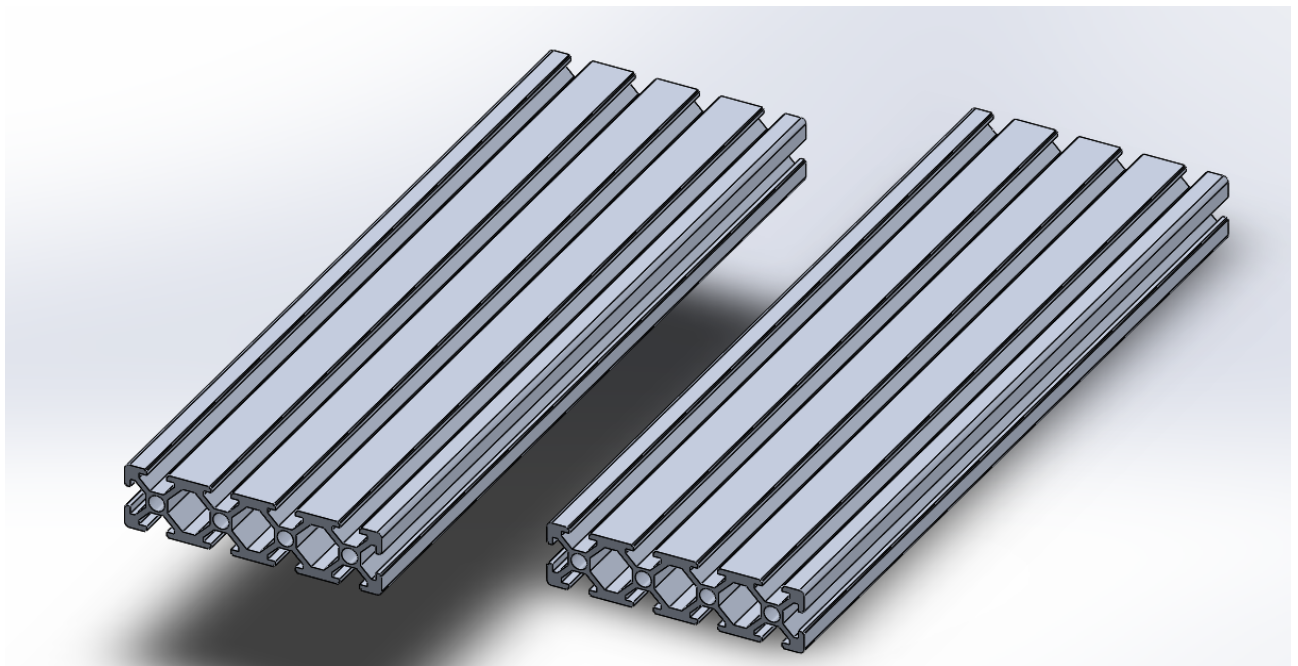


Рис 2.34. Додавання зав'язків для скріплення деталей

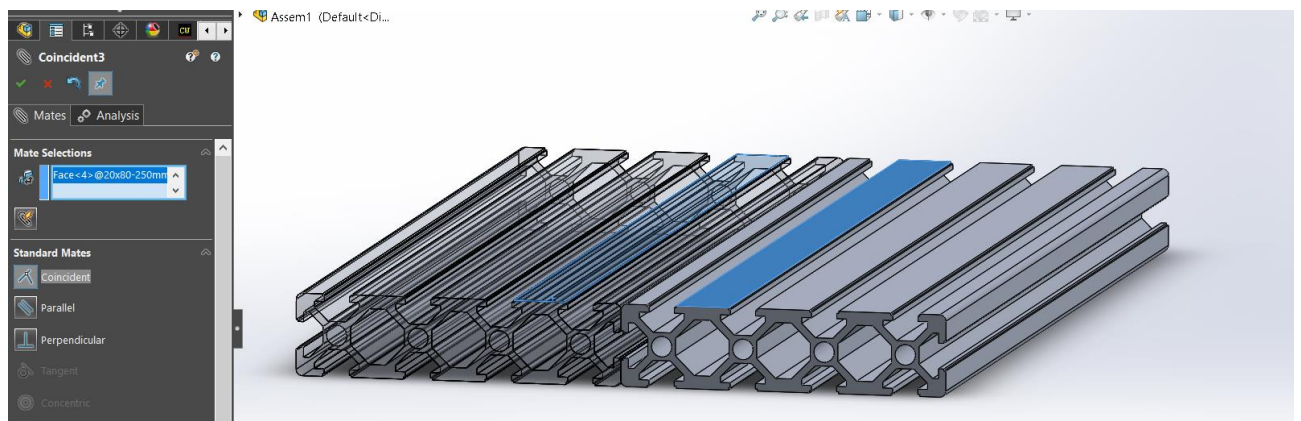


Рис 2.35. Створення зав'язків в збірці

Наступним кроком додаю дві поперечини, а саме два профіля 20x20, і розміщую їх під столом.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

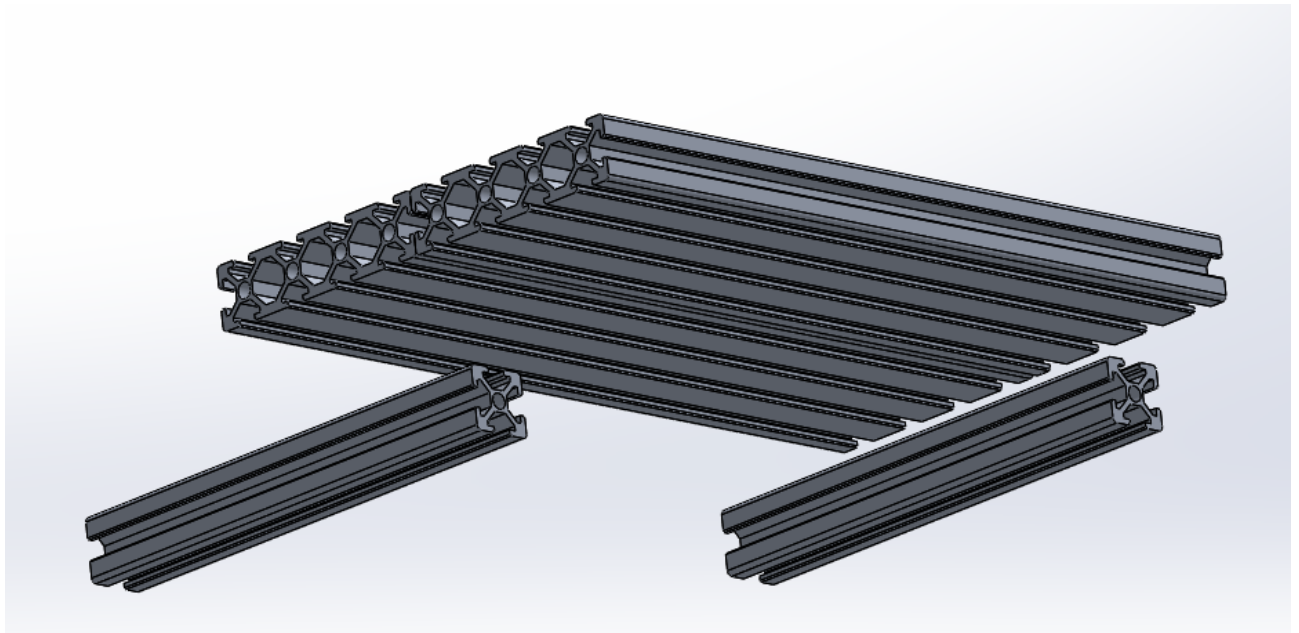


Рис 2.36. Додавання поперечин із профіля 20x20

Після створення віртуальної рами візка додаю кріпильні елементи - кутники. Для зменшення навантаження на систему сухарі і болти в дану збірку я ставити не буду.

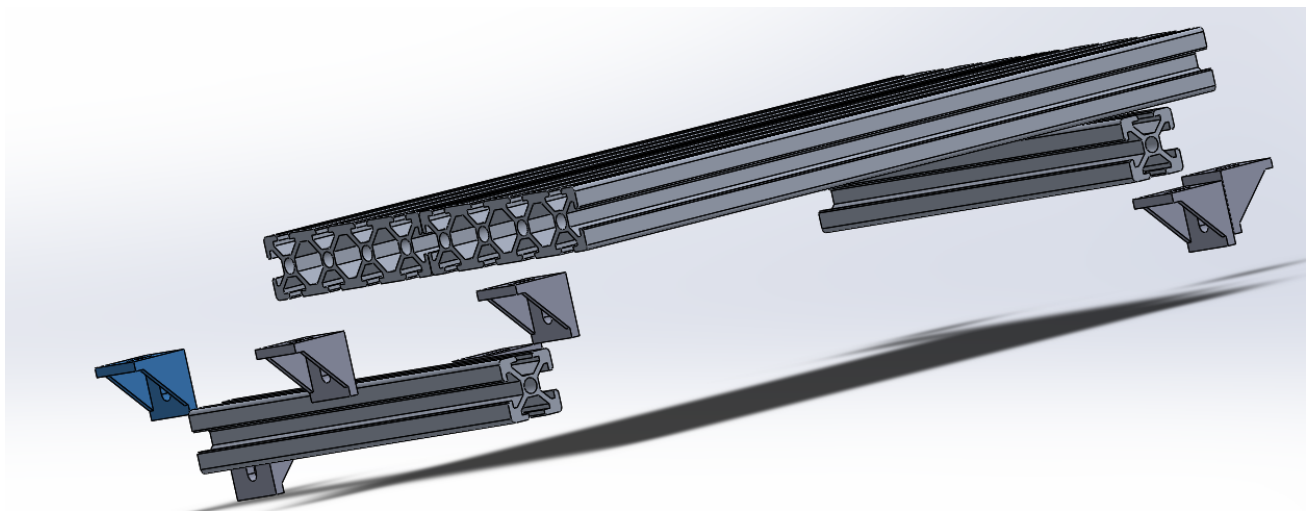


Рис 2.37. Додавання кутників

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

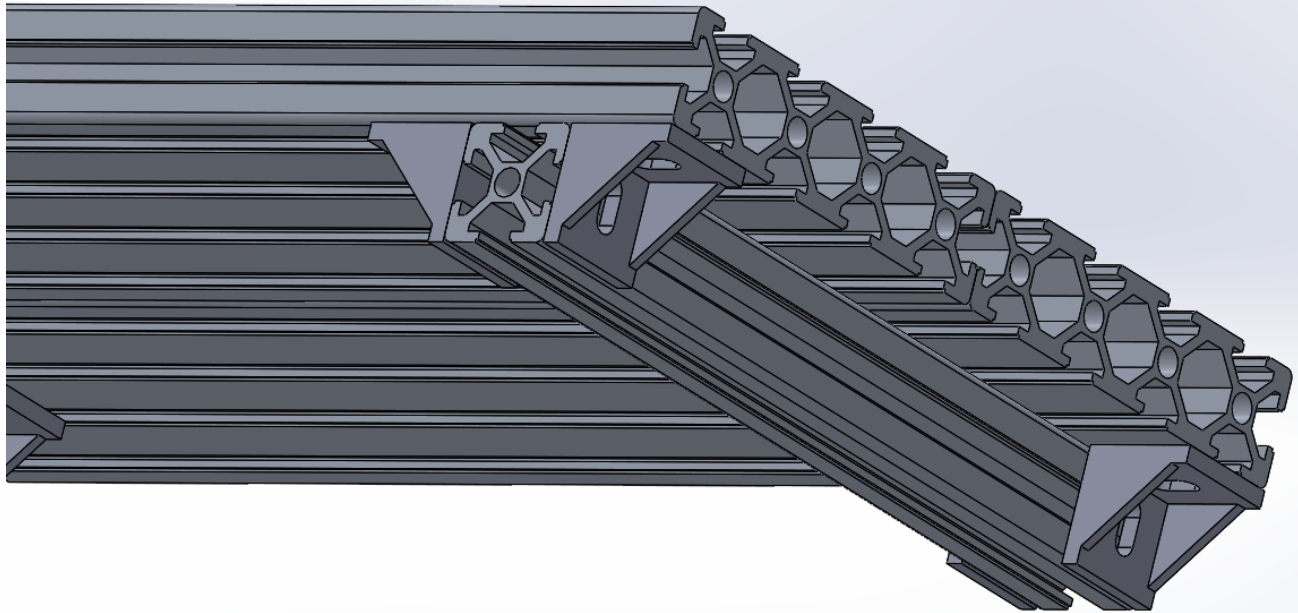


Рис 2.38. Скріплення кутників і поперечини

Далі я додаю уже готові колеса зразу із встановленими осями і роблю зазор між колесом і столом 50мм.

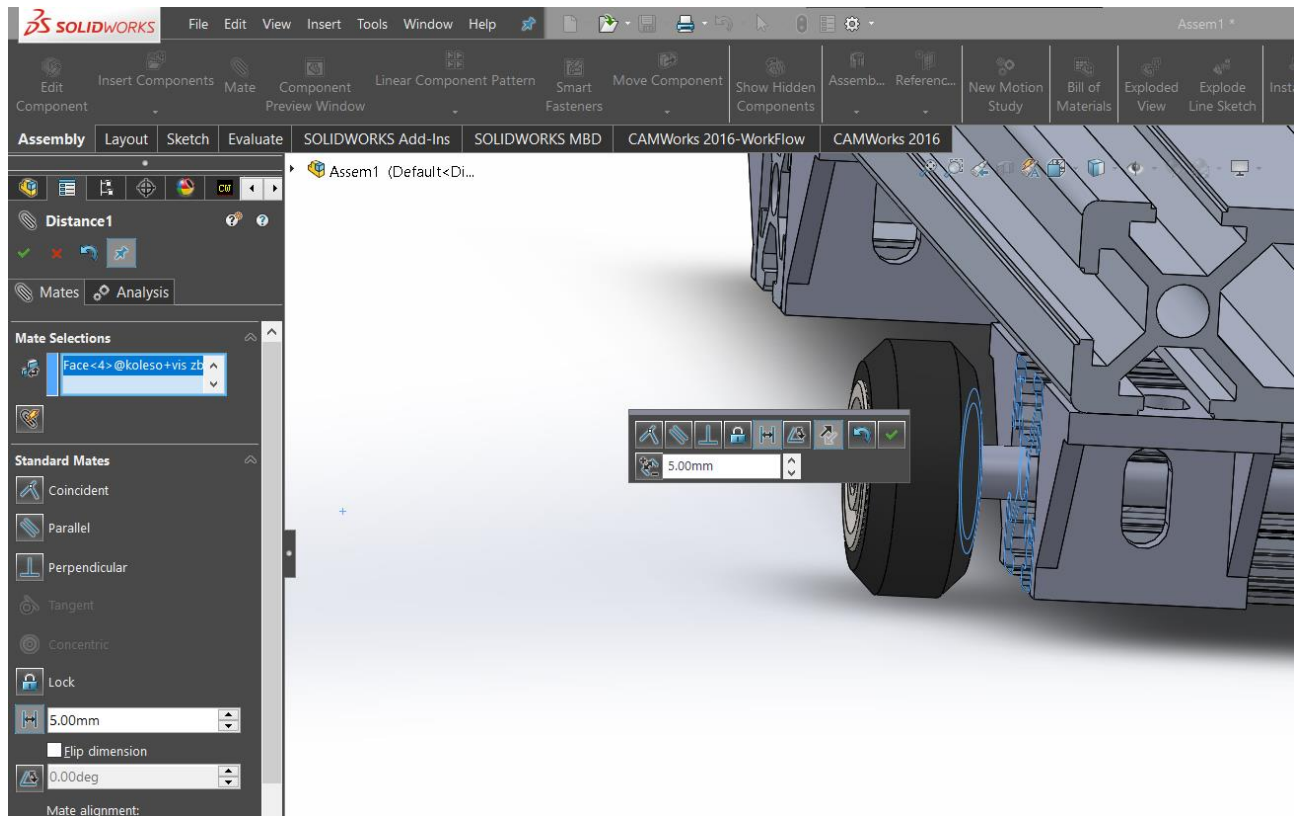


Рис 2.39. Закріплення коліс

					МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Додаю в збірку кронштейн для двигуна і встановлюю його

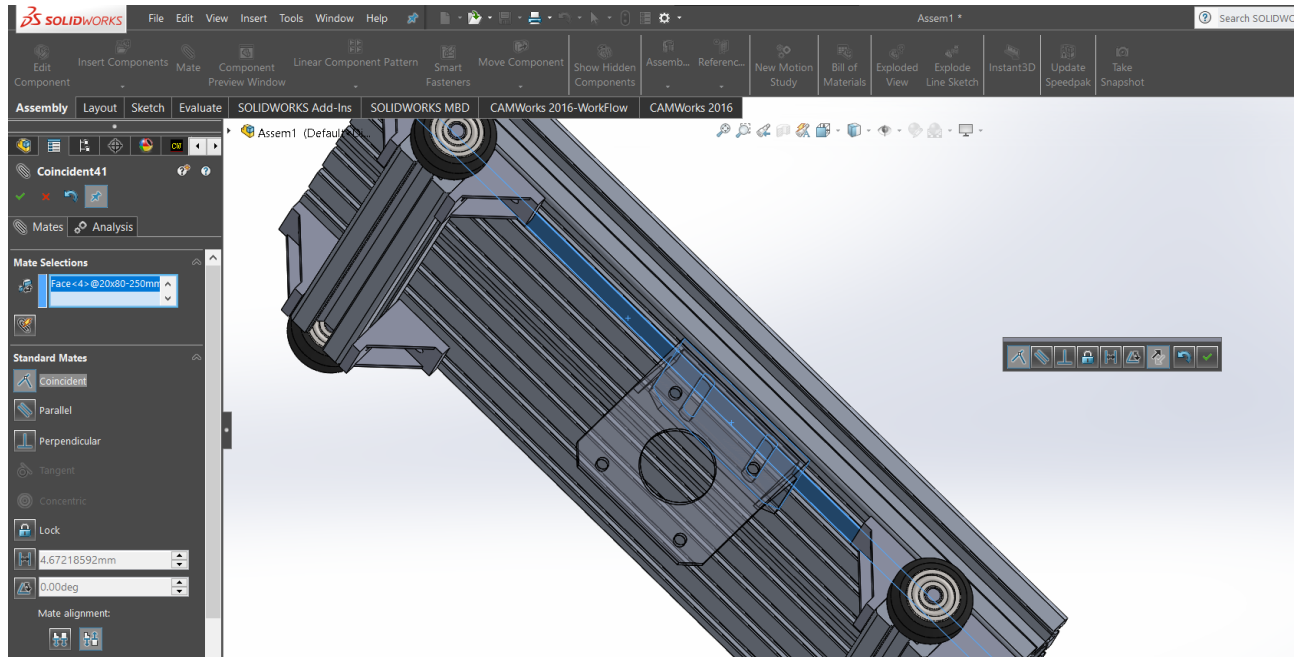


Рис 2.40 Закріплення кронштейна двигуна NEMA 17

Додаю двигун і прикріплюю його до кронштейна та встановлюю зв'язки.

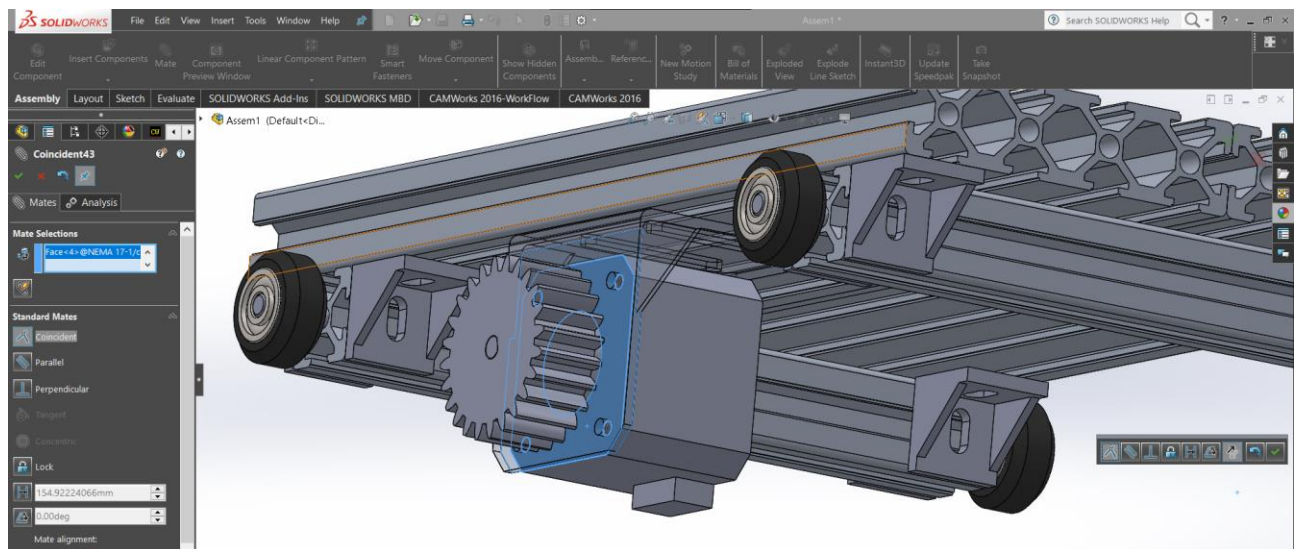


Рис 2.41. Встановлення зав'язків для закріплення двигуна NEMA 17

Наступним кроком додаю платформу, на якій буде кріпитись Arduino UNO і драйвер крокового двигуна L298N.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

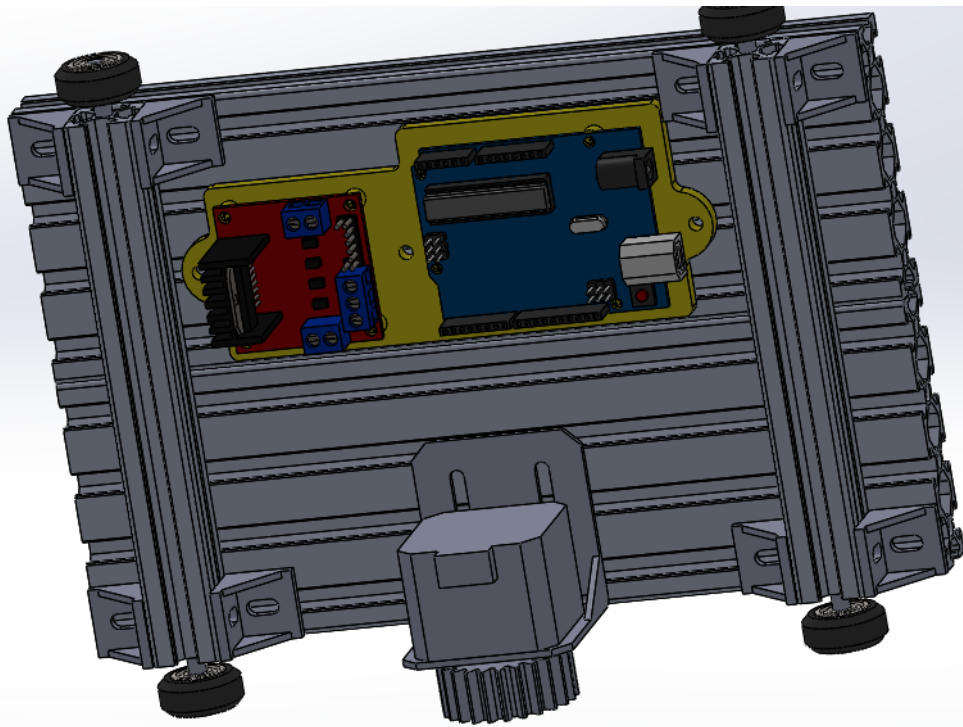


Рис 2.42. Встановлення платформи для кріплення плат керування
 Додаю два інфрачервоні датчика обходу перешкод одразу із кріпленнями, та встановлюю зв'язки для суміщення їх із платформою.

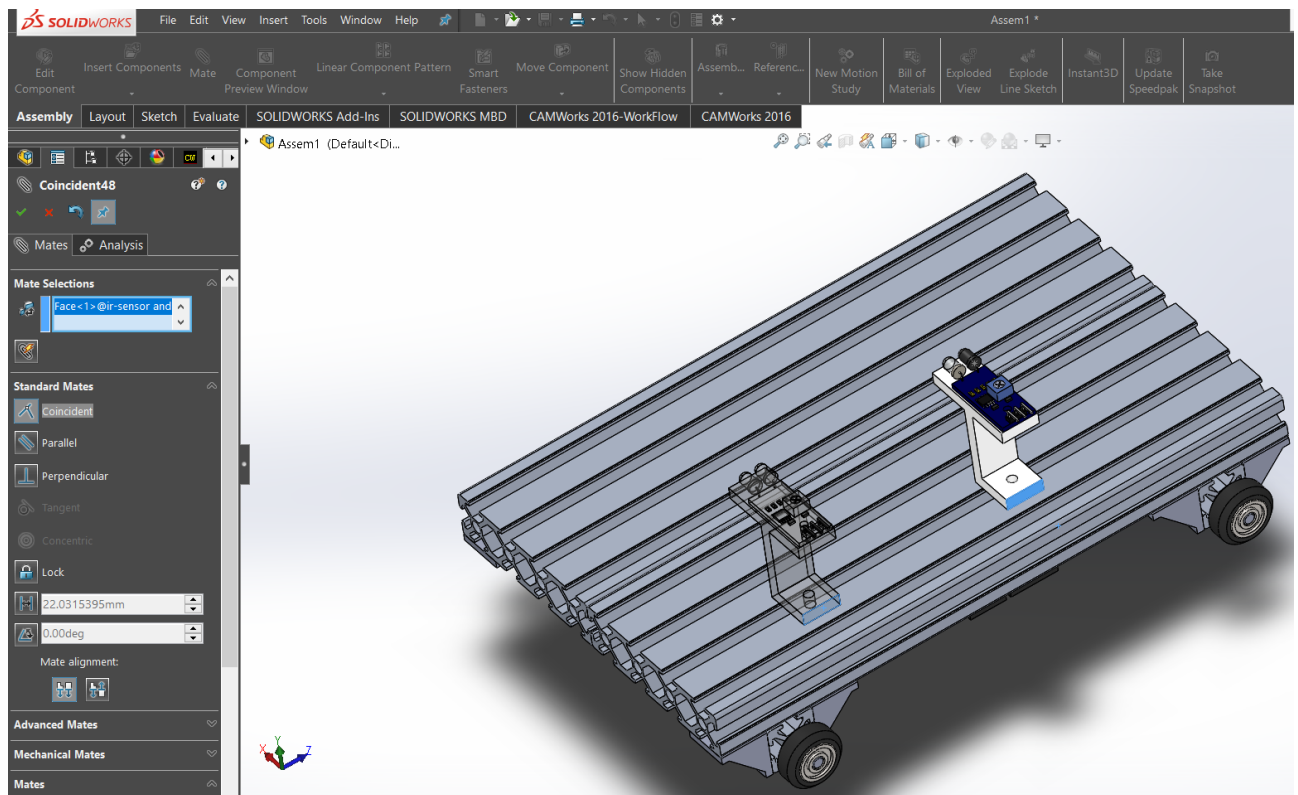


Рис 2.43. Встановлення І-Ф датчиків із платформами

В результаті отримуємо готову 3D модель платформи.

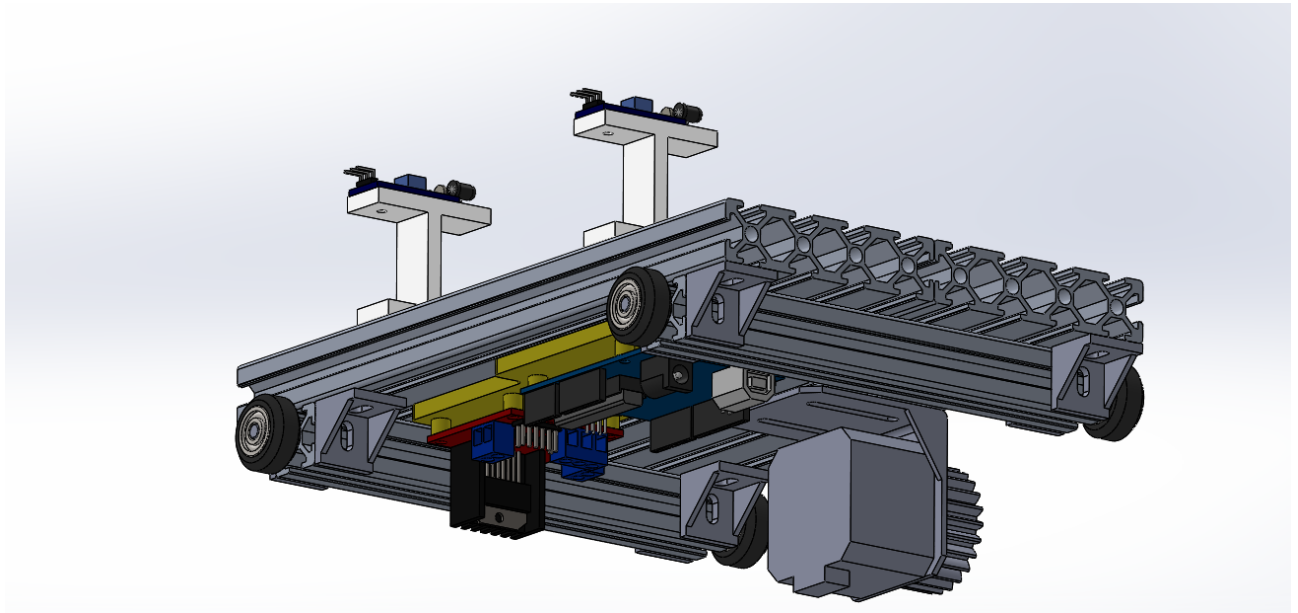


Рис 2.44 кінцевий вигляд збірки візка

В кінці зберігаю кінцевий результат.

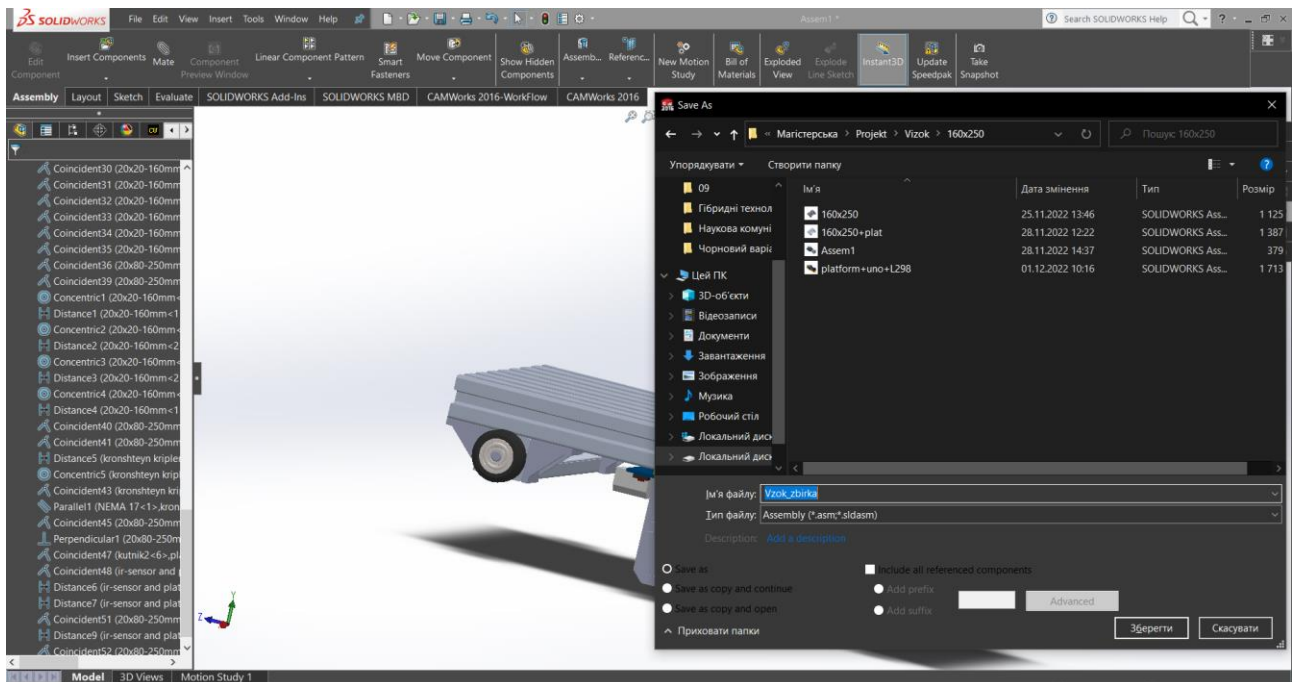


Рис 2.45. Зберігання результату

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

2.7 Моделювання стола

Створення збірки стола починаю із створення основних профілів, а саме створюю профілі 20x60 20x20-V.

Створюю профіль 20x20-V і витягаю його на 2000мм.

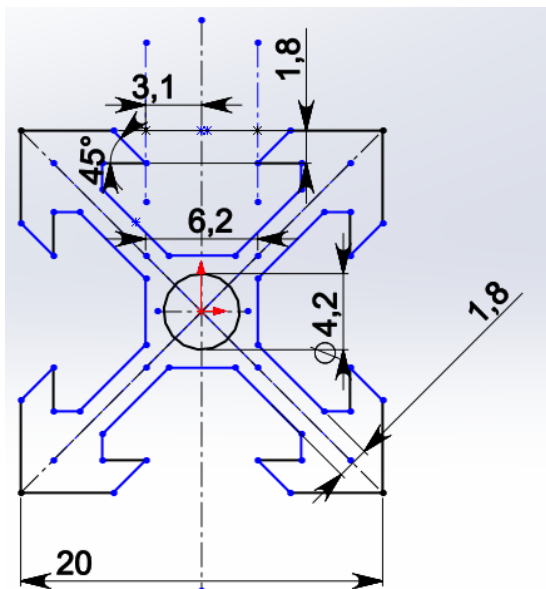


Рис 2.46. ескіз профілю 20x20-V

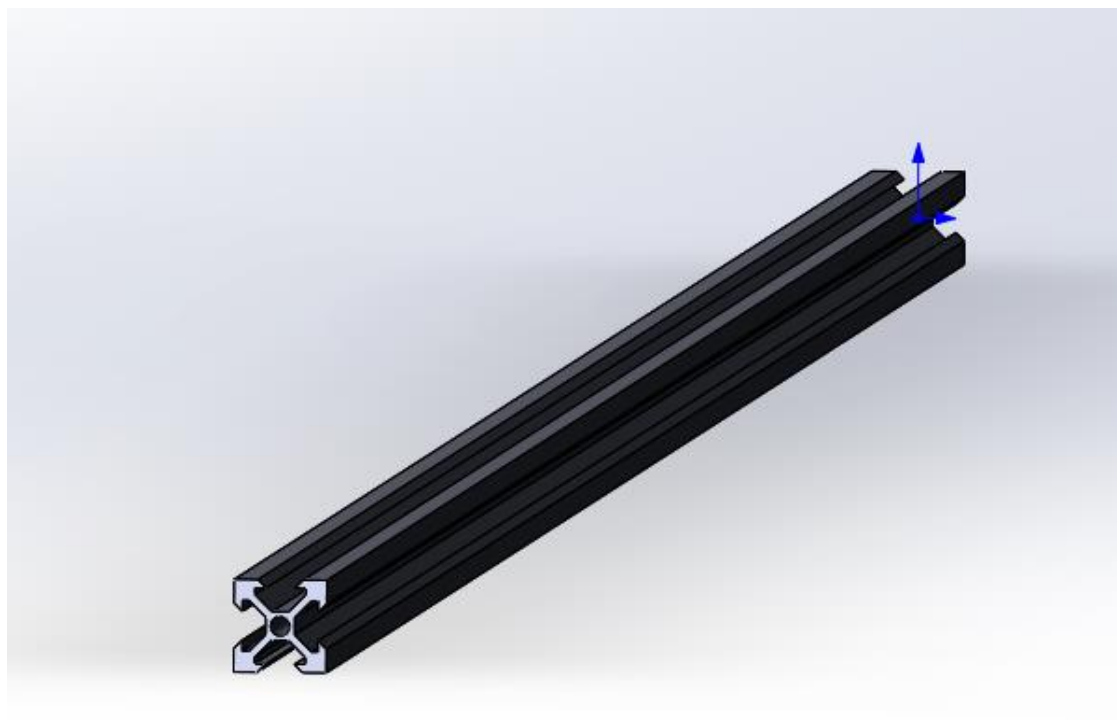


Рис 2.47. 3D Модель профілю 20x20-V

Далі із профіля 20x60 створюю всі основні елементи стола.

					MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

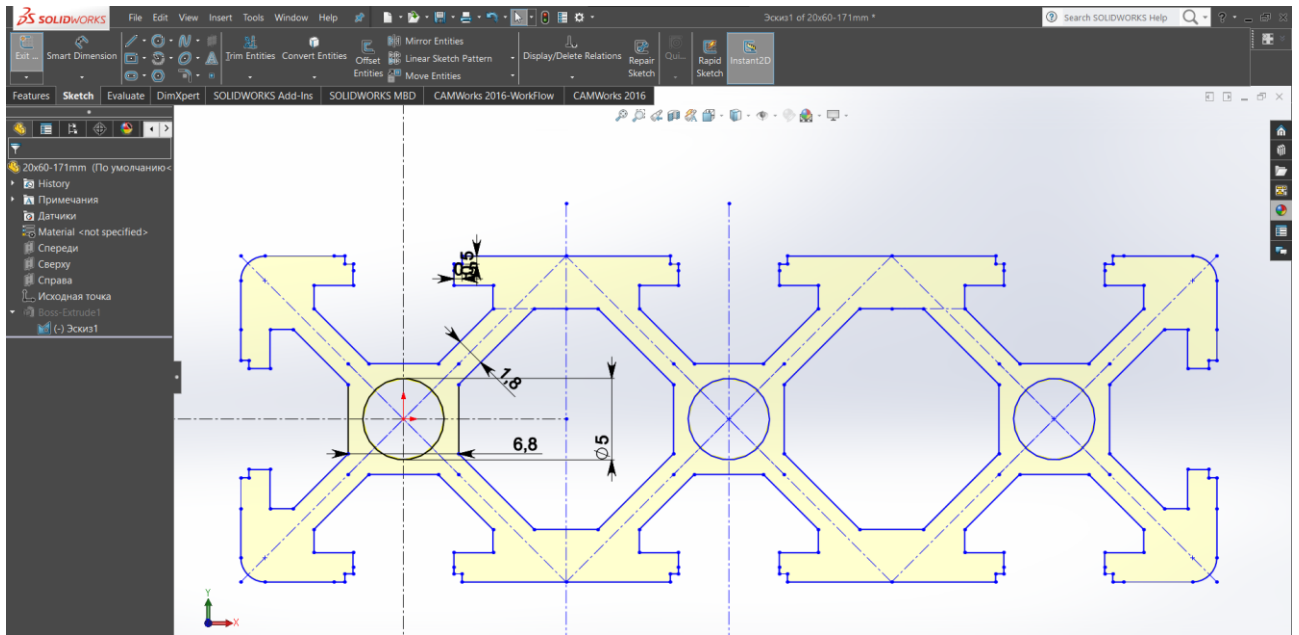


Рис 2.48. Ескіз профілю 20x60

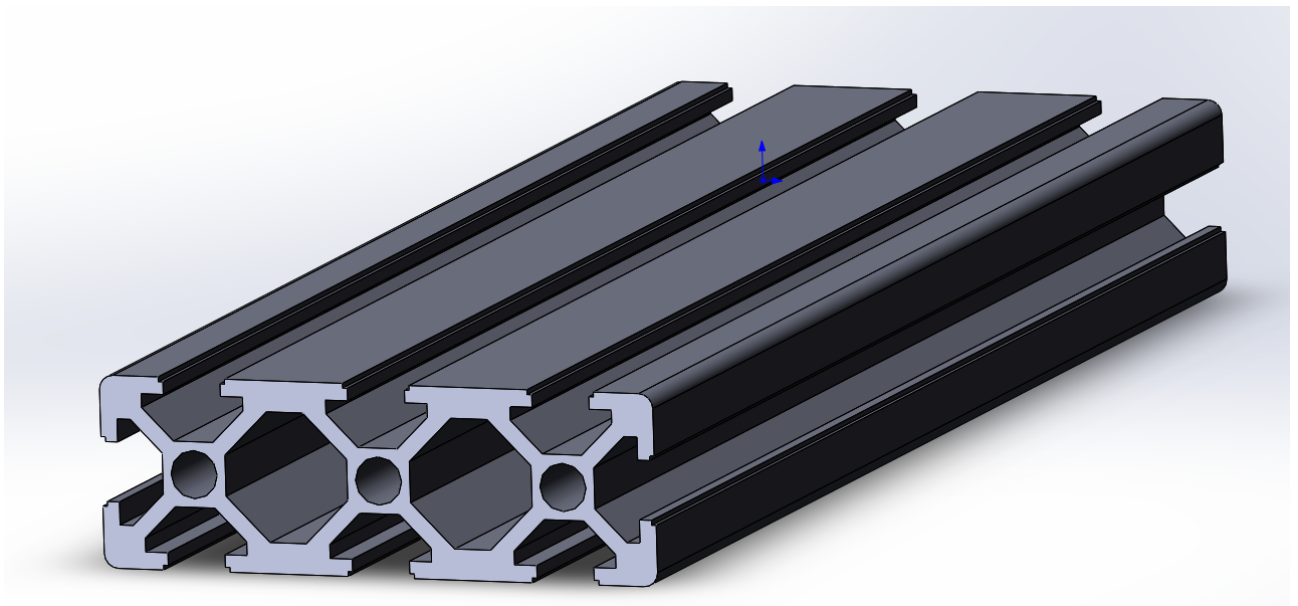


Рис 2.49. 3D модель профілю 20x60

Далі створюю зубчасту рейку, яка буде входити в зачеплення із зубчастим колесом, що знаходиться на валу двигуна. Саму рейку витягну із бібліотеки Toolbox і параметризую згідно вихідних даних зубчастого колеса і довжини стола.

					<i>МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

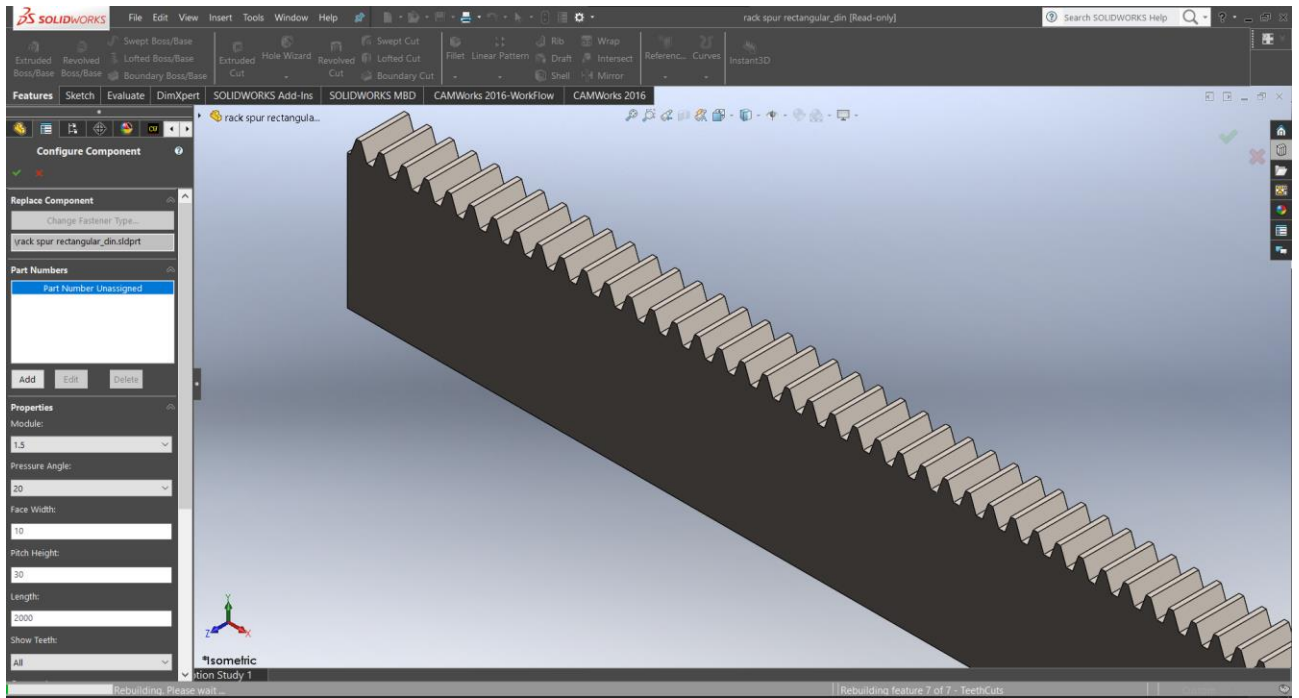


Рис 2.50 Проектування зубчастої рейки в бібліотеці готових деталей Toolbox

Для кріплення рейки до стола і кріплення кінцевих вимикачів в зубчасті рейці роблю кріпильні отвори.

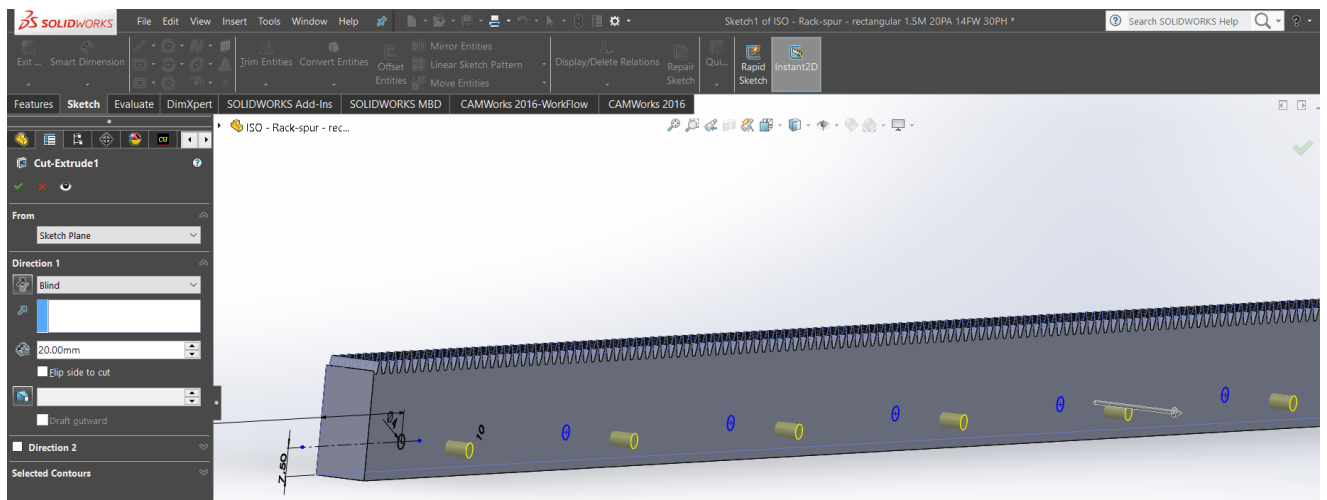


Рис 2.51. Створення отворів для кріплення до стола

Також для кріплення напрямних для візка створюю для нього кріплення, а саме планку із отворами.

					МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

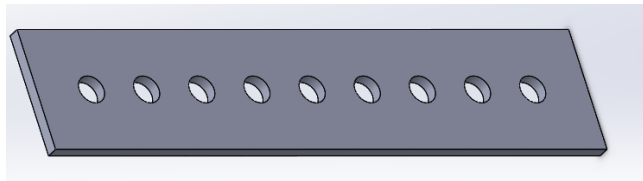
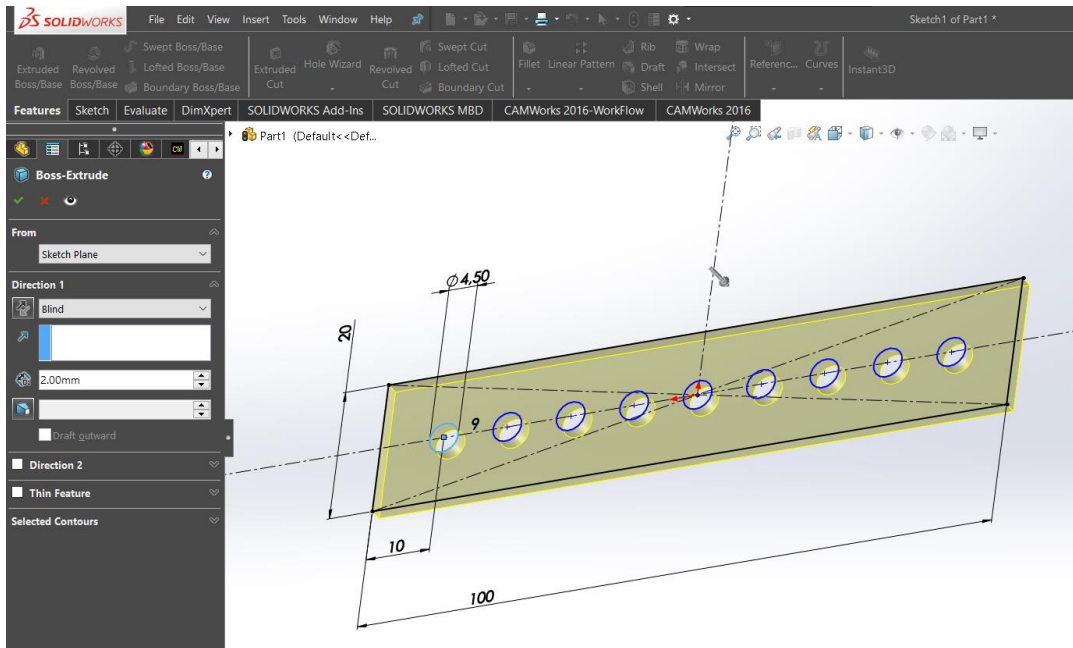


Рис 2.52. Створення 3D моделі планки для кріплення профілю 20x20-V

Коли я створив бібліотеку із готових деталей, наступним кроком створюю загальну збірку стола.

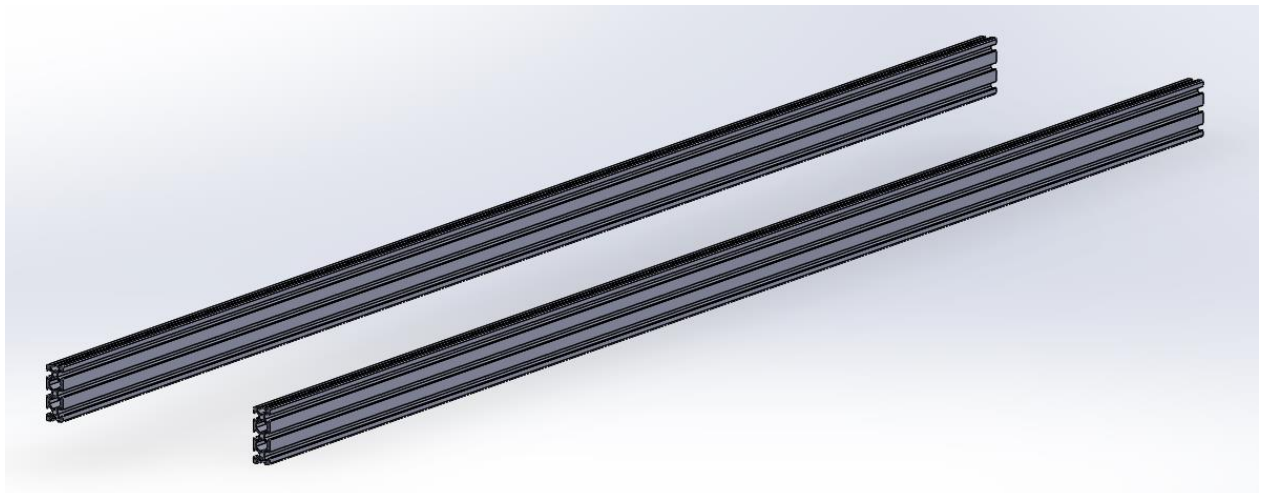


Рис 2.52. Напрявні стола

					<i>МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

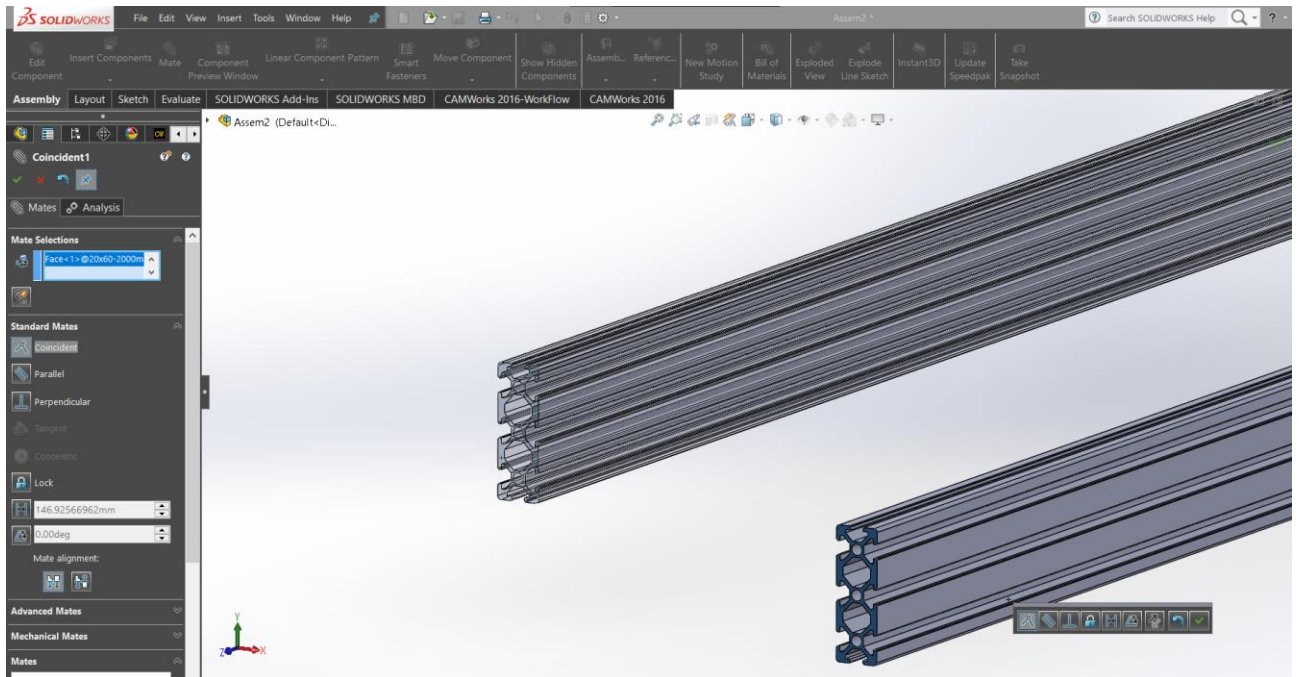


Рис 2.53. Додавання зв'язків

Далі додаю три поперечини із профілю 20x60.

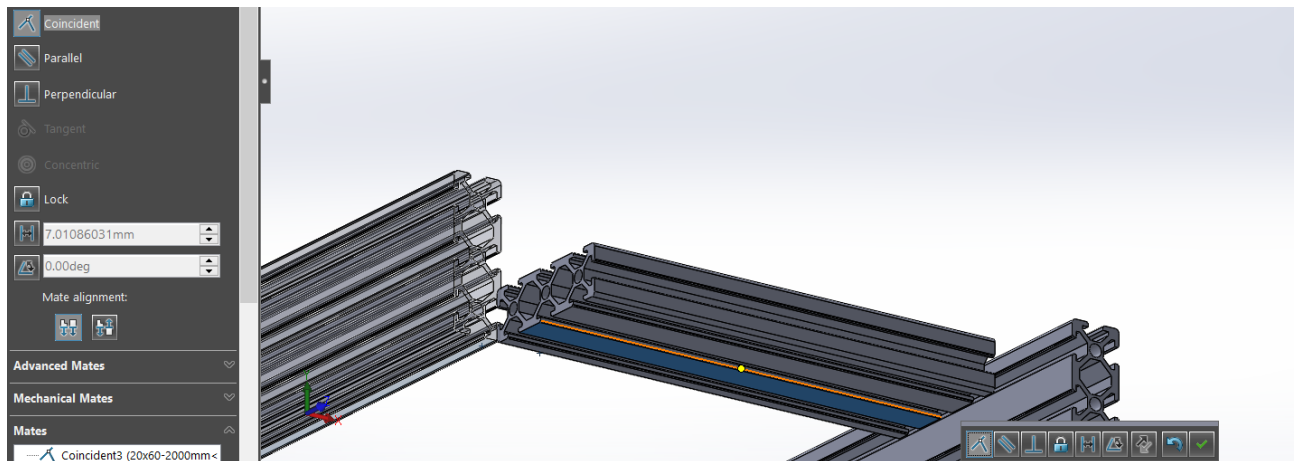


Рис 2.54. З'єднання напрямних поперечиною

Я отримав раму стола, далі додаю зверху напрямні, по яким буде рухатись візок, а саме два профіля 20x20-V.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53



Рис 2.55. Додавання до збірки двох профілів 20x20-V

Аналогічно прив'язую його до основи.

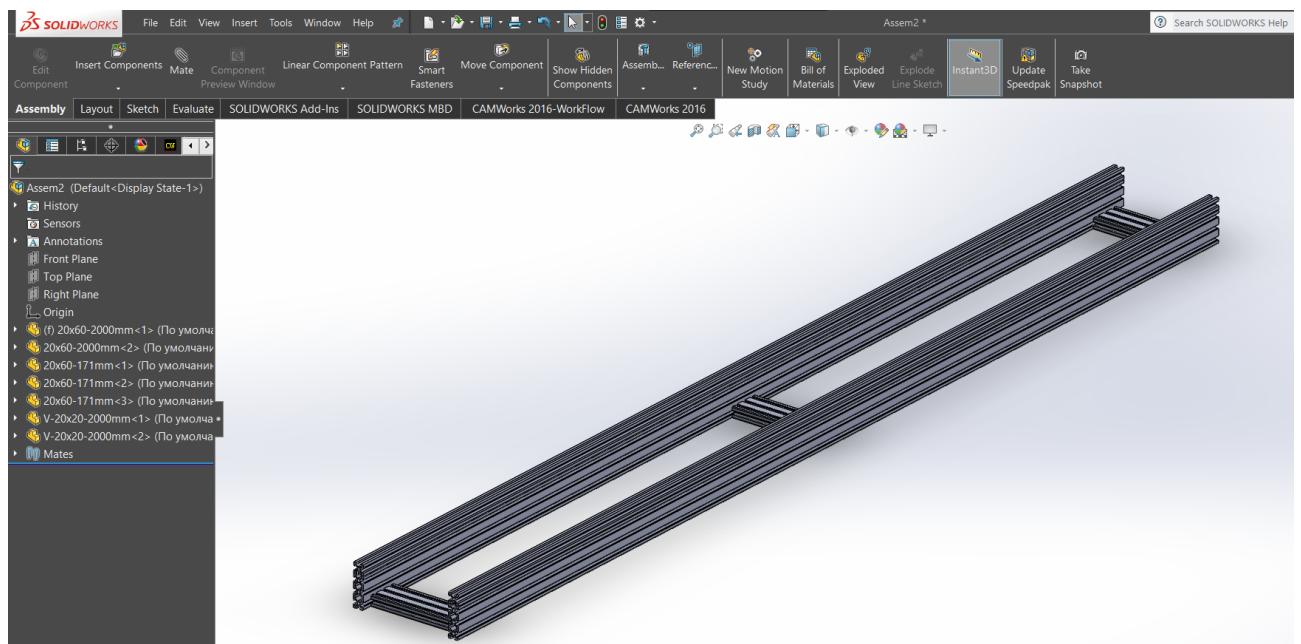


Рис 2.56. Основа стола

Далі додаю ніжки для стола, і приєдную їх до поперечини.

					МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

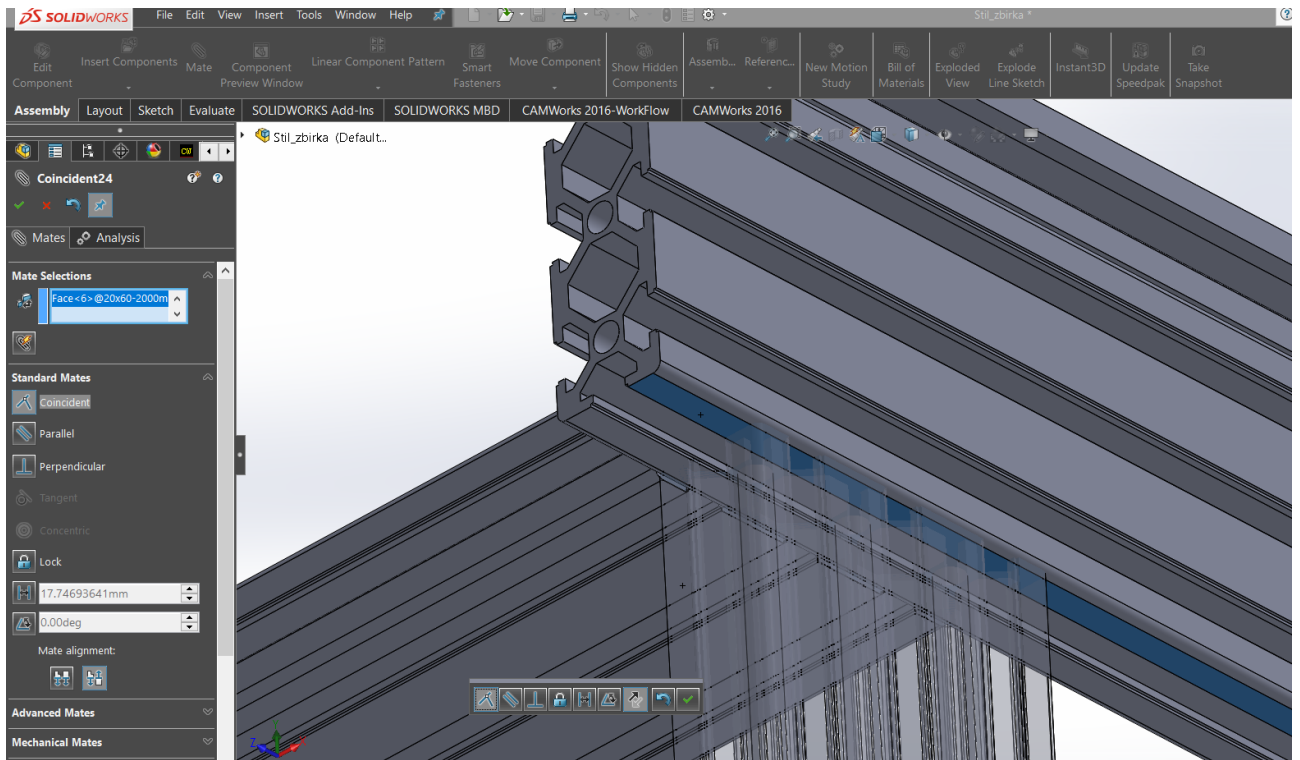


Рис 2.57. Приєднання ніжок до стола



Рис 2.58. Додавання розпорок між ніжками стола
Наступним кроком поперечени прив'язую до ножек стола.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

55

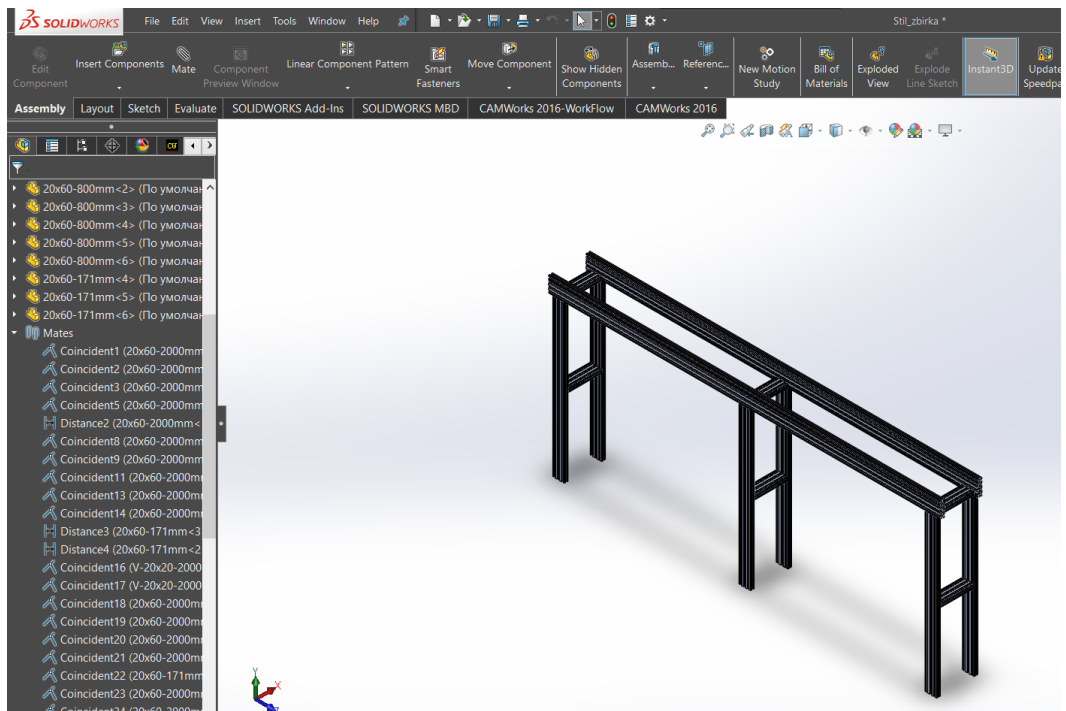


Рис 2.59. Стіл без навісних компонентів

Після того як я створив раму стола, додаю всі додаткові компоненти для функціонування пректу.

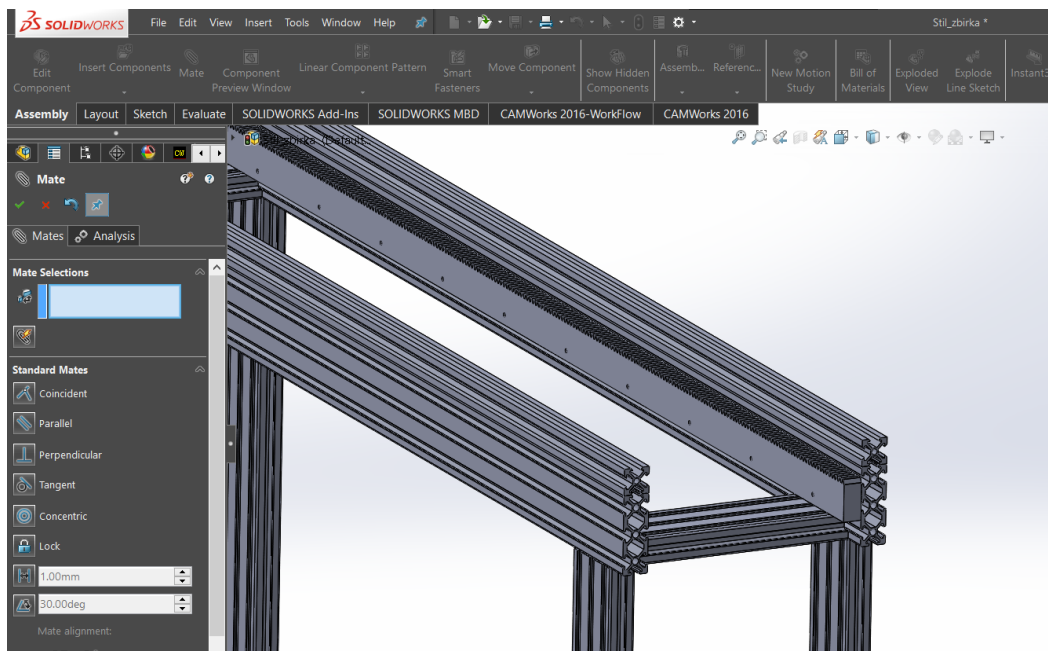


Рис 2.60. Додавання зубчастої рейки в збірку

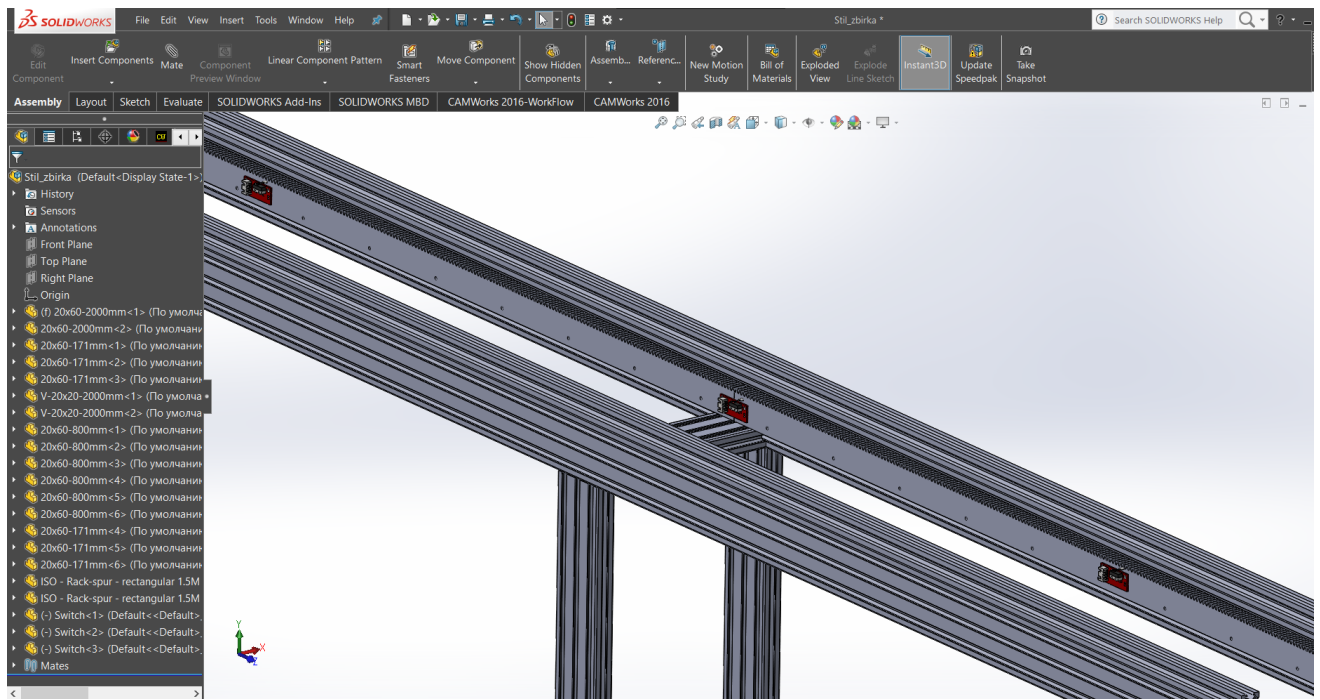


Рис 2.61. Виставлення механічних кінцевих вимикачів

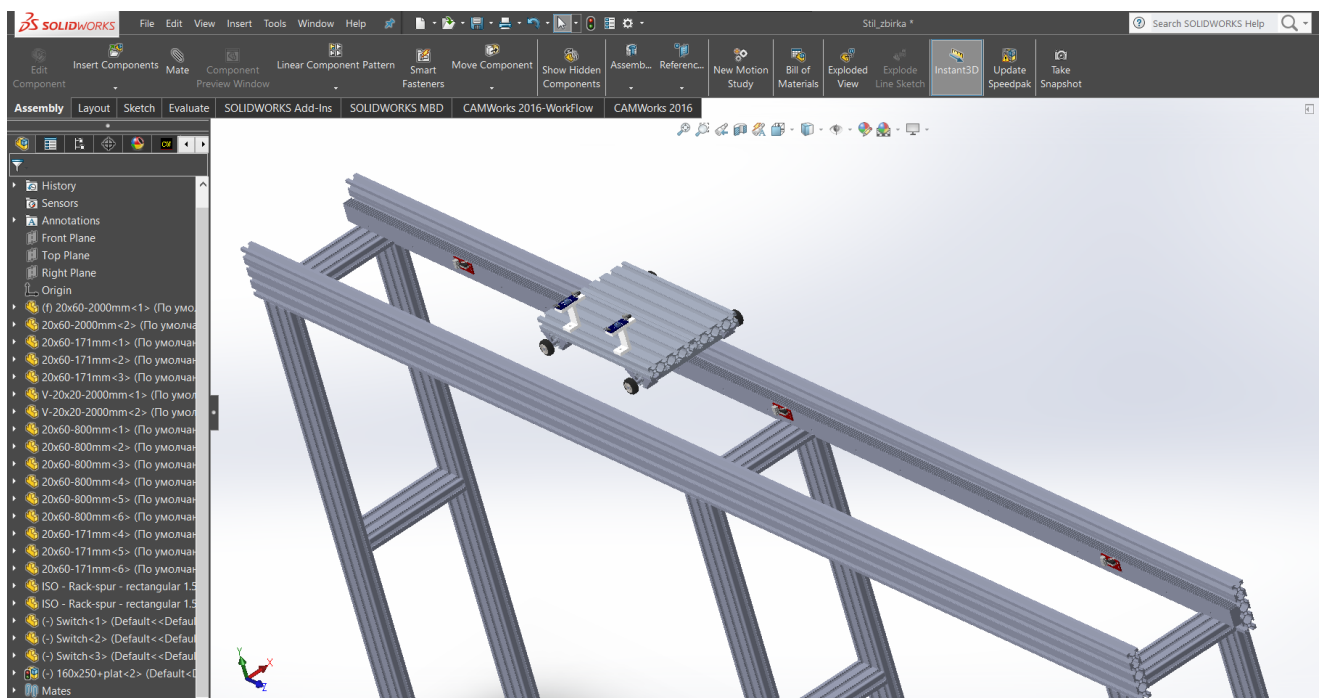


Рис 2.62. Прив'язка вимикачів до стола і додавання візка

Після додавання всіх компонентів проект матиме такий вигляд:

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



Рис 2.63. Кінцевий вигляд проекту

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		58

3.ПРОГРАМУВАННЯ ВІЗКА

3.1 Опис платформи програмування і мікроконтролера

Arduino - це open-source платформа, яка складається з двох основних частин: самої плати (часто званої мікроконтролер) та програмного забезпечення (спеціальної оболонки для програмування плати) або IDE (Integrated Development Environment).

Програмна частина складається з безкоштовної програмної оболонки (IDE) для написання програм, їх компіляції та програмування апаратури. **Апаратна** частина є набором змонтованих друкованих плат , що продаються як офіційним виробником, так і сторонніми виробниками. Повністю відкрита архітектура системи дозволяє вільно копіювати або доповнювати лінійку продукції Arduino.

Випускаються різні моделі Arduino. Деякі плати принципово відрізняються від наведеної нижче. Але більшість із них мають такі однакові вузли:

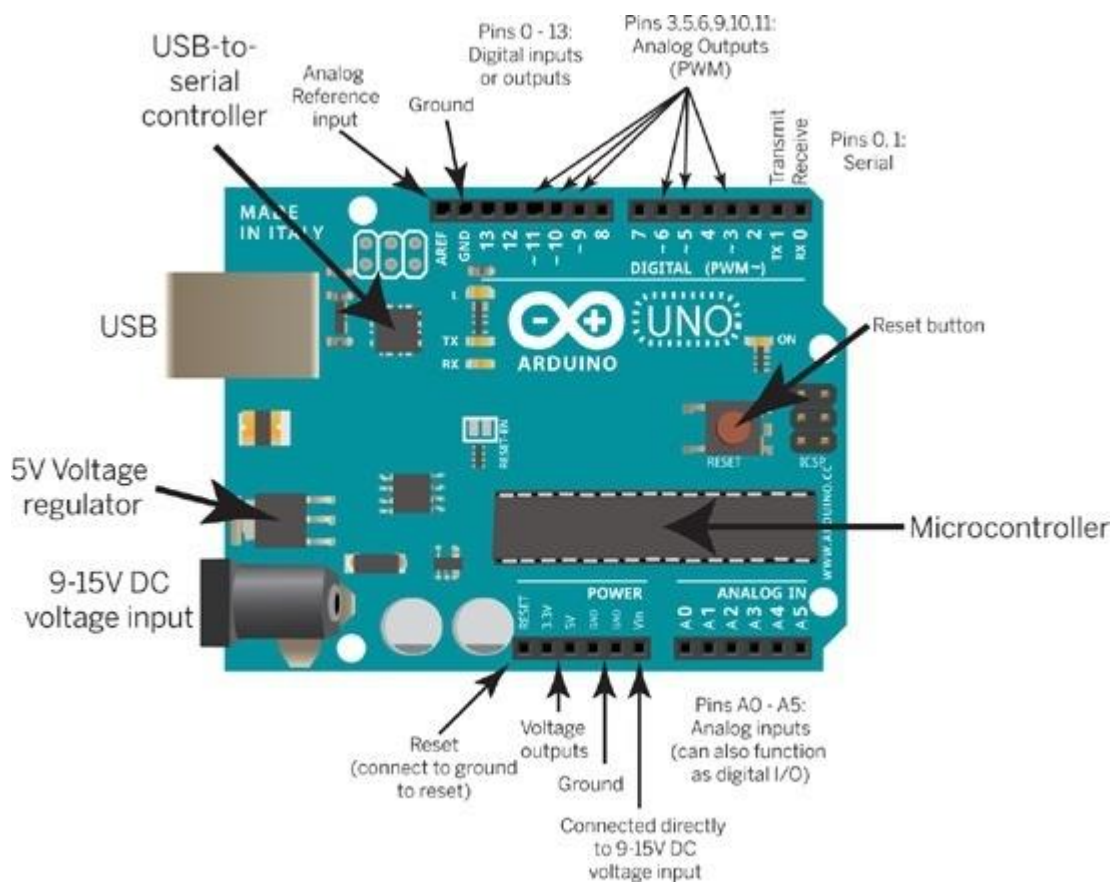


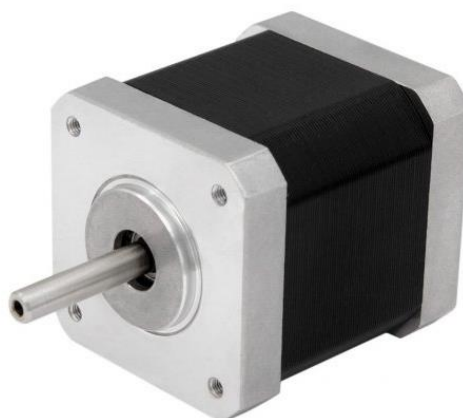
Рис. 3.1 Вузли плати Arduino

- 1) *Роз'єм живлення (USB / роз'єм для адаптера)*
- 2) *Роз'єми (піни) (5V, 3.3V, GND, Analog, Digital, PWM, AREF)*
- 3) *Кнопка скидання (Reset Button)*
- 4) *Світлодіод живлення*
- 5) *Світлодіоди TX та RX*
- 6) *Головна інтегральна мікросхема (IC)*
- 7) *Регулятор напруги*

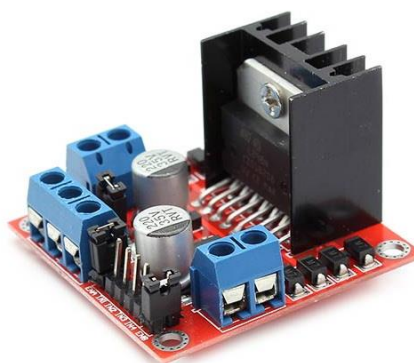
Arduino виробляє різні плати, кожна з яких має власні особливості. Крім того, Arduino дотримуються моделі open source, завдяки чому інші можуть модифікувати та виробляти клони Arduino, розширювати та змінювати їх функціонал та форм-фактор.

Для керування візком були підібрані наступні комплектуючі:

Кроковий двигун NEMA17 17HS8401 1.8A з роз'ємом 4pin



Драйвер крокового двигуна L298N для 3D принтера

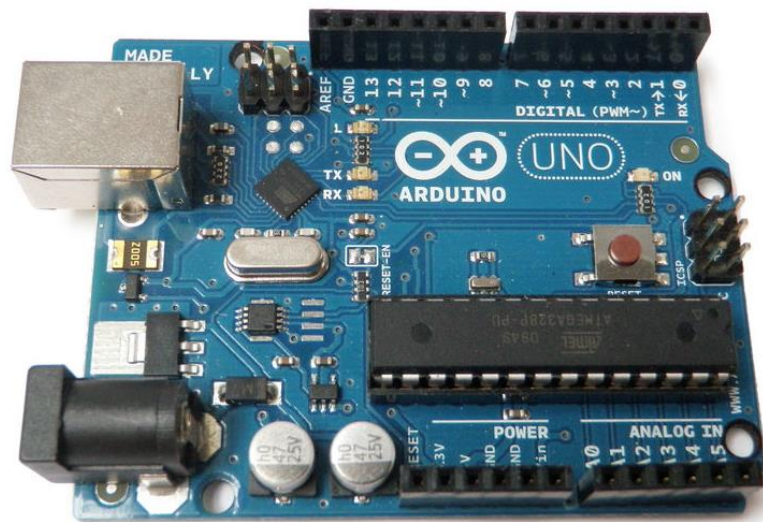


					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

Блок живлення OEM DC12 120W 10A TR-120-12



Плата Arduino Uno Rev3 (ATmega16U2)



Інфрачервоний датчик обходу перешкод Arduino



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

61

Кінцеві вимикачі



3.2 Розробка програми керування візком

Програма керування написана в програмі Arduino IDE.



Рис 3.2 вікно завантаження програми

Симуляція роботи двигуна проводиться в програмному середовищі Proteus 8.13.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

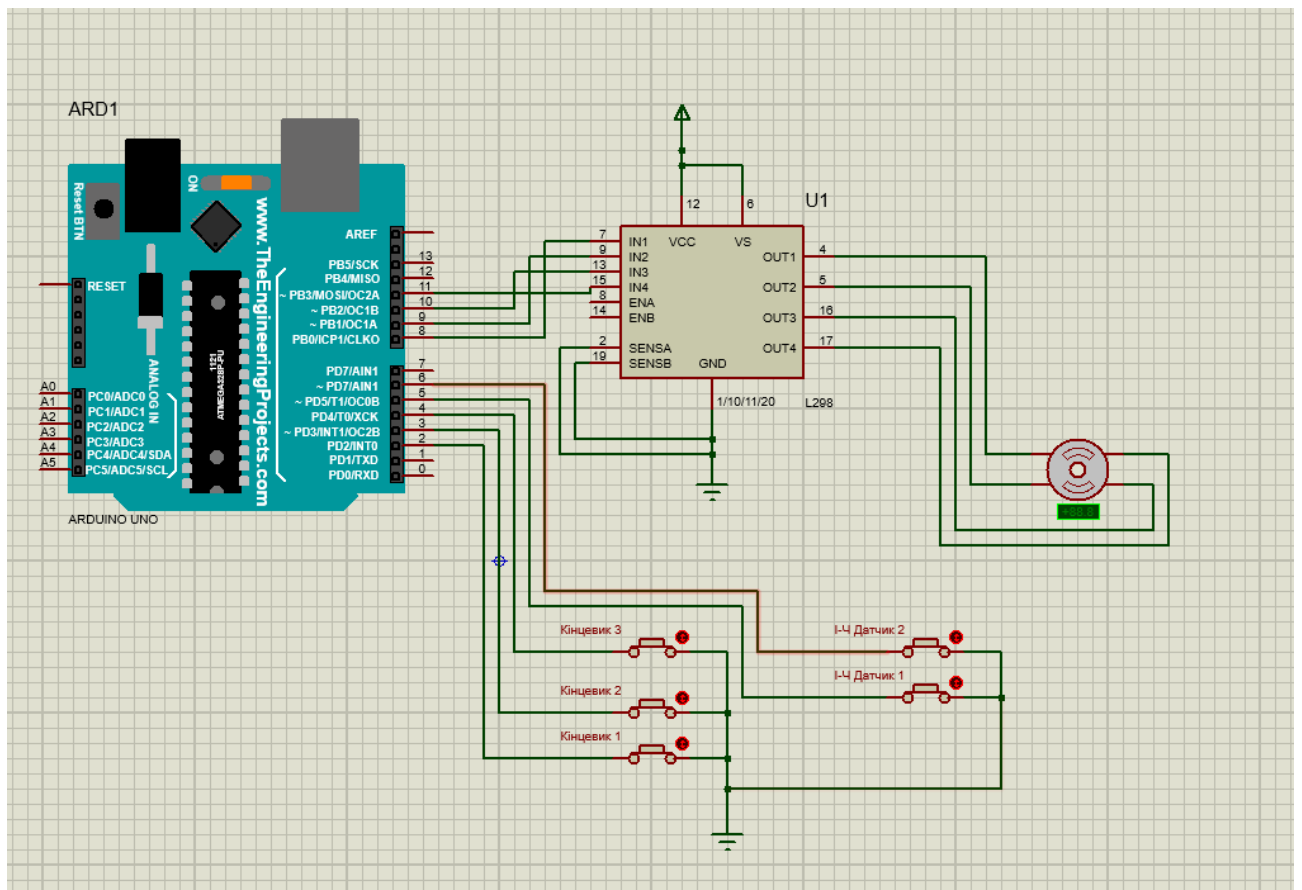


Рис 3.3. Схема підключення компонентів в програмному середовищі Proteus

4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис призначення та конструкції деталі

Нестандартна деталь кронштейн, який буде використовуватись для закріплення верстатного профіля 20X20-V зверху на профіль 20X60, виготовлений із алюмінієвого сплаву Д16Т (ГОСТ 4784-97). Кронштейн являє собою пластину із отворами, в які будуть вставлятися болти DIN 912 М4. Болти будуть закручуватися в пазові сухарі, які розташовані в пазах профіля 20X60. Закріплюватись пластина буде на зовнішній стороні стола із кожної його сторони, а саме вздовж двох напрямних стола.

Габарити деталі:

Розміри: 100X20X2 мм

Маса : 10.23 грам.

Матеріал: Д16Т (ГОСТ 4784-97).

Форма деталі:

Прямокутна пластина із дев'ятьма отворами діаметром 4,5 мм вздовж осі деталі.

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	σ_{02} , МПа	σ_B , МПа	δ , %	НВ	$\frac{KCU, КДж}{M^2}$	$\frac{K_{1C}, МН}{M^{3/2}}$	σ_{-1} , МПа
Д16Т	Al-Cu-Mg	300	440	20	130	250	44	120

Оскільки в програмі SolidWorks немає алюмінієвого сплаву Д16Т, то із списку вибираємо його аналог 2024-T4, і подальше визначення масогабаритних характеристик виконуємо згідно аналогу. Із таблиці 4.3 і рисунка 4.1 видно, що ці

					MP.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					64

сплави аналогічні по хімічному складі, але дещо відрізняються за механічними властивостями. В програмі для використання автоматичного обрахунку масогабаритних характеристик деталі використовуємо сплав 2024-T4 (Рис 4.2)

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 ²
Mass Density	2780	kg/m ³
Tensile Strength	470	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	325	N/mm ²
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 сплаву 2024-T4

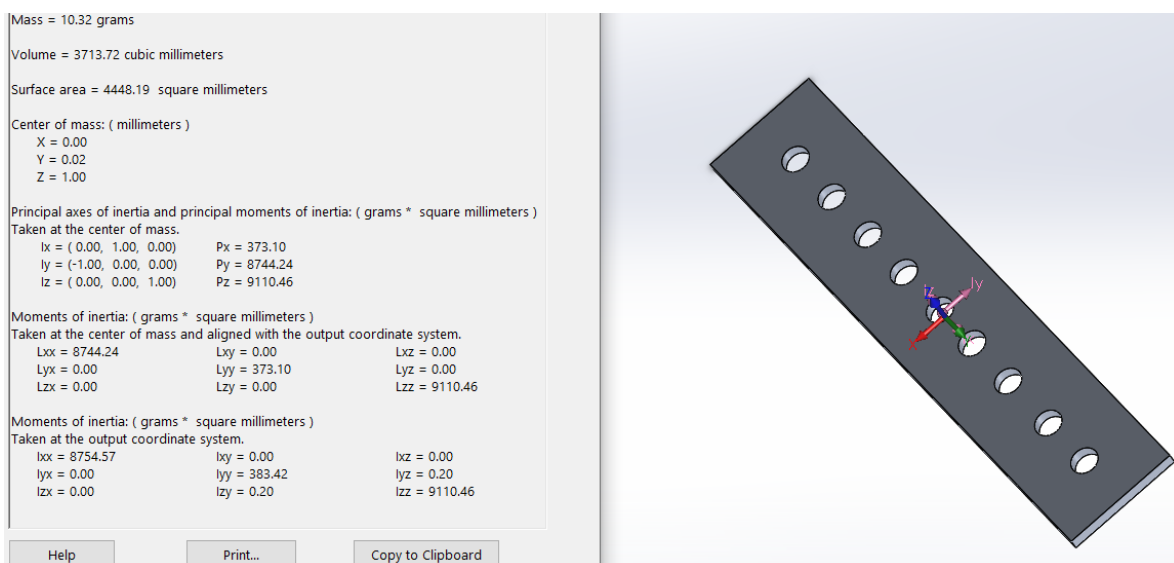


Рис 4.2 3D модель деталі "планка"

Креслення деталі представлено в додатку 2

					МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

4.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь – алюмінієва плита із сплаву Д16Т, заготовка виготовляється із прокату. Коефіцієнт оброблюваності деталі: $KV_M=11$.

Всі поверхні оброблятимуться на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК. Обраний верстат нормальної точності.

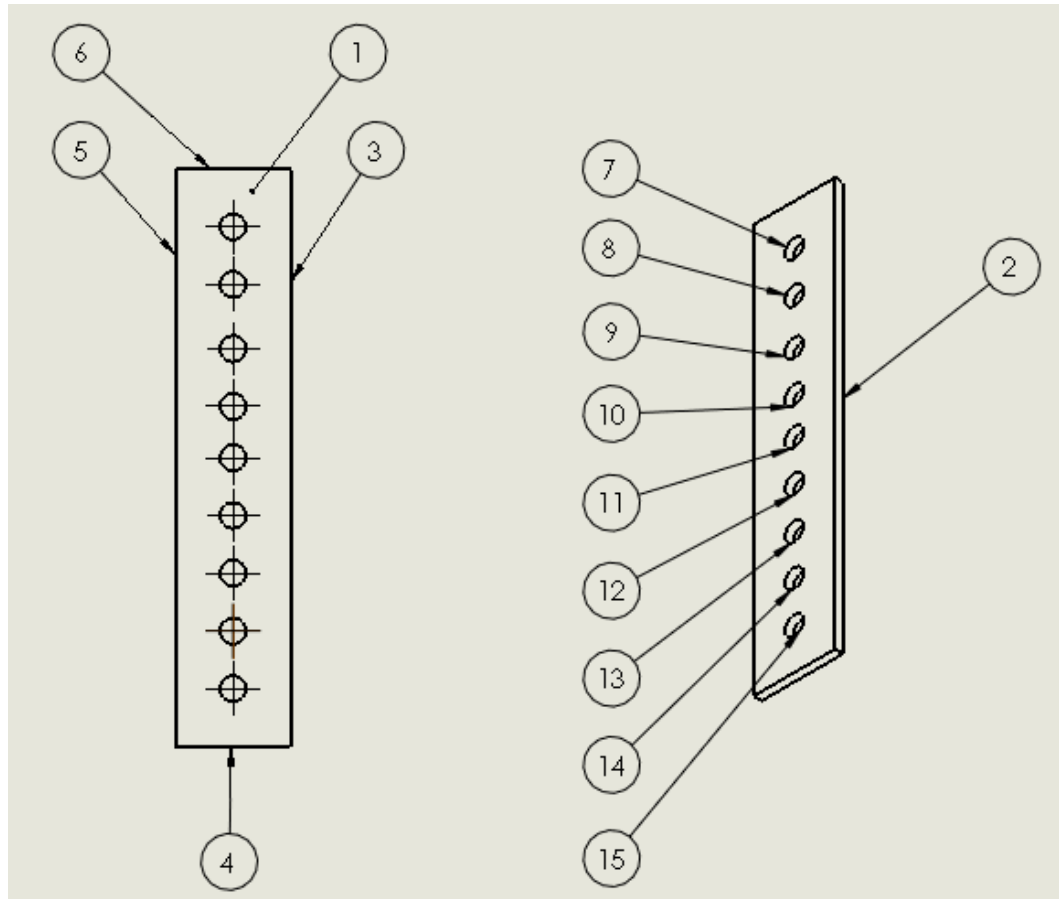


Рис 4.3. Креслення деталі з поверхнями

Табл 4.1 Конструкторські характеристики поверхонь

№	Назва поверхні	Розміри	Квалітет	Шорсткість
1	Зовнішня передня поверхня	100x20мм	h14	12,5
2	задня поверхня	100x20мм	h14	12,5
3	Торець правий	100x2мм	h14	12,5
4	Торець нижній	20x2мм.	h14	12,5
5	Торець лівий	100x20мм.	h14	12,5
6	Торець верхній	20x2мм.	h14	12,5
7-15	Отвори	9 отв. Ø4.5мм.	H9	2,5

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

66

4.3 Верстатне обладнання

Обробка деталі «кронштейн» буде проводитись на 3-х координатному фрезерному верстаті з ЧПК 800*1200*240, який знаходиться в Центрі інноваційного розвитку.[12]

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



Рис 4.4. 3-х координатний фрезерний верстат з ЧПК

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

Таблиця 4.2 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:

- 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.

4.4. Вибір різального інструменту та підбір режимів різання.

Для виготовлення деталі необхідно використати два інструмента: свердло діаметром 4,5мм і кінцеву фрезу діаметром 10мм. Інструменти і режими різання для операції вибираємо із конфігуратора, який є на сайті www.sandvik.coromant.com. [13]

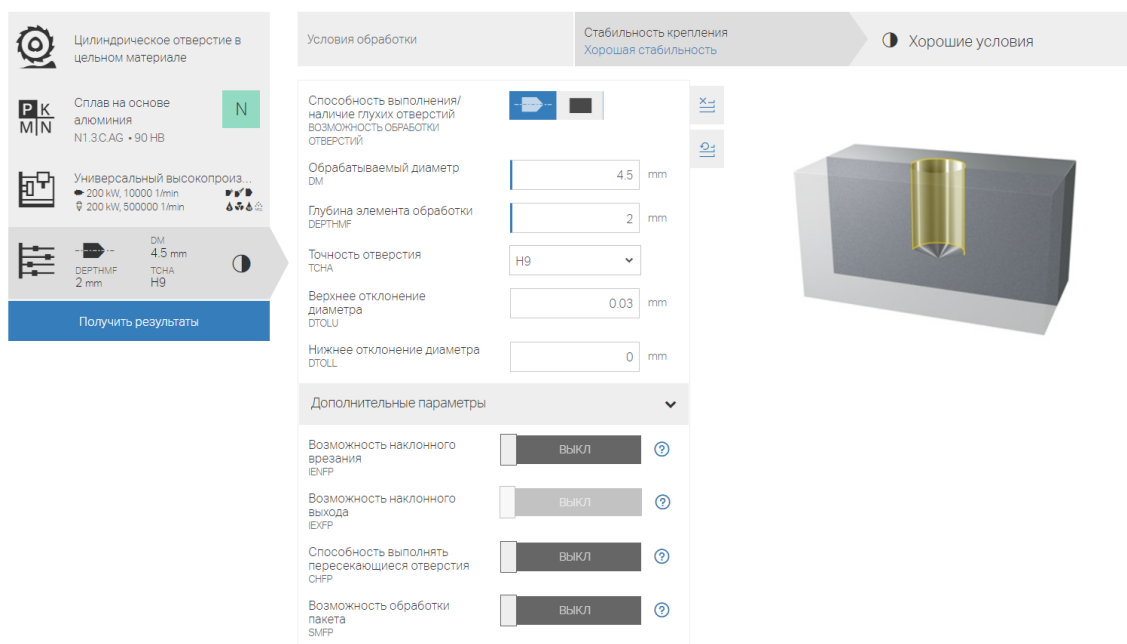


Рис 4.5. Вказуємо вихідні дані інструменту

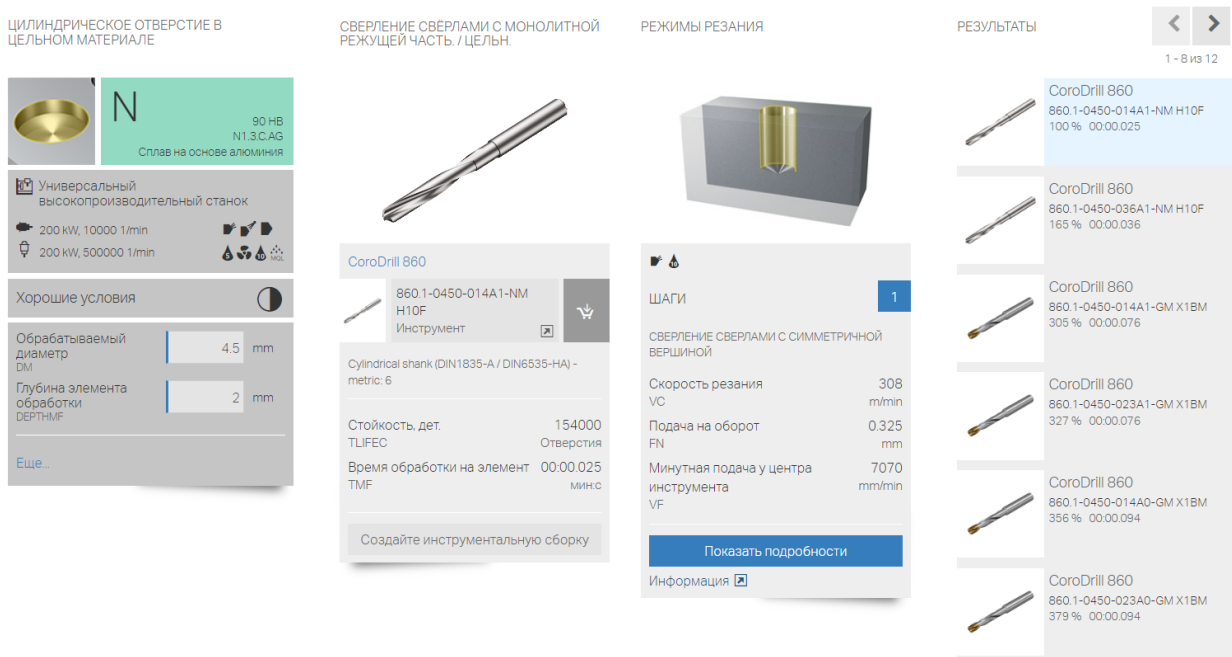


Рис 4.6. Список інструментів

860.1-0450-014A1-NM H10F

Твердосплавное сверло CoroDrill® 860

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



Specific representation

Рис 4.7. Вибраный інструмент

Данные о продукции

Классификация материала, уровень 1 (TMC1ISO)	N
Диаметр резания (DC)	4.5 mm
Точность отверстия (TCHN)	H7
Рабочая длина (LU)	14.1 mm
Отношение рабочей длины к диаметру (ULDR)	3.133
Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank (DIN6535-HA) - metric: 6
Допуск на диаметр соединения (TCDCON)	h6
Сплав (GRADE)	H10F
Основа сплава (SUBSTRATE)	HF
Стандарт (BSG)	DIN 6537 K
Тип подвода СОЖ к инструменту (CNSC)	4; axial concentric entry on circle
Давление СОЖ (CP)	20 bar
Диаметр соединения (DCON)	6 mm
Угол при вершине (SIG)	130 deg
Высота режущей части (PL)	0.6 mm
Общая длина (OAL)	66 mm
Функциональная длина (LF)	65.4 mm
Длина стружечной канавки (LCF)	24 mm
Мак число переточек (NORGMX)	3
Мак частота вращения (RPMX)	33 953 1/min
Масса элемента (WT)	0.03 kg
Release date (ValFrom20)	2012-09-19
CoroPak (RELEASEPACK)	12.2

Диаметр різання (DC) **4.5 мм**

Робоча довжина (LU) **14.1 мм**

Точність отвору (TCHN) **H7**

Отвір наскрізний.

Глибина отвору 2мм

Рис 4.8. Характеристики свердла

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ

Арк.

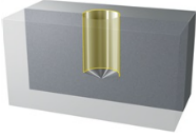
70

Режими різання вибираємо за рекомендаціями сайту.

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ / ЦЕЛЬН.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВН... РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРЕДЕЛЫ

CO₂ EMISSIONS **NEW**



VC [mm/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ
308	0.325	21800
VF [mm/min] МИНУТНАЯ ПОДАЧА У ЦЕНТРА ИНСТРУМЕНТА	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ
7070	1.61	0.706
FFF [N] УСИЛИЕ ПОДАЧИ	DEPTH [mm] ГЛУБИНА	
237	2	

ПОЯСНЕНИЕ

1 Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 860

860.1-0450-014A1-NM
N10F
Инструмент

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

СОЖ

- Внутренний
- Эмульсия 10%

Цилиндрическое отверстие в цельном материале

N N1.3.C.AG 90 НВ

Универсальный высокопроизводительный станок

- 200 kW, 10000 1/min
- 200 kW, 500000 1/min

ПОЯСНЕНИЕ

1 Сверление сверлами с симметричной вершиной

Рис 4.9. Рекомендовані режими різання

VC швидкість різання 308 мм/хв

FN подача на оберт 0.325 мм/об

N частота обертання шпинделя 21800 1/хв

VF хвилинна подача 7070 мм/хв

PPC потужність різання 1.61 кВт

MMC крутний момент 0.706 Нм

DEPTH глибина різання 2 mm

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Далі вибираю кінцеву фрезу і вказую умови роботи кінцевої фрези

Уступ

Сплав на основі алюмінія
N1.3.C.AG - 90 HB

Універсальний обрабатуючий центр
28 kW, 18000 1/min

DEPTH 5 mm WIDTH 10 mm
LENGTH 490 mm RE Не установленно

Получить результаты

Условия обработки	Положение оси шпинделя вертикальное / положение шпинделя	Стабильность крепления Хорошая стабильность
Тип операции СТРТ	Черновая обр...	<input checked="" type="radio"/> Хорошие условия
Глубина элемента обработки DEPTH	<input type="text" value="5"/> mm	
Ширина WIDTH	<input type="text" value="10"/> mm	
Длина LENGTH	<input type="text" value="490"/> mm	
Радиус при вершине RE	<input type="text" value=""/> mm	
Номинальный радиус при вершине REN	<input type="text" value=""/> mm	
Мак радиус при вершине REX	<input type="text" value=""/> mm	
Динамическое фрезерование		
Применяйте динамическое фрезерование	<input checked="" type="checkbox"/> ВКЛ	
Угол режущей дуги RHS	<input type="text" value=""/> °	
Инструмент		
Диаметр резания DC	<input type="text" value=""/> mm	
Мин диаметр резания DCN	<input type="text" value="5"/> mm	
Мак диаметр резания DCX	<input type="text" value="5"/> mm	

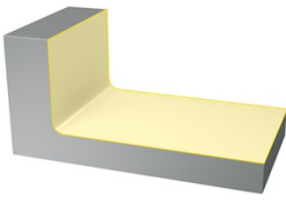



Рис 4.10. Умови різання кінцевою фрезою

УСТУП



N 90 HB
N1.3.C.AG
Сплав на основе алюминия

Универсальный обрабатывающий центр
28 kW, 18000 1/min

Черновая обработка

Глубина элемента обработки
DEPTH 5 mm


Ширина
WIDTH 10 mm

Длина
LENGTH 490 mm

Мак радиус при вершине
REX

Еще...

ФРЕЗЕРОВАНИЕ УСТУПОВ / ЦЕЛЬН.



CoroMill Plura
2P340-0500-PA 1630
Инструмент

Cylindrical shank (DIN 1835-A / DIN 6535-NA) - metric: 6

Мак диаметр резания DCX 5 mm

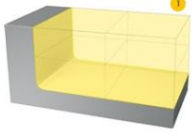
Мак глубина резания ARMX 13 mm

Стойкость, дет. TLIFEC 654 Поверхности

Время обработки на элемент TMF 00:24.060 мин:с

Создайте инструментальную сборку

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 283 m/min

Подача на зуб FZ 0.0545 mm

Показать подробности

Информация

РЕЗУЛЬТАТЫ

1 - 8 из 46

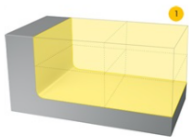
- CoroMill Plura 2P340-0500-PA 1630 100% 00:24.060
- CoroMill Plura 2P340-0500-PB 1630 100% 00:24.060
- CoroMill Plura 1P341-0500-XA 1620 108% 00:24.060
- CoroMill Plura 1P341-0500-XA 1630 116% 00:24.060
- CoroMill Plura 1P221-0500-XA 1630 120% 00:28.860
- CoroMill Plura 1P221-0500-XB 1630 120% 00:28.860

Рис 4.11. Підбір кінцевої фрези

Рекомендовані режими різання

ФРЕЗЕРОВАНИЕ УСТУПОВ / ЦЕЛЬН. < > ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВН... РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕНИТЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛА ПРОХОДОВ ПРОГИБ CO₂ EMISSIONS NEW



VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FZ [mm] ПОДАЧА НА ЗУБ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ
283	0.0545	18000
VFM [mm/min] ПОДАЧА НА ОБРАБАТЫВАЕМОМ ДИАМЕТРЕ	AE [mm] ШИРИНА ФРЕЗЕРОВАНИЯ	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ
3920	3.33	5
NORAE ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AE	NORAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ
3	1	0.618
MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	QQ [cm ³ /min] СКОРОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА	
0.328	65.4	

ПОЯСНЕНИЕ

1 Предварительная обработка

CoroMill Plura

2R340-0500-PA 1630
Инструмент

Соединение
Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) -metric: 6
СОЖ
Наружный
Эмульсия 10%

Уступ

N N1.3.C.AG 90 HB

Универсальный обрабатывающий центр
φ 28 kW, 18000 1/min

ПОЯСНЕНИЕ

1 Предварительная обработка

Рис 4.12 Вибір режимів різання

VC швидкість різання 283 мм/хв

FZ Подача на зуб 0.0545 мм

N частота обертання шпинделя 18000 1/хв

VFM подача на оброблюваному діаметрі 3920 мм/хв

AE ширина фрезерування 3.33 мм

AP глибина різання 5mm

NORAE число проходів у напрямку AE 3

NORAP число проходів у напрямку AP 1

PPC Потужність різання 0.618 кВт

MMC Крутний момент 0.328 Нм

QQ швидкість знімання матеріалу 65.4 см³/хв

					MP.ПМКМ-4.100.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Отже, для фрезерування деталей обираю фрезу:

2P340-0500-PA 1630

Концевые фрезы CoroMill® Plus для высокопроизводительного фрезерования уступов

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



Specific representation

Рис 4.13. Вибраний інструмент (кінцева фреза Sandvik 2P340-0500-PA 1630)

Классификация материала, уровень 1 (TMC1ISO)	P K	Основа сплава (SUBSTRATE)	HC
Диаметр резания (DC)	5 mm	Покрытие (COATING)	PVD AlCrN
Диаметр резания, контакт по торцу (DCF)	4,74 mm	Стандарт (BSG)	DIN 6527 L
Фаска при вершине (KCH)	45 deg	Тип подвода СОЖ к инструменту (CNBC)	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 (GAMF)	12 deg
Рабочая длина (LU)	13 mm	Главный передний угол осевой (GAMP)	13,5 deg
Число эффективных периферийных реж. кромок (ZEFP)	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 4.14. Характеристики кінцевої фрези

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Таблиця 4.3. Технологічний процес обробки деталі

№ оп.	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою, інструмент
010	Фрезерна з ЧПК 1. Свердлити наскрізний отвір Ø4,5H9 2. Виконати фрезерування по контуру	Фрезерний верстат з ЧПК 800*1200*240	Свердло 4.5mm Sandvik 860/1-0450-014A1-NMH10F Кінцева фреза Sandvik 2P340-0500-PA 1630

4.5 Симуляція обробки деталі в програмі CAMworks

В CAMworks створюю заготовку деталі- плиту, із якої вона буде вирізатись

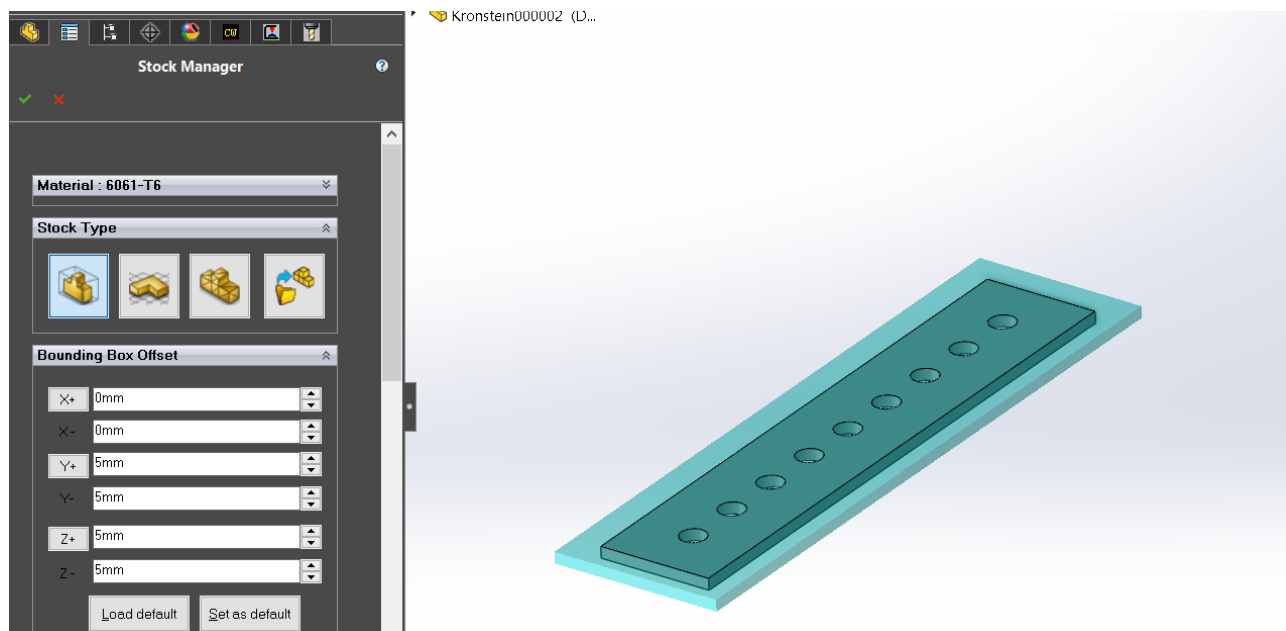


Рис 4.15. Встановлення параметрів заготовки

Задаю параметри для обробки, вибираю стандартний трьох-осевий фрезерний верстат із ЧПК

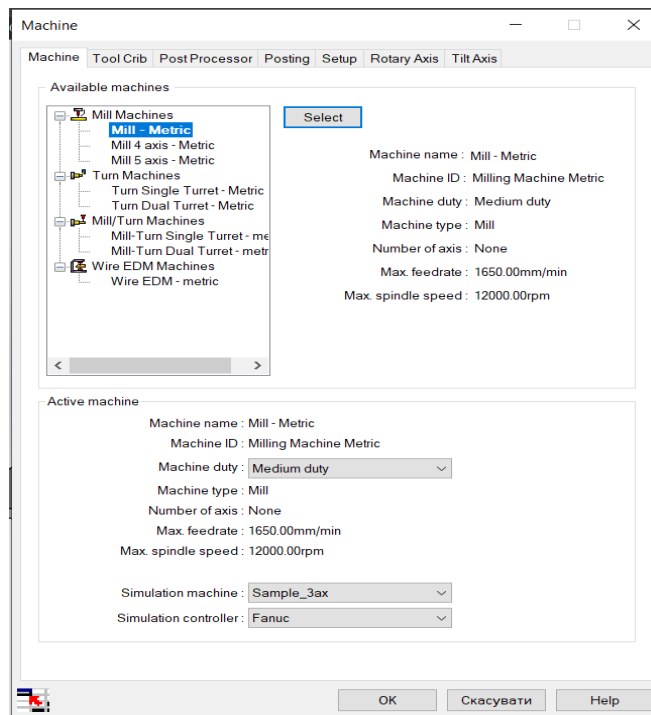


Рис 4.16. Вибір верстата

Перша операція - свердління, для початку вибираю інструмент із стандартної бібліотеки свердл.

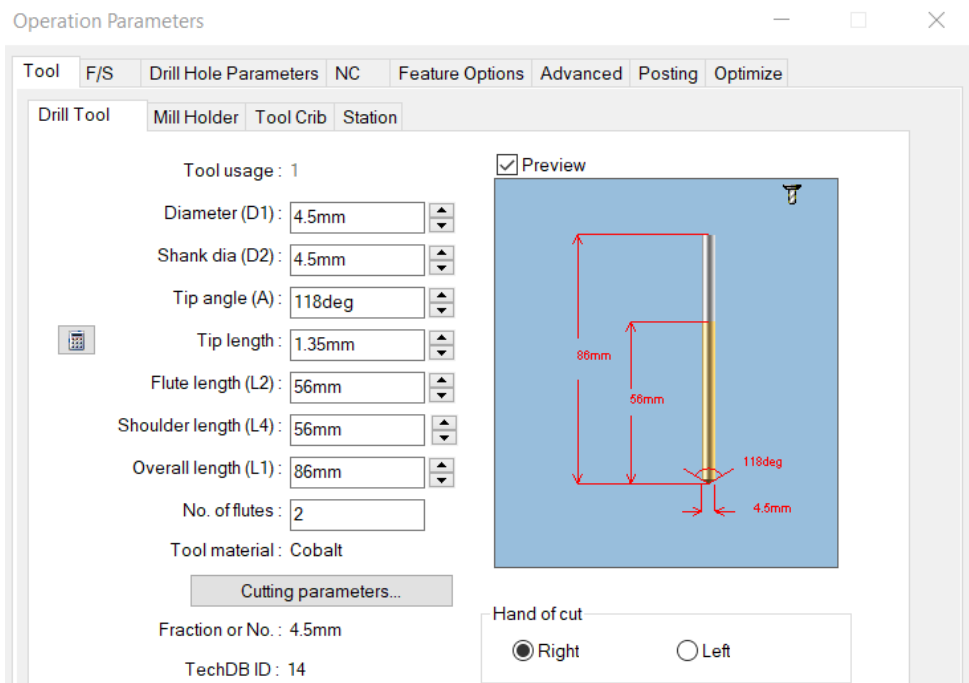


Рис 4.17. Вибір параметрів свердла

Параметри свердління вказуємо рекомендовані для свердла Sandvik 860.1-0450-014A1-NM H10F

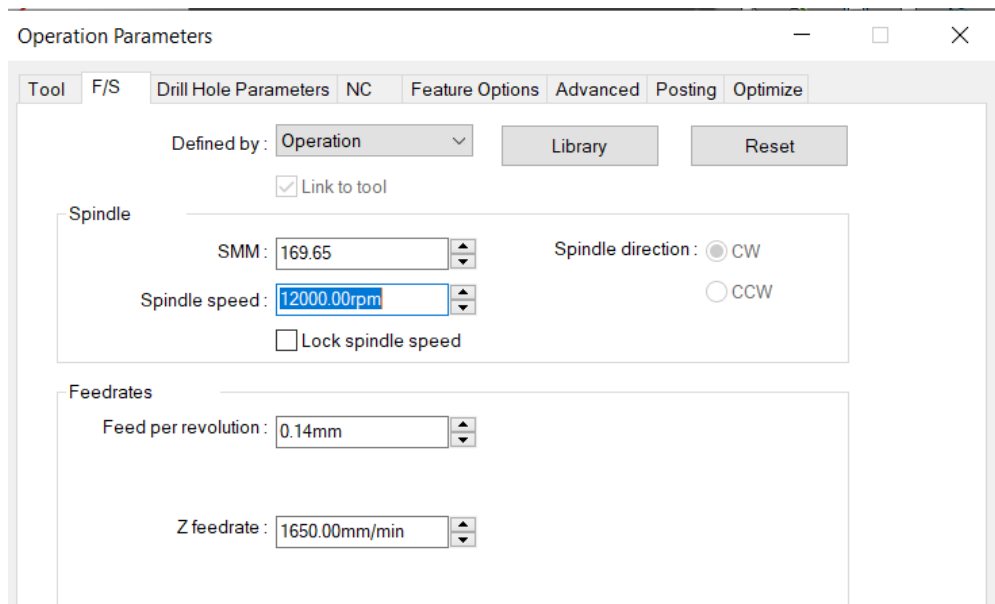


Рис 4.18. Встановлення режимів різання

Глибину вказуємо згідно товщини деталі

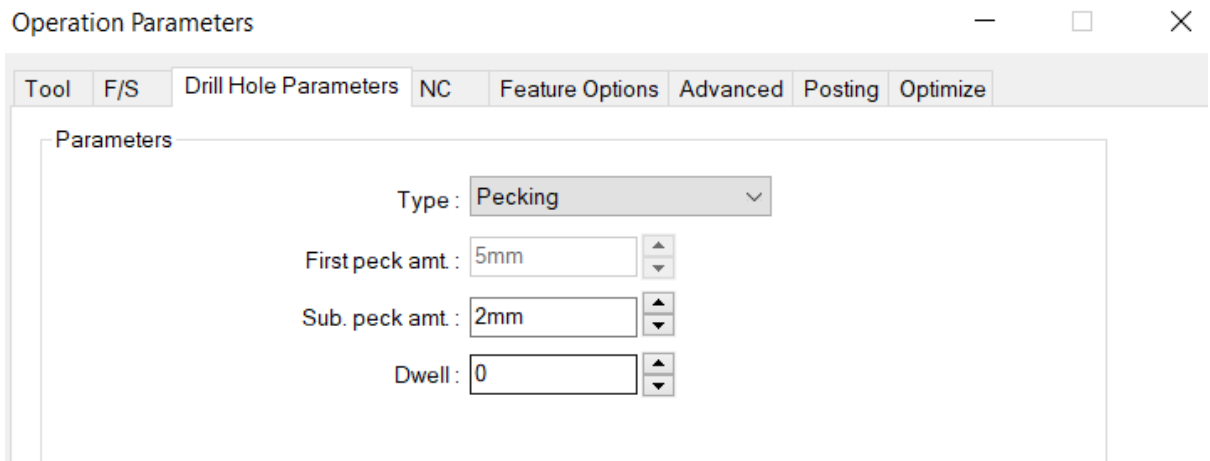


Рис 4.19 Параметри свердління отвору

Вказую початкову висоту свердла R-point і висоту ввімкнення обертання шпинделя S-point.

Tool	F/S	Drill Hole Parameters	NC	Feature Options	Advanced	Posting	Optimize
------	-----	-----------------------	----	-----------------	----------	---------	----------

<p>Rapid plane is</p> <p>Top of Feature</p> <p>Distance : 10mm</p> <p><input type="checkbox"/> Use Setup Definition</p>	<p>Preview</p>
<p>Clearance plane is</p> <p>Top of Feature</p> <p>Distance : 5</p> <p><input type="checkbox"/> Use Setup Definition</p>	<p>Preview</p>
<p>Feed plane is</p> <p>Previous Machined Depth</p> <p>Distance : 0mm</p>	<p>CNC finish parameters</p> <p>CNC compensation</p> <p><input checked="" type="radio"/> Off</p> <p><input type="radio"/> On</p>
<p>Retract between features</p> <p><input type="checkbox"/> Use skim plane</p> <p>Distance : 0mm</p> <p><input checked="" type="radio"/> Rapid plane (G98)</p> <p><input type="radio"/> Clearance plane (G99)</p>	<p>Toolpath center</p> <p><input checked="" type="radio"/> With compensation</p> <p><input type="radio"/> Without compensation</p>
	<p>Rotary axis mode</p> <p><input type="radio"/> Free</p> <p><input checked="" type="radio"/> Fixed</p> <p><input type="checkbox"/> Polar / cylindrical interpolation</p>

Рис 4.20. Параметри підходу свердла

Інші параметри залишаємо за замовчуванням

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Operation Parameters

Tool F/S Drill Hole Parameters NC Feature Options Advanced Posting Optimize

Optimization

Method: Shortest Path

Reverse direction

Start point

Corner Bottom left

Entity select None

Last closest

Grid parameters

Direction: Horizontal

Pattern: Zigzag

Band width: 0.25mm

Toolpath analysis

	Segments	Length %	Min	Max
Lines:	9	100	X: 0mm	0mm
Arcs:	0	0	Y: -40mm	40mm
Total:	9	100	Z: -3.35mm	10mm

Estimated machining time

	Toolpath Length	Time (min)
Feed:	75.16mm	0.045
Rapid:	214.62mm	0.084
Non Cutting:		0.05
Total:	289.78mm	0.18

Рис 4.21. Параметри операції свердління

Після всіх налаштувань траєкторія руху свердла буде такою

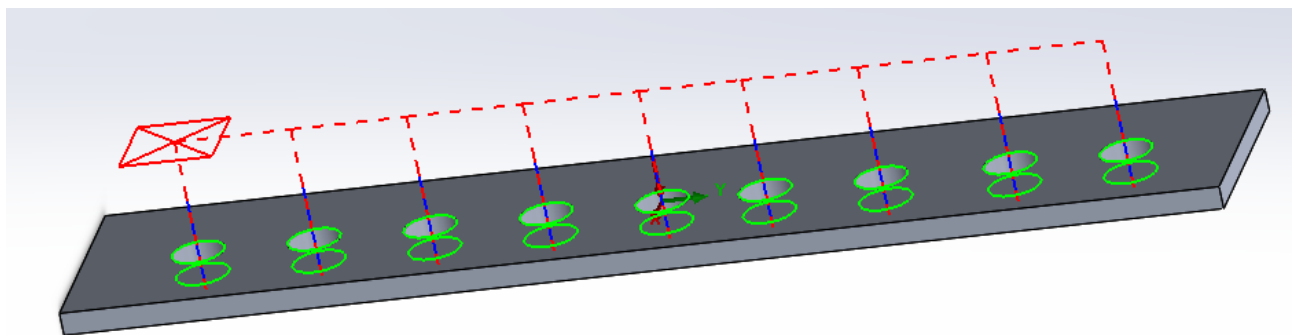


Рис 4.22. Траєкторія руху свердла Sandvik 860.1-0450-014A1-NM H10F

Після створення траєкторії руху інструмента проводжу симуляцію свердління отворів

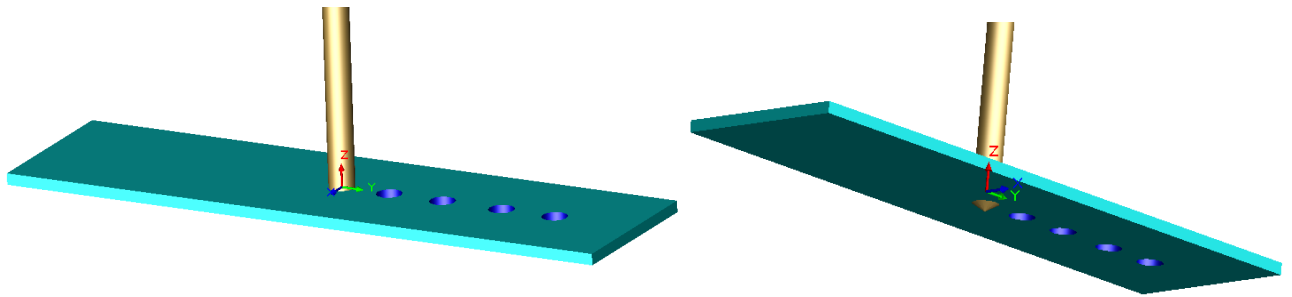


Рис 4.23. Симуляція свердління отворів

Наступним кроком проводимо обточування по контуру. Вибираємо аналог із списку інструментів, або вказуємо вручну вихідні параметри вибраної кінцевої фрези

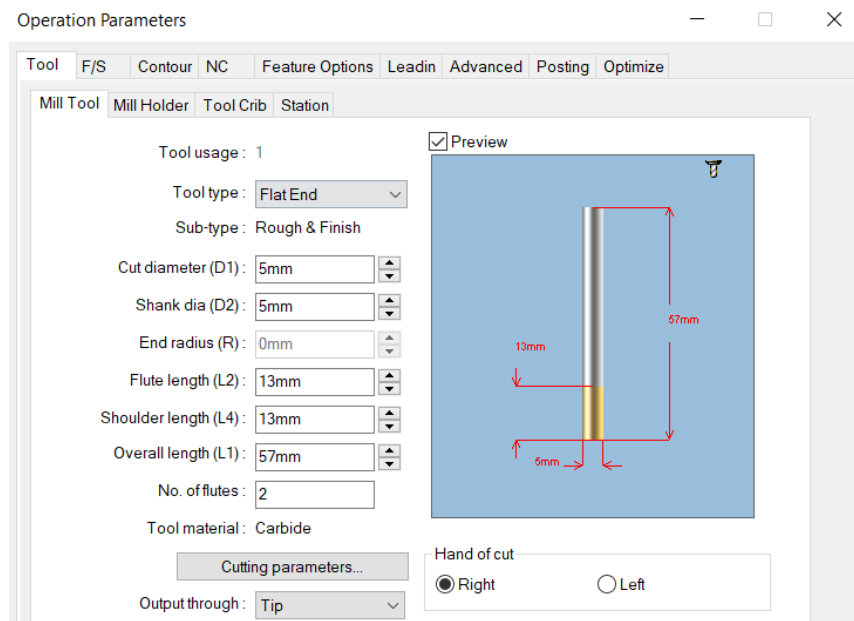


Рис 4.24. Параметри вибраної кінцевої фрези

Режими різання вказуємо рекомендовані для кінцевої фрези Sandvik 2P340-0500-PA 1630

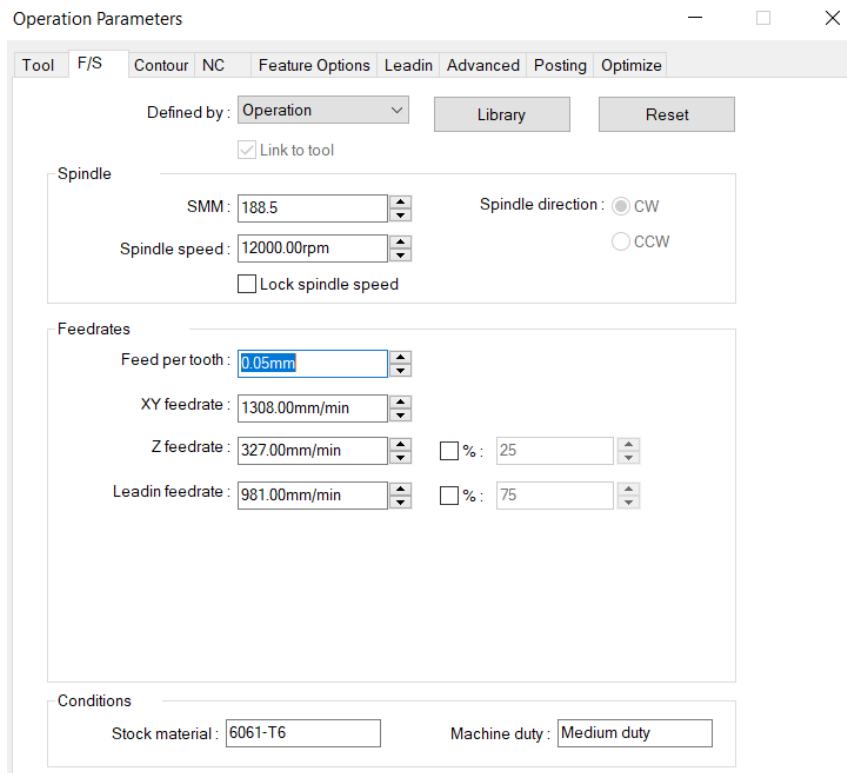


Рис 4.25. Режим різання фрези

Вказую R-point і S-point.

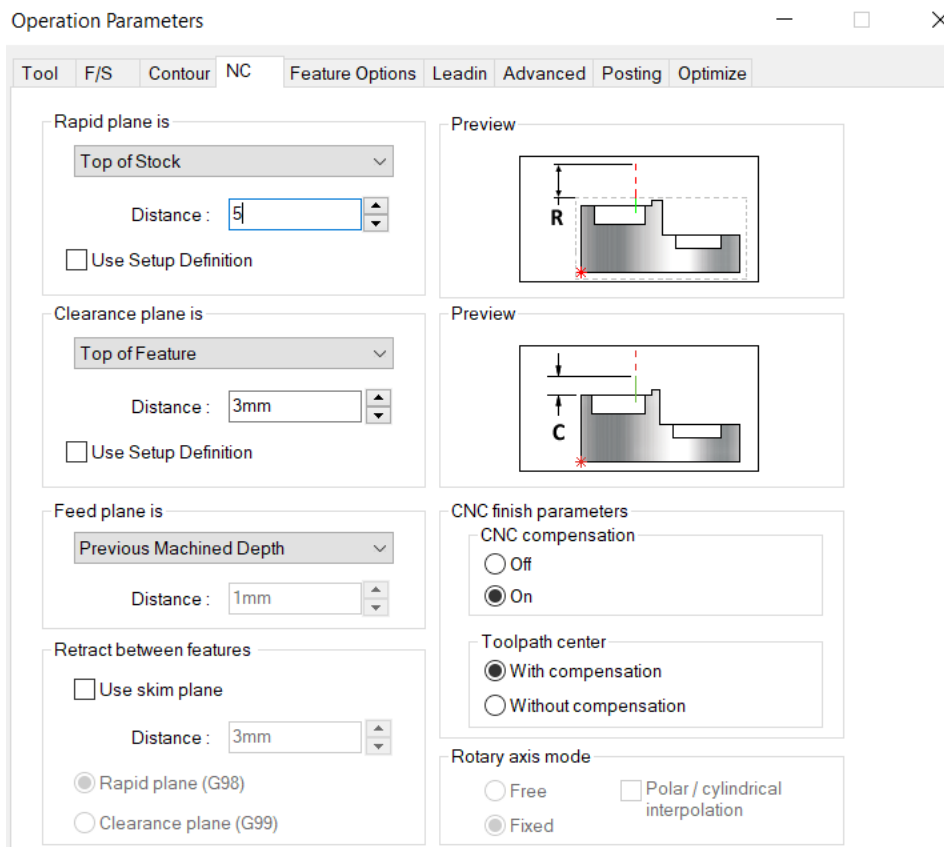


Рис 4.26 Висота R-point і S-point

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ

Арк.

81

Також міняю тип траєкторії обробки

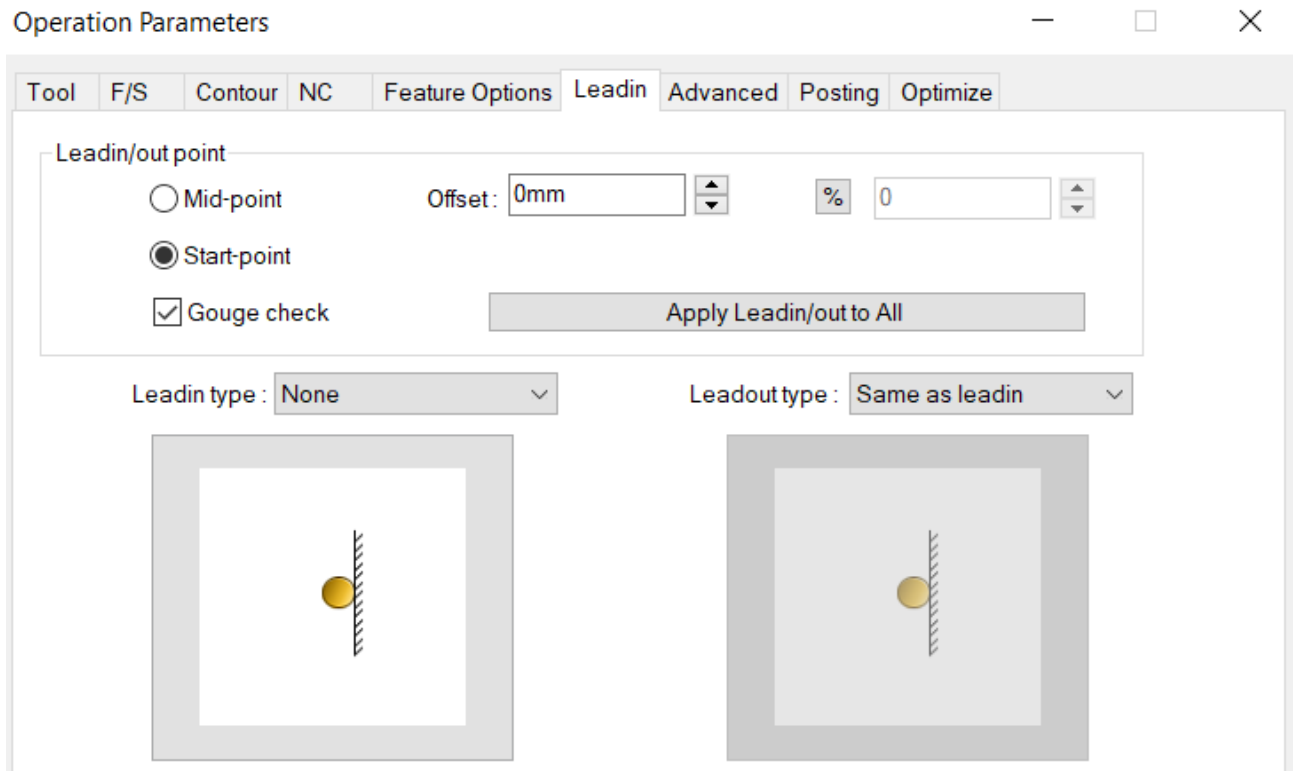


Рис 4.27 Стратегія обробки контуру заготовки

Згідно налаштувань отримаю таку траєкторію руху кінцевої фрези

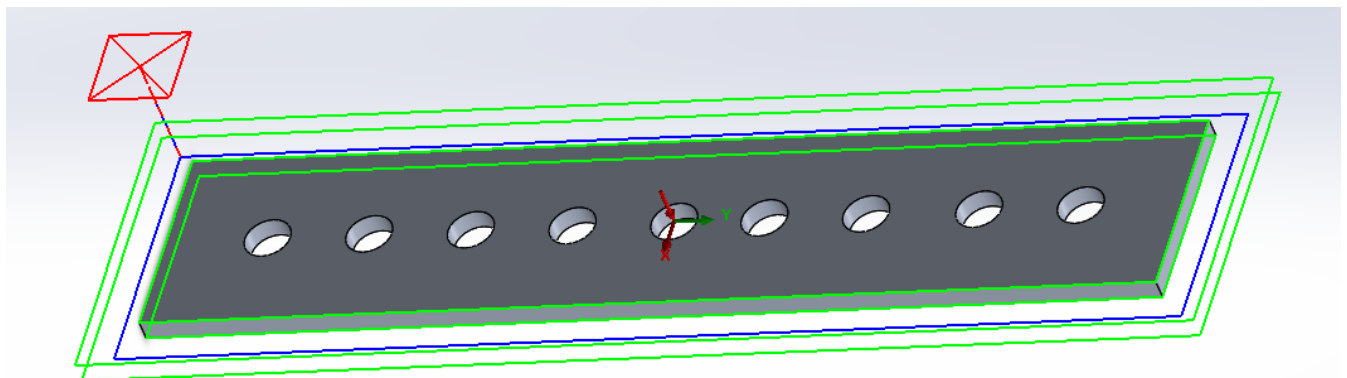


Рис 4.28. Траєкторія руху кінцевої фрези Sandvik 2P340-0500-PA 1630

Запускаю симуляцію обробки деталі по контуру

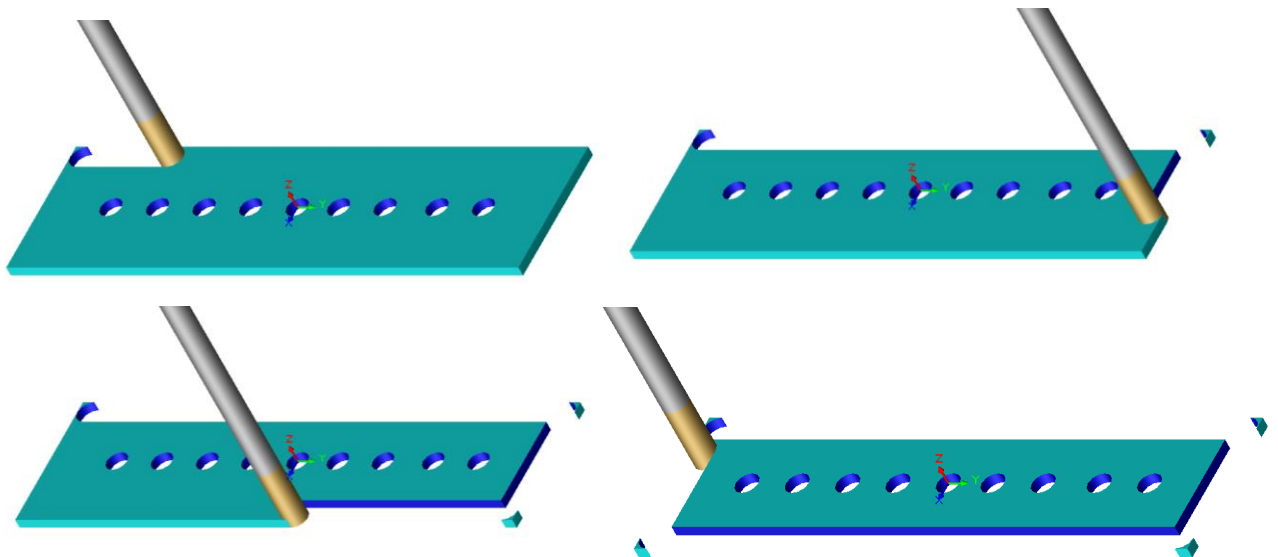


Рис 4.29. Симуляція фрезерування заготовки по контуру

Таким чином виконується виготовлення планки для кріплення профіля 20x20-V. Далі компілюємо і зберігаємо G-код програми обробки деталі.

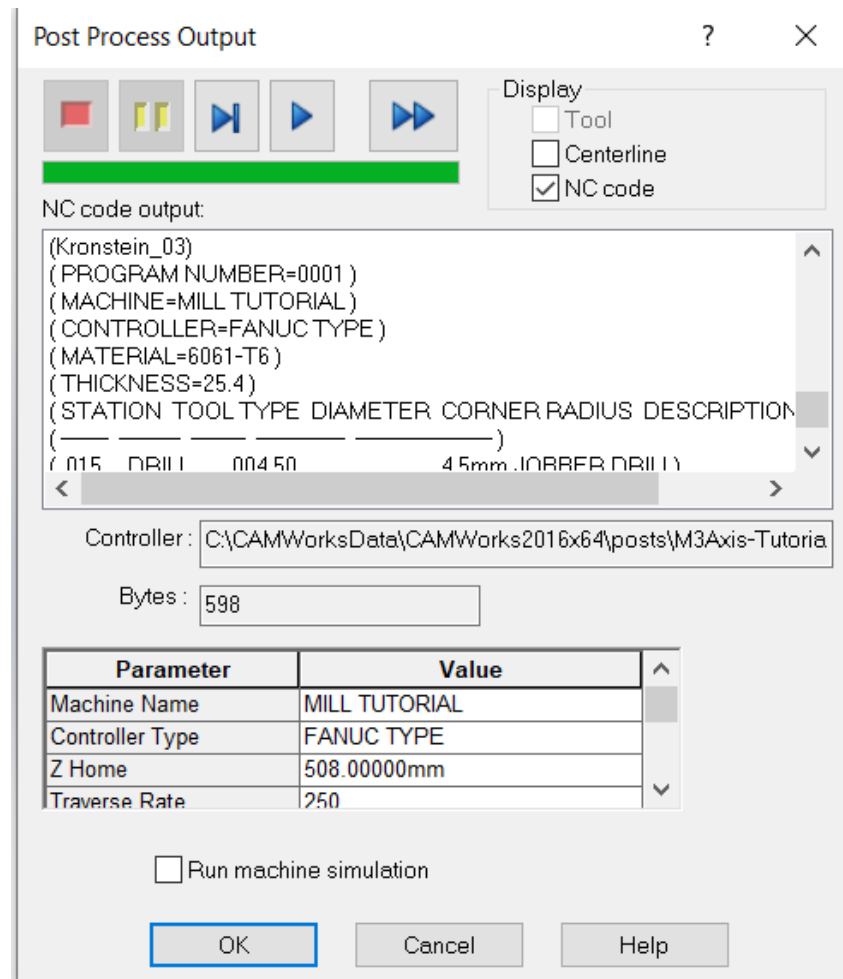


Рис 4.30. Створення G-коду

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

G-код програми обробки деталі

O0001

N1 G21

N2 (4.5mm JOBBER DRILL)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T15 M06

N5 S12000 M03

N6 (Drill2)

N7 G90 G54 G00 X0 Y-40.

N8 G43 Z10. H15 M08

N9 G81 G98 R5. Z-3.351 F1650.

N10 Y-30.

N11 Y-20.

N12 Y-10.

N13 Y0

N14 Y8.882

N15 Y18.882

N16 Y30.

N17 Y40.

N18 G80 Z10. M09

N19 G91 G28 Z0

N20 (5MM CRB 2FL 13 LOC)

N21 T16 M06

N22 S12000 M03

N23 (Contour Mill1)

N24 G90 G54 G41 D36 G00 X-12.5 Y-52.5

N25 G43 Z5. H16 M08

					<i>MP.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		84

N26 G01 Z-2. F327.
 N27 G17 Y52.5 F1308.
 N28 X12.5
 N29 Y-52.5
 N30 X-12.5
 N31 G00 Z5.
 N32 Z10. M09
 N33 G40 X-12.5 Y-52.5
 N34 G91 G28 Z0
 N35 G28 X0 Y0
 N36 M30

Після генерації G-коду перевіряємо його помилки та неточності і завантажуюмо текстовий файл із G -кодом в програму Mach3, яка буде керувати фрезерним верстатом із ЧПК.

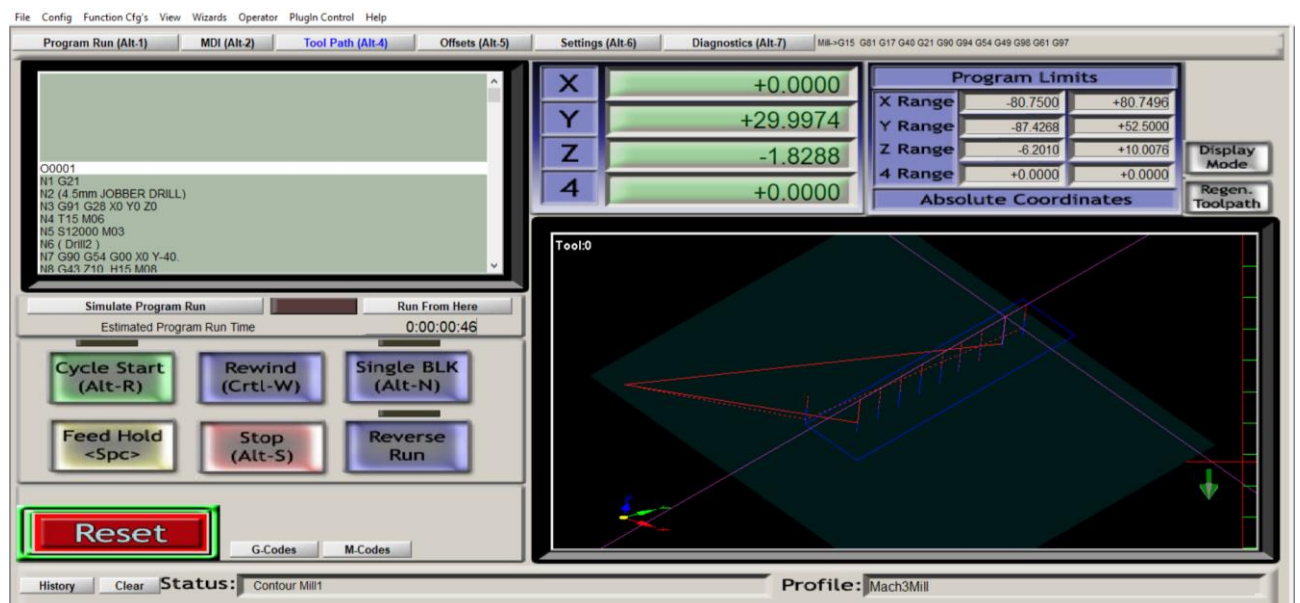


Рис 4.31. Запуск симуляції обробки в програмі Mach3

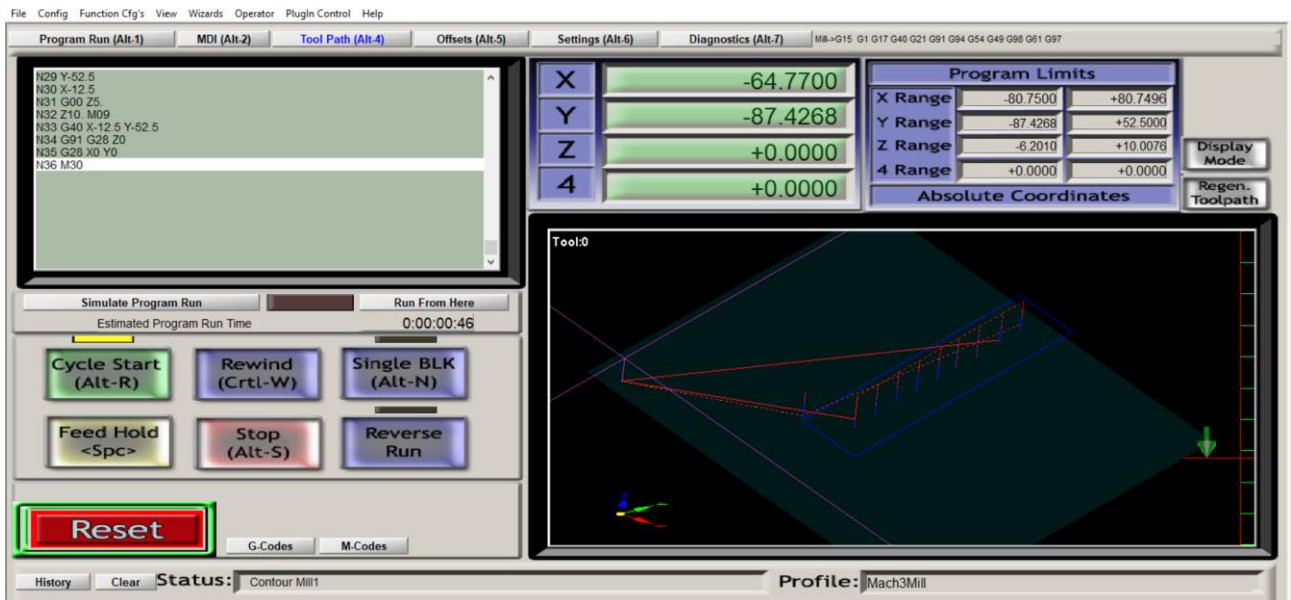


Рис 4.32. Кінець виконання обробки в програмі Mach3

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської роботи було розглянуто гнучкі виробничі системи, види міжопераційного транспорту на підприємстві, види автоматичних транспортних засобів.

2. Спроековано конструкцію стола та роботизованого візка для переміщення деталей і заготовок в середовищі .

3. Проведені розрахунки параметрів роботизованого візка та підібрано кроковий двигун.

4. Розроблено технологічний процес для деталі «Кронштейн».

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

6. Розглянута програма керування роботизованим візком.

Результатом роботи є конструювання уніфікованого візка по транспортуванню об'єктів в навчальній лабораторії та стола для його переміщення. Проект повністю складається із стандартизованих верстатних профілів і деталей, його в подальшому можна доопрацювати, змінити як конструктивно (збільшити або зменшити кількість датчиків, змінити конструкцію стола і візка), так і програмно, змінивши алгоритм роботи візка.

					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		87

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://bit.ly/3BK7DDm>
2. <https://bit.ly/3v5KJT9>
3. <https://wareteka.com.ua/blog/roboty-na-skladah-primery-avtomatizacii/>
4. <https://bit.ly/3PIgmf0>
5. <https://bit.ly/3jgZrUS>
6. <https://bit.ly/3BTEnu9>
7. <https://bit.ly/3Gc5N0V>
8. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
9. 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)
10. Уилли Соммер. «Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freedom», 2017
11. Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
12. <https://dominant-cnc.com/ua/p908764593-frezernyj-standok-chpu.html>
13. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru>
14. 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-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

ДОДАТКИ

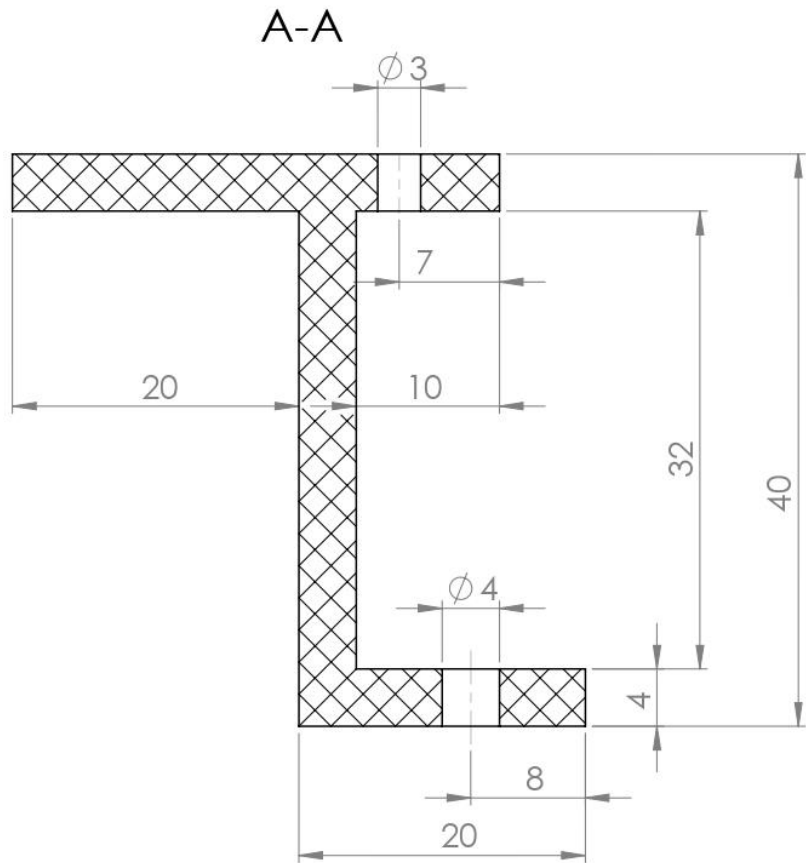
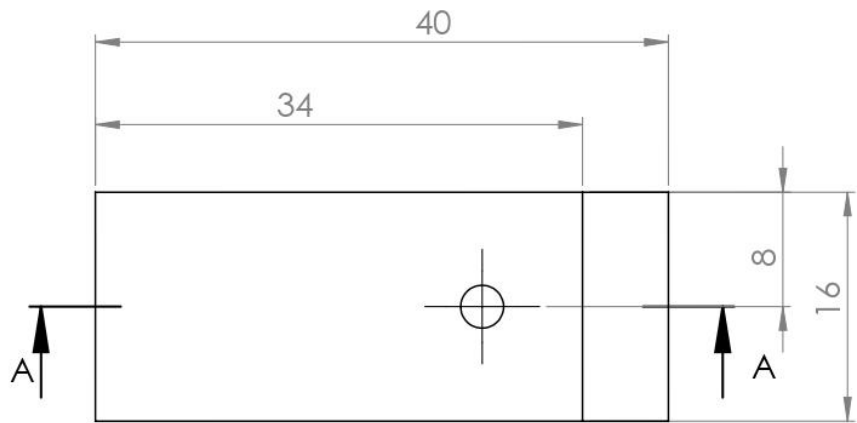
					<i>МР.ПМКМ-4 1.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		89

ДОДАТОК 1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
			МР.ПМКм-41.01.00.000 СК	<u>Складальне креслення</u>			
				<u>Деталі</u>			
A4		1	МР.ПМКм-41.01.00.001	Кронштейн для кріплення інфрачервоного датчика обходу перешкод	2		
A4		2	МР.ПМКм-41.01.00.002	Кронштейн для кріплення механічного кінцевого вимикача	3		
A4		3	МР.ПМКм-41.01.00.003	Кронштейн для кріплення профіля 20x20-V	12		
A3		4	МР.ПМКм-41.01.00.004	Платформа для кріплення плат керування	1		
A4		5	МР.ПМКм-41.01.00.005	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 - Rack-spur - rectangular 1.5M	1		
			МР.ПМКм-41.01.00.000 СП				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.		Романюк Я.С.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Лукань Т.В.			Н	1	2
Н.контр.					ІФНТУНГ		
Затв.					ПМКм-21-1		

ДОДАТОК 2

Перв. примен.
Справ. №



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

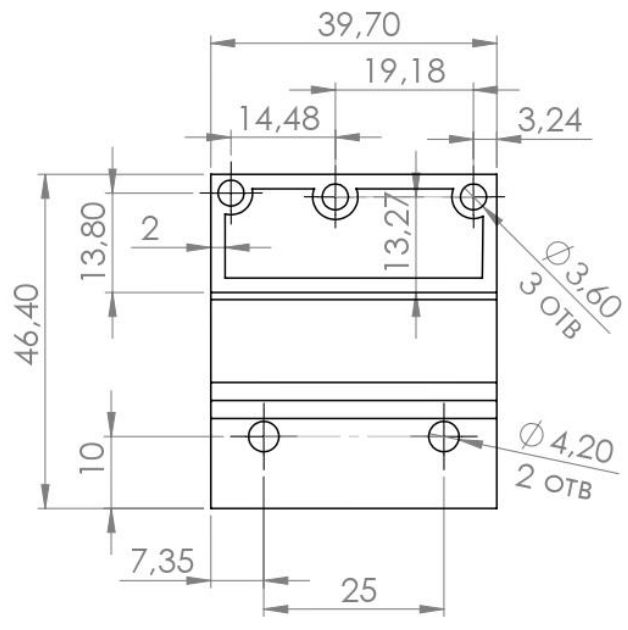
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романюк Я.С.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

МР.ПМКМ-41.01.00.001

**Кронштейн для кріплення
інфрачервоного
датчика обходу перешкод**

Лит.	Масса	Масштаб
		2:1
Лист	Листов	
ІФНТУНГ ПМКМ-21-1		

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------



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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романюк Я.С.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

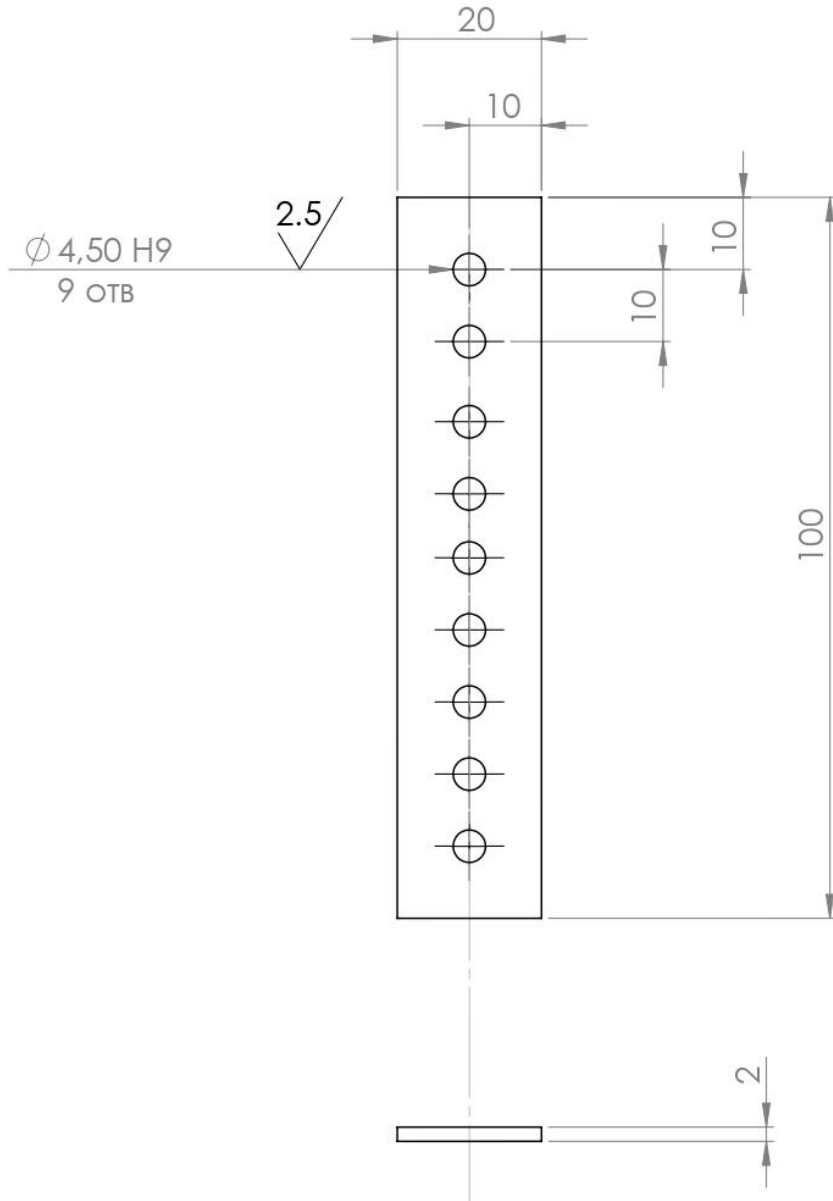
МР.ПМКм-41.01.00.002

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. №	

Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романюк Я.С.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

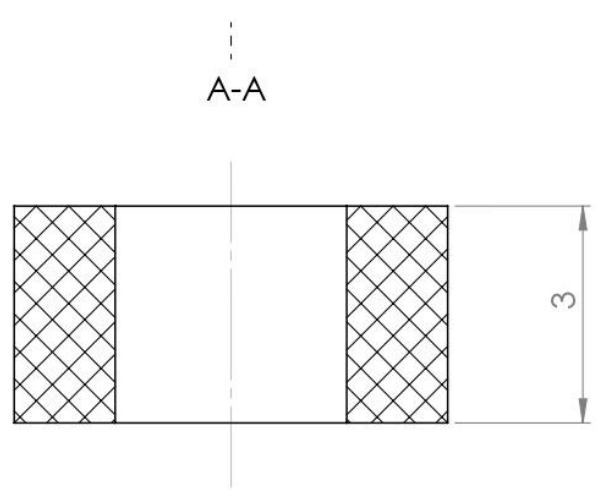
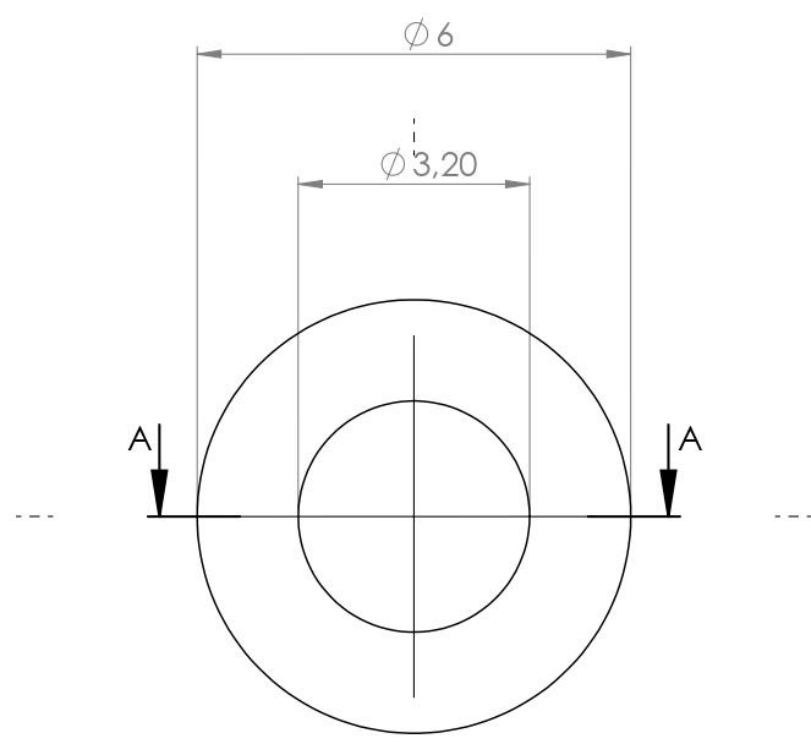
МР.ПМКм-41.01.00.003

Кронштейн для кріплення профіля 20X20-V

Лит.	Масса	Масштаб
	10.32	1:1
Лист	Листов	

ІФНТУНГ
ПМКм-21-1

Перв. примен.	
Справ. №	



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

Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романюк Я.С.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

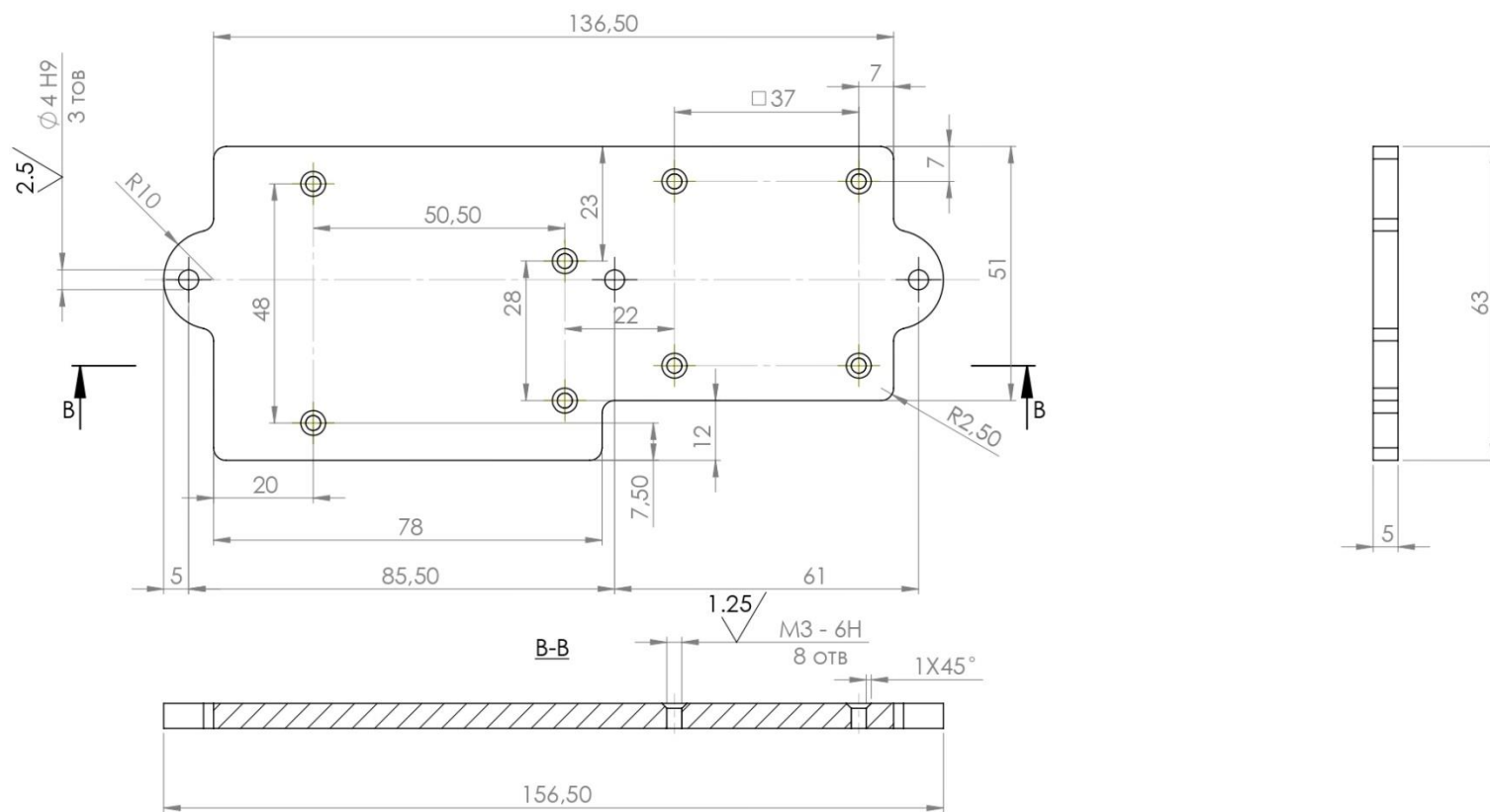
МР.ПМКм-41.01.00.005

Шайба

Лит.	Масса	Масштаб
	0.06	10:1
Лист	Листов	

ІФНТУНГ
ПМКм-21-1

12.5/ (✓)



Справ. №

Подп. и дата

Инов. № дубл.

Взаим. инв. №

Подп. и дата

Инов. № подл.

МР.ПМКм-41.01.00.004

Платформа для кріплення плат керування

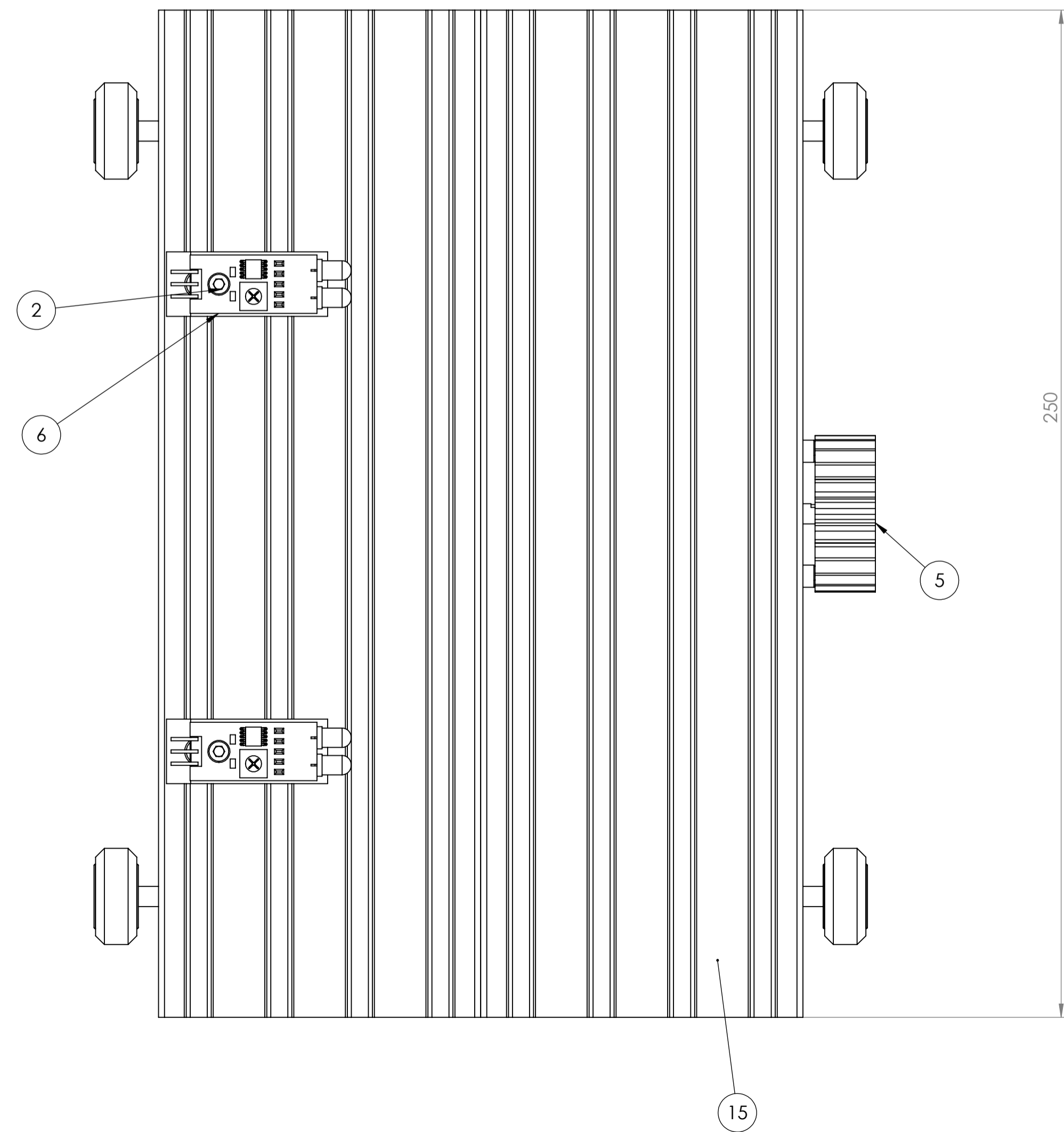
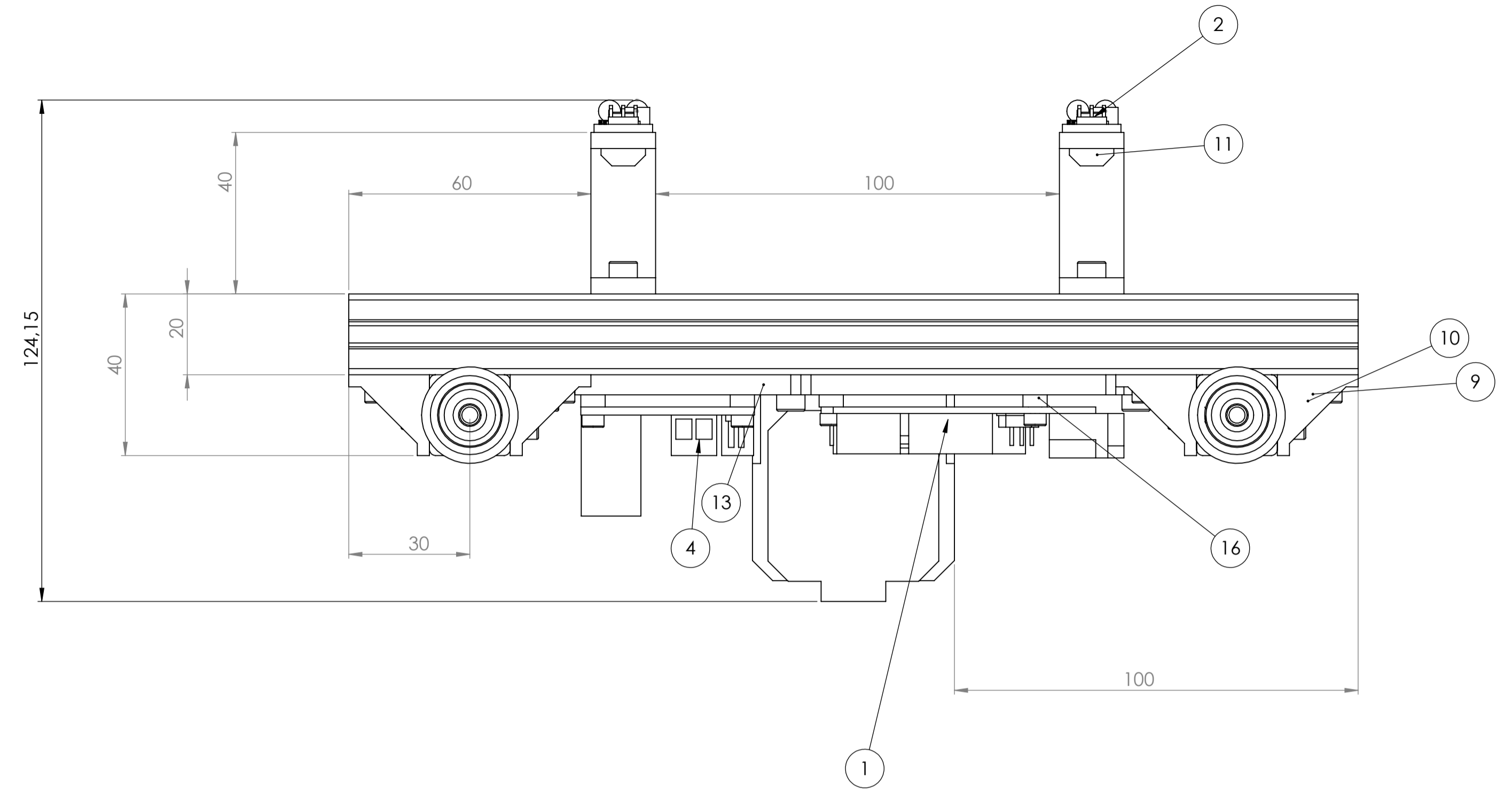
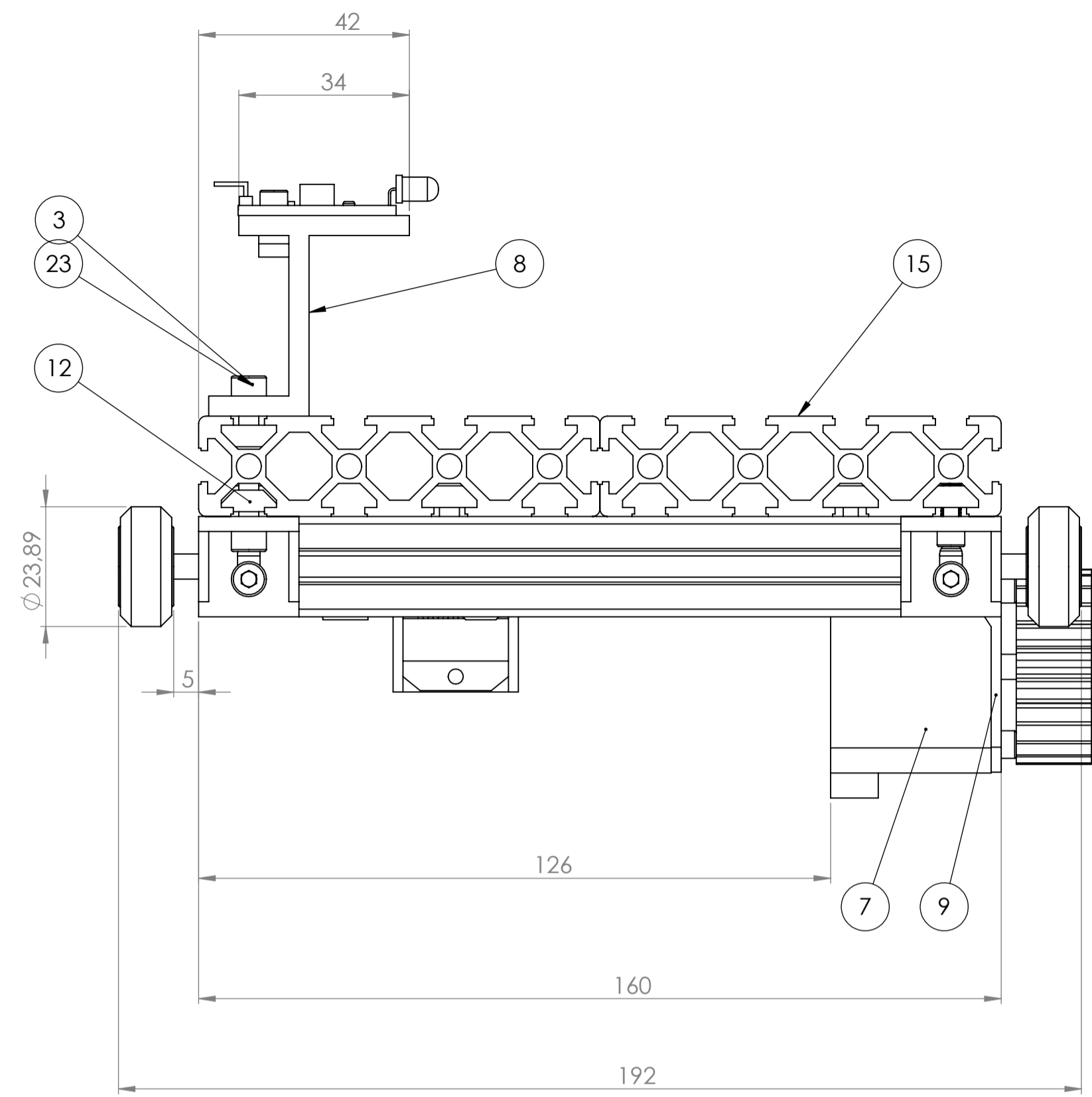
Лит.	Масса	Масштаб
	112.68	1:1
Лист	Листов	

ІФНТУНГ
ПМКМ-21-1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Романюк Я.С.		
Пров.		Лукань Т.В.		
Т. контр.		Лукань Т.В.		
Н. контр.		Лукань Т.В.		
Утв.		Панчук В.Г.		

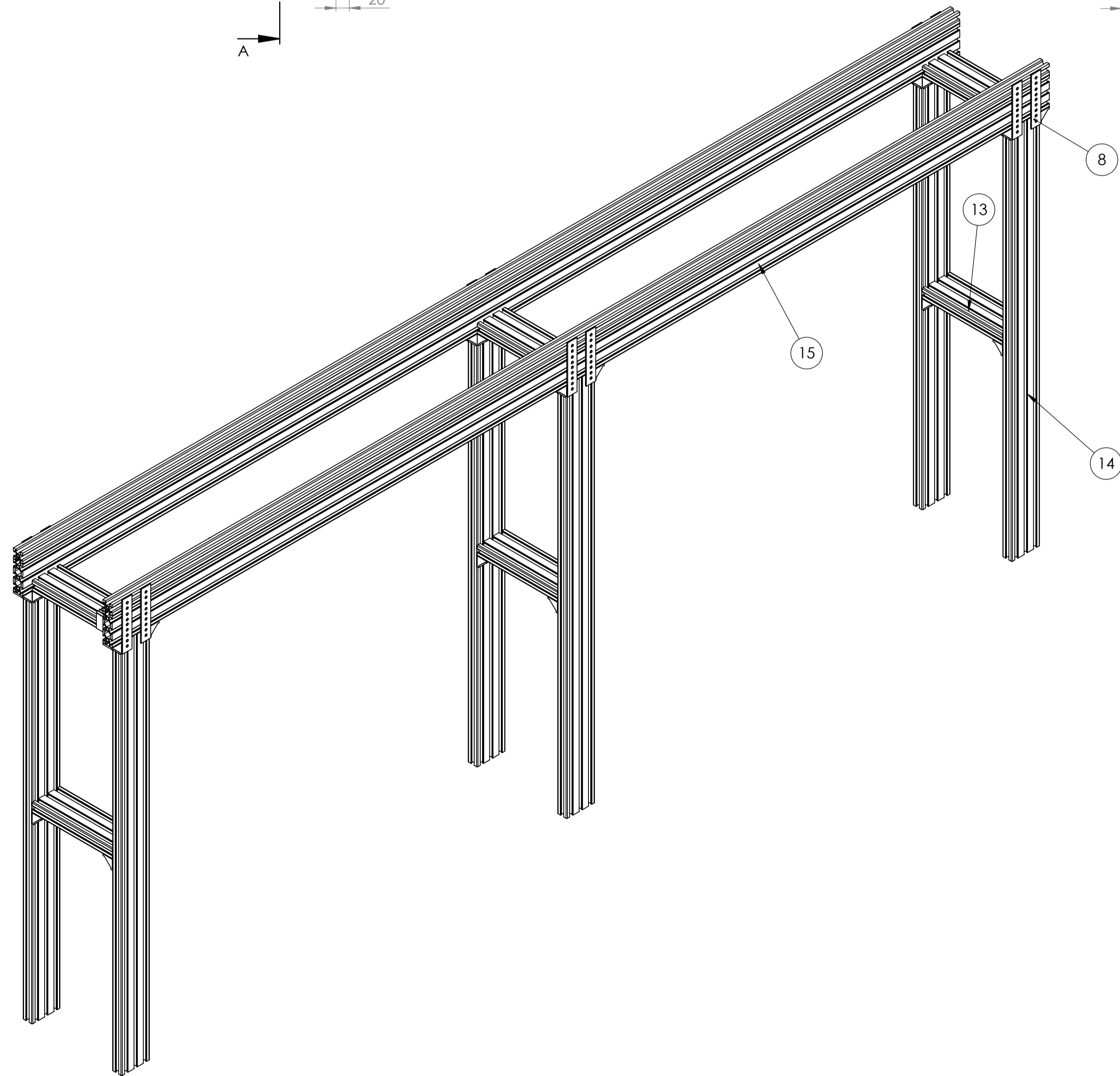
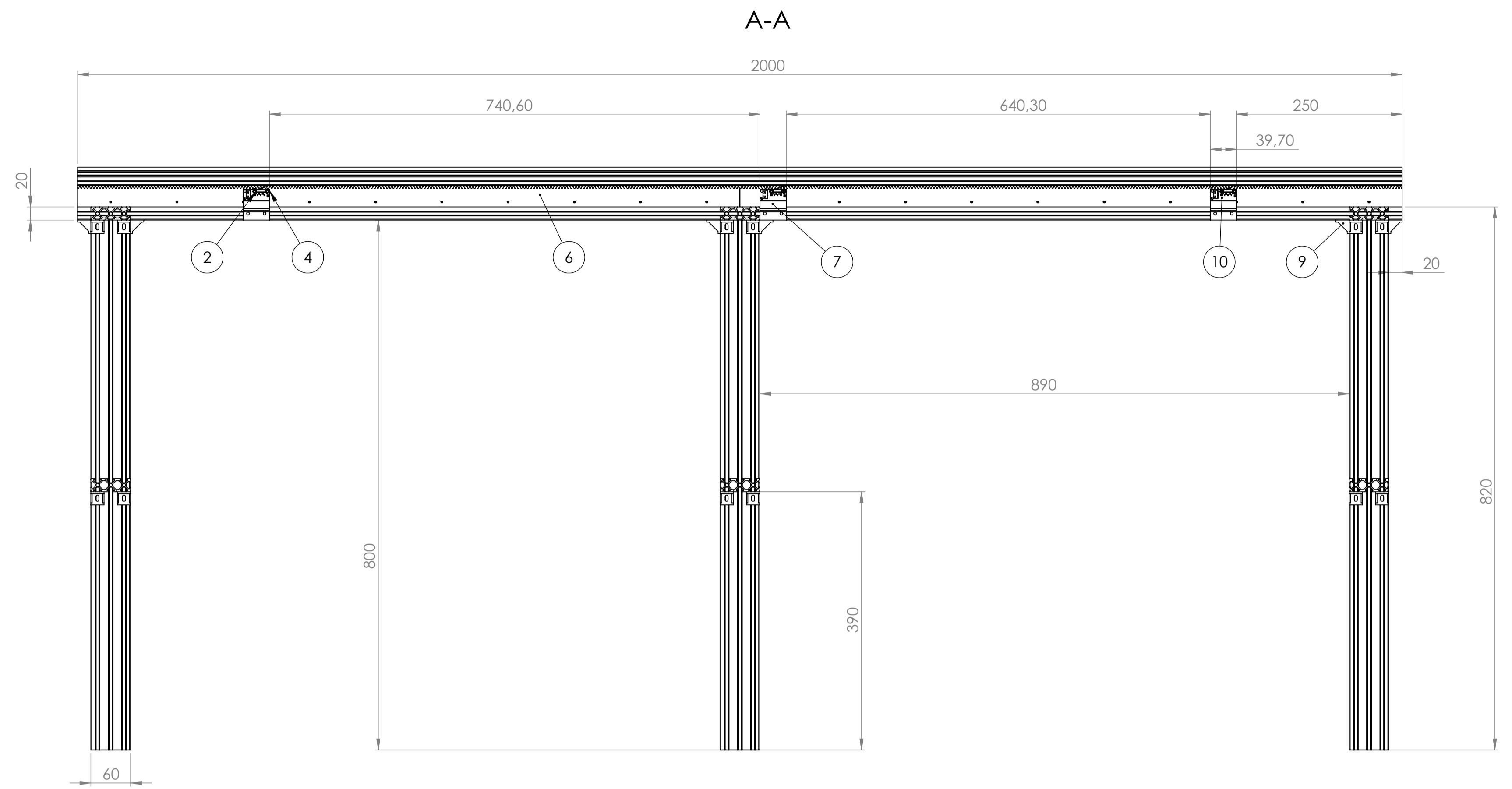
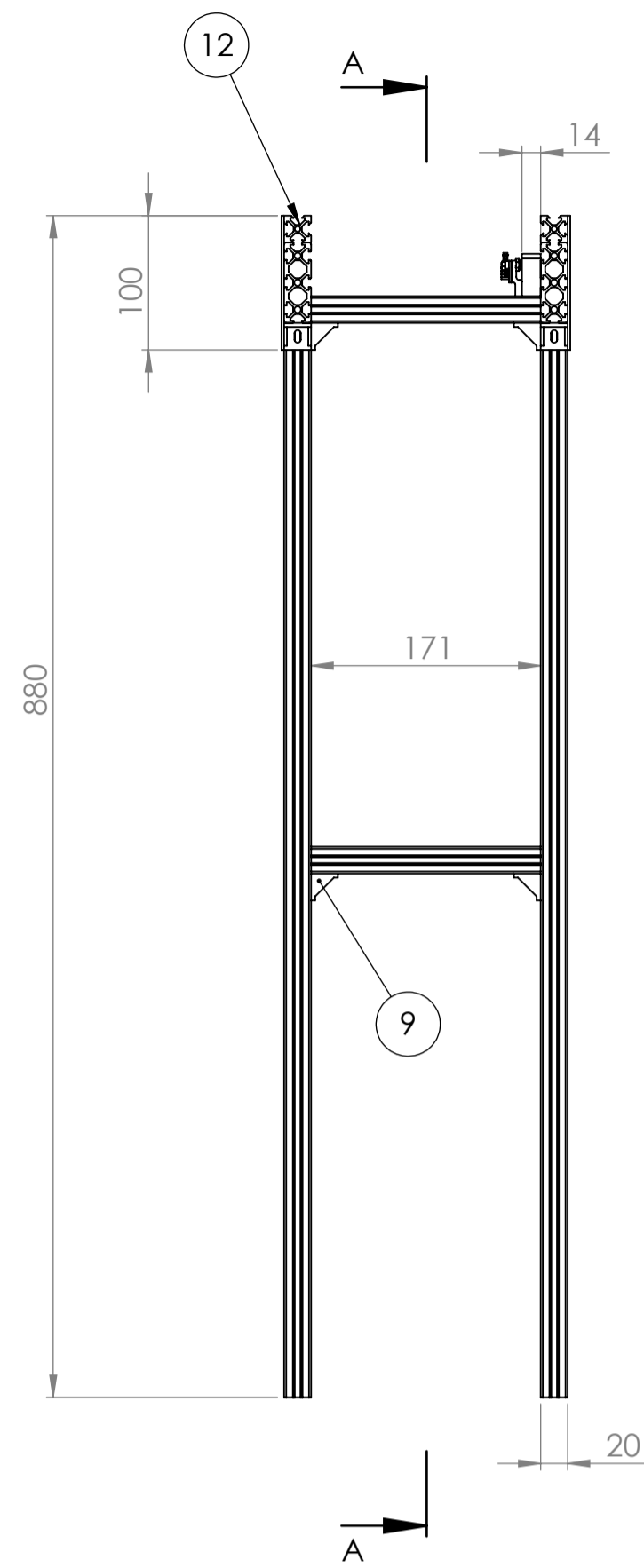
1 Копировал

Формат А3



№	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 колесесо 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

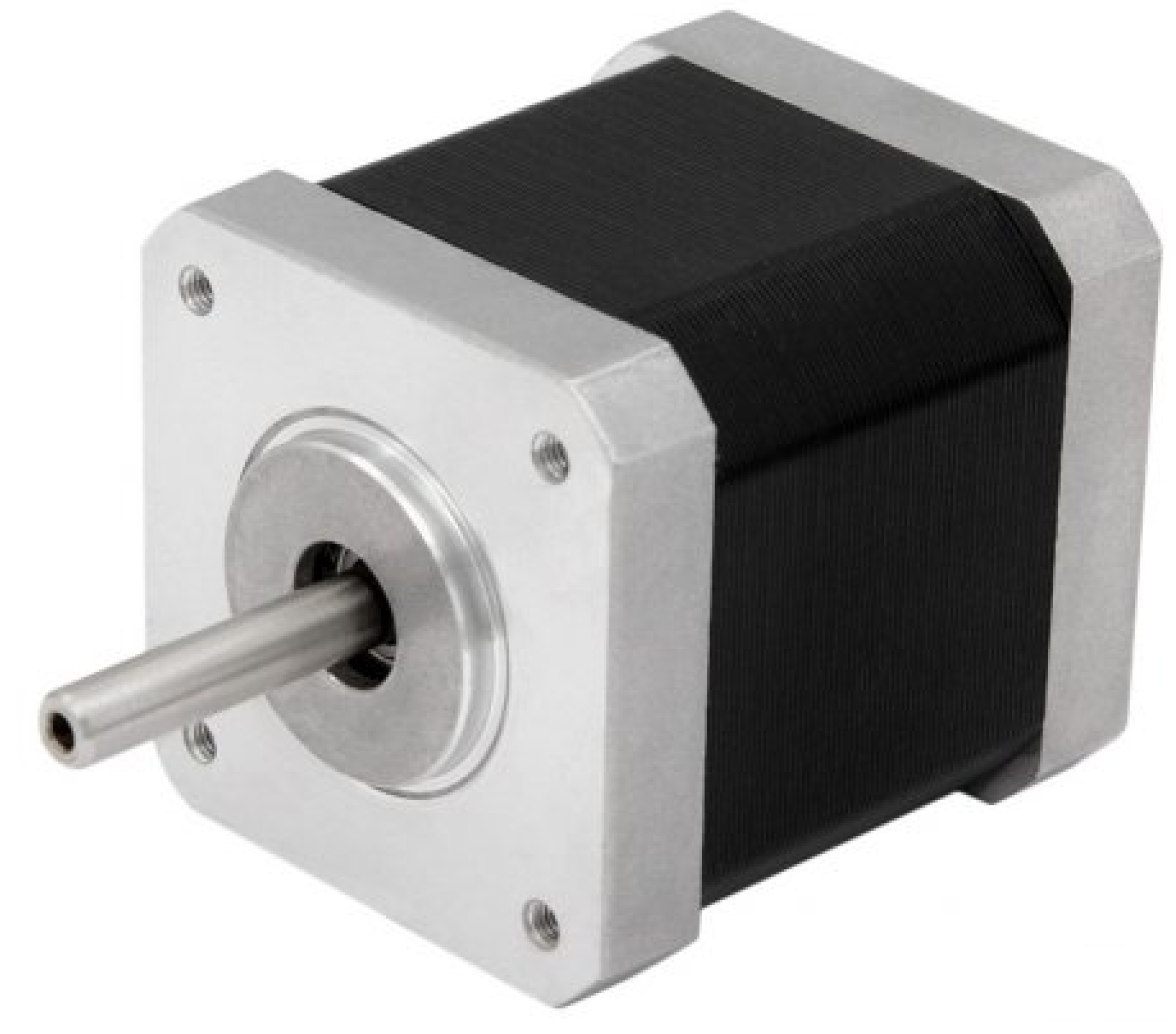
МР.ПМКм-41.01.00.000 СК					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Роботизований візок	1308.15	1:1
Разраб.	Романюк Я.С.						
Пров.	Лукань Т.В.						
Т. контр.	Лукань Т.В.						
Н. контр.	Лукань Т.В.				Лист	Листов	ІФНТУНГ ПМКм-21-1
Утв.	Панчук В.Г.						



№	Назва деталі	Кількість
1	Блок живлення для двигуна і плат керування	1
2	Болт DIN 912 M3.	12
3	Болт DIN 912 M4	144
4	Гайка M3.	12
5	Гнучкий кабель канат	1
6	Зубчаста рейка DIN - Rack-spur - rectangular 1.5M 20PA 10FW 30PH 2000L	1
7	Кронштейн для кріплення механічного кінцевого вимикача	3
8	Кронштейн для кріплення профіля 20x20-V.	12
9	Кутник для верстатних профілях 2028	42
10	Механічний кінцевий вимикач	3
11	Пазовий сухар M4	144
12	Профіль верстатний 20x20-V L=2000мм	2
13	Профіль верстатний 20x60 L=171мм.	6
14	Профіль верстатний 20x60 L=800мм	6
15	Профіль верстатний 20x60 L=2000мм	2
16	Стандартний кронштейн для кабель канату	6

				MP.ПМКм-41.02.00.000 СК			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Романюк Я.С.					1:5
Пров.		Лукань Т.В.					
Т. контр.		Лукань Т.В.			Лист	Листов	
Н. контр.		Лукань Т.В.			ФНП/УНП		
Утв.		Панчук В.Г.			ПМКм-22-1		

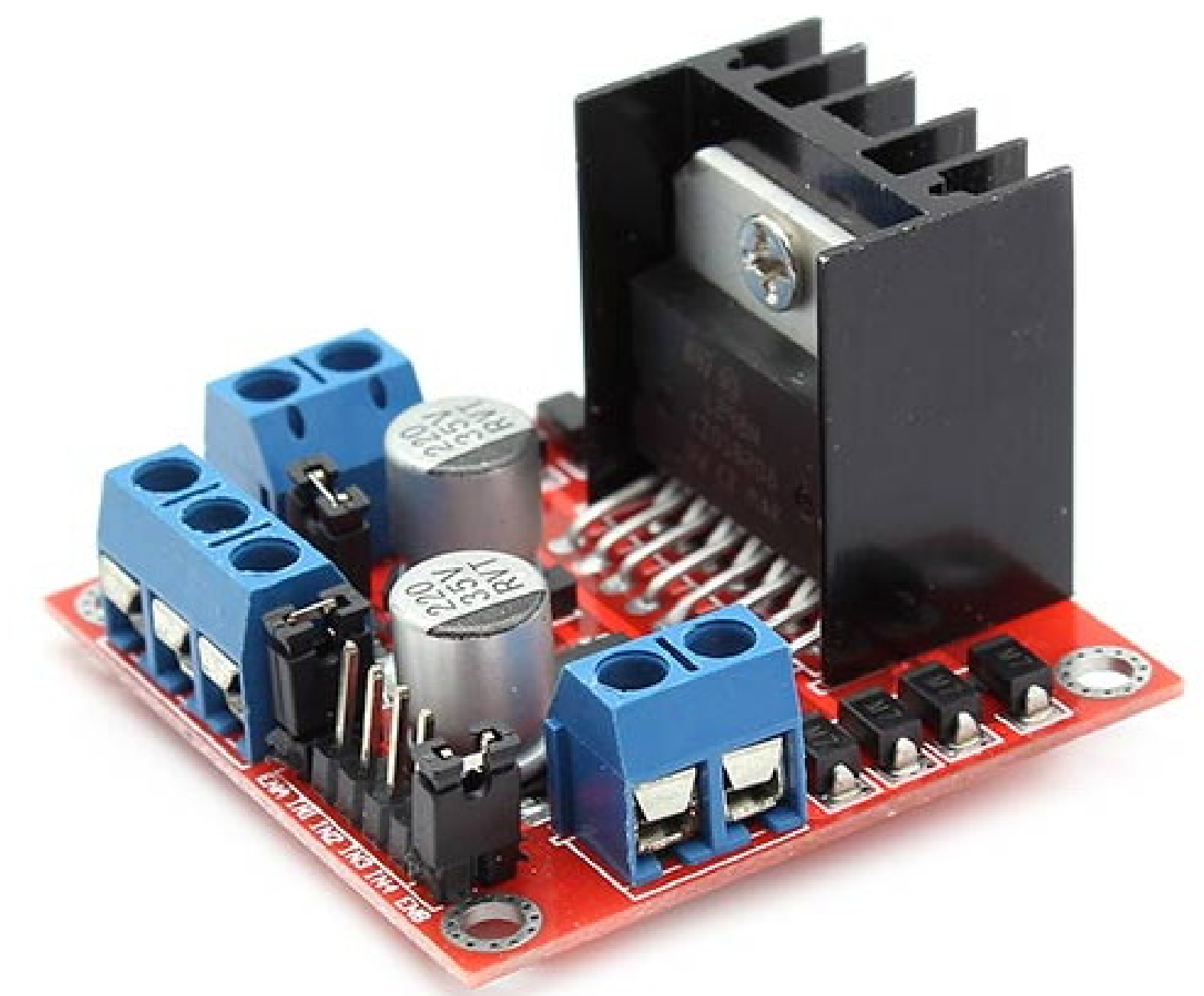
Кроковий двигун NEMA17 17HS8401 1.8A з роз'ємом 4ріп



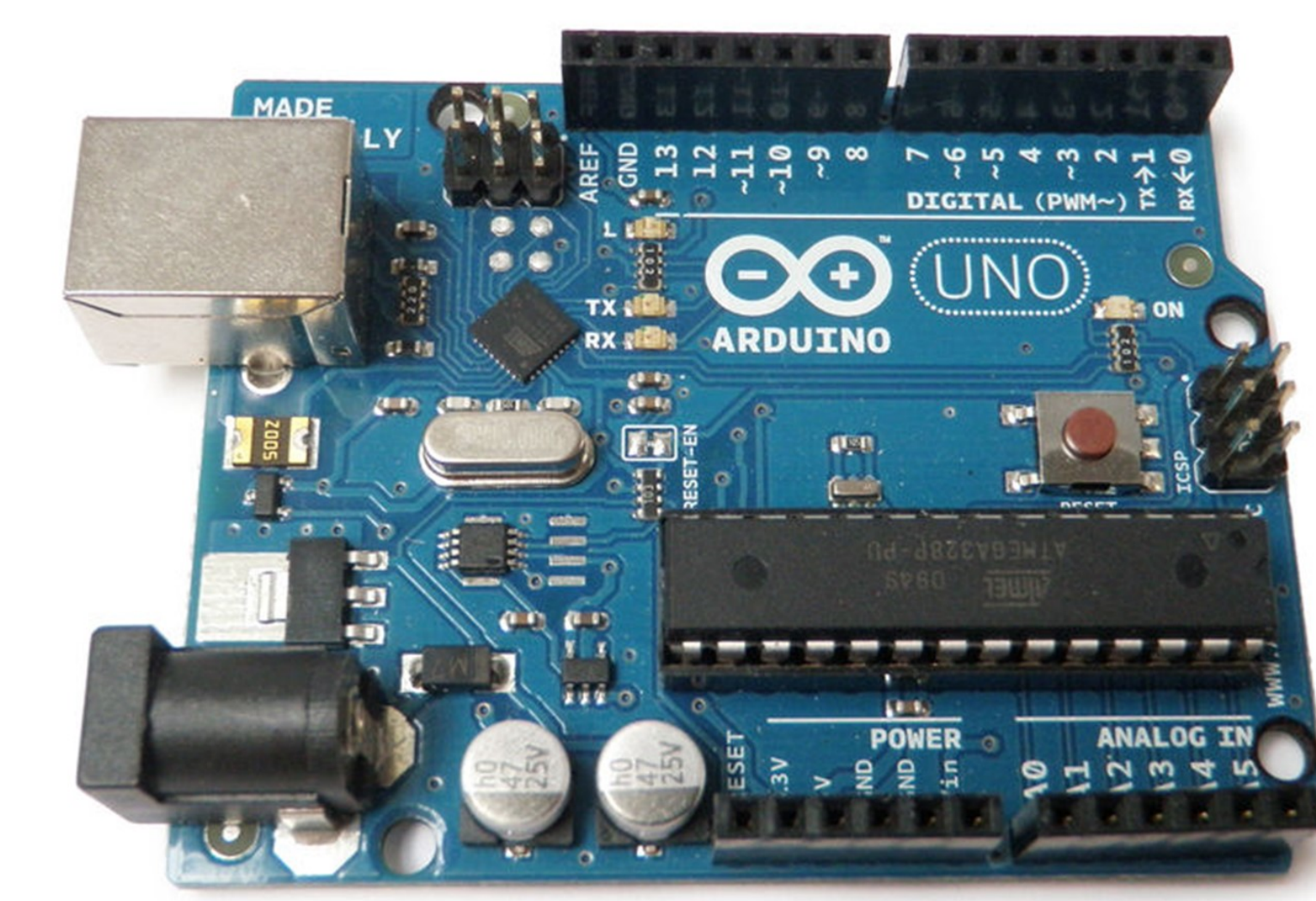
Блок живлення OEM DC12 120W 10A TR-120-12



Драйвер крокового двигуна L298N для 3D принтера



Плата Arduino Uno Rev3 (ATmega16U2)



Інфрачервоний датчик обходу перешкод Arduino

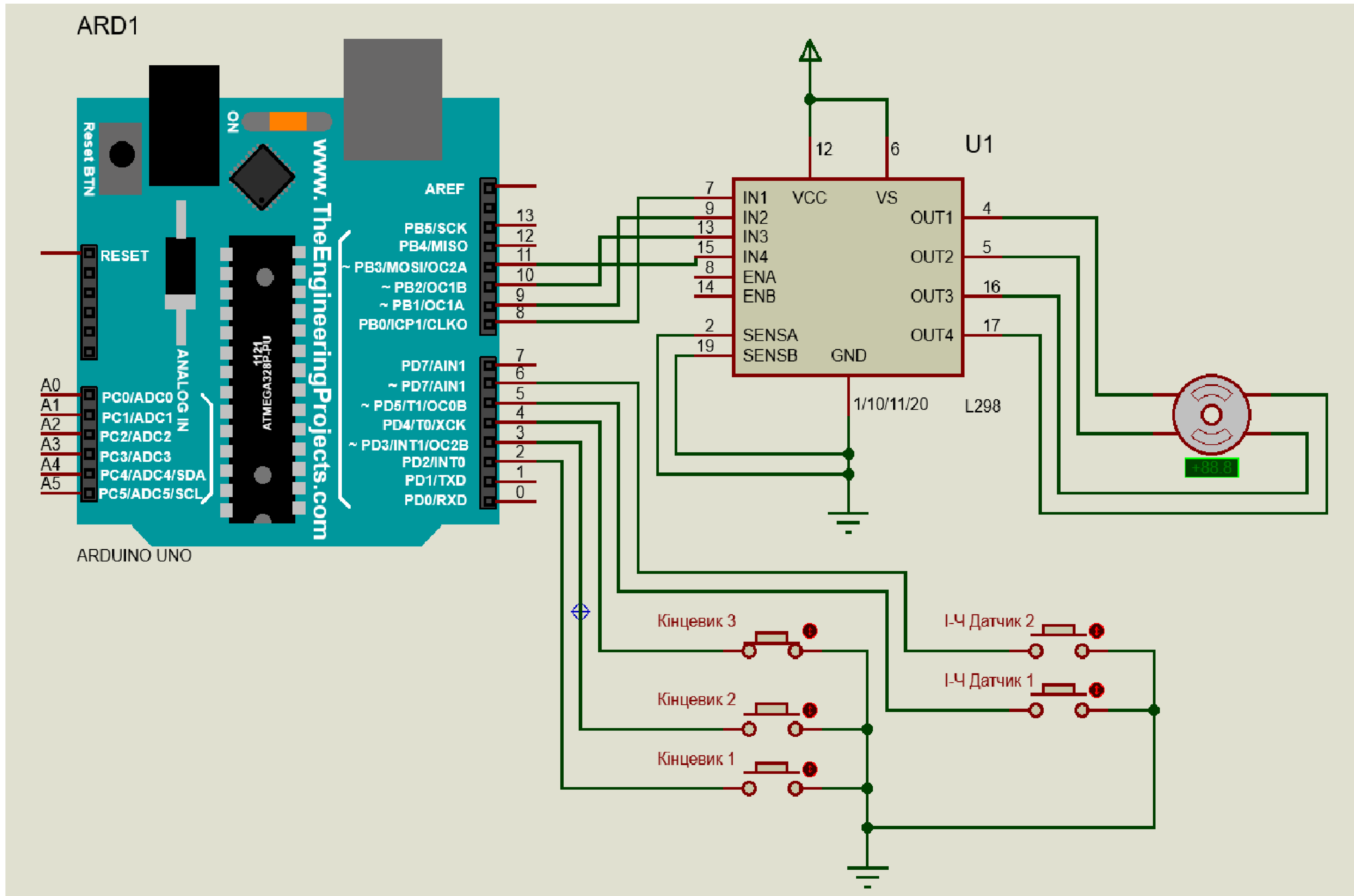


Механічний кінцевий вимикач



				МР.ПММ-4.103.00.000		
Лист	Масштаб	Масштаб	Лист	Листів		
1			11	1		
Лідер компонентів				ФНТУНГ		
				ПММ-21-1		
				Формат А0		

МР.ПММ-4.103.00.000
 Лист 11 з 11
 ФНТУНГ
 ПММ-21-1
 Формат А0



				МР.ПМКм-41.04.00.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	
Разраб.	Романюк Я.С.				Масса	Масштаб
Пров.	Лукань Т.В.					
Т. контр.	Лукань Т.В.				Лист	Листов
Н. контр.	Лукань Т.В.				ІФНТУНГ	
Утв.	Панчук В.Г.				ПМКм-22-1	
				1	Копировал	
				2	Формат А1	

МР.ПМКм-41.04.00.000

Схема підключення плат керування в середовищі Proteus

Лит. Масса Масштаб

ІФНТУНГ
ПМКм-22-1

1 Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справа. №

Подп. и дата

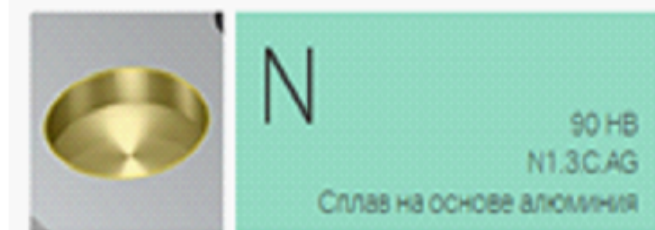
Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ОТВЕРСТИЕ В ЦЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ



Универсальный высокопроизводительный станок
200 kW, 10000 1/min
200 kW, 500000 1/min

Хорошие условия

Обрабатываемый диаметр Ø1 4.5 mm
Глубина элемента обработки DEPTH 2 mm

Еще...

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ / ЦЕЛЬН

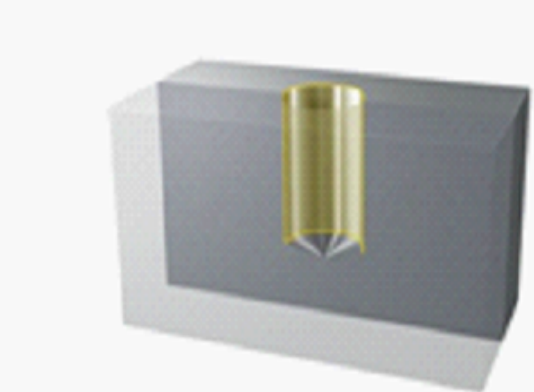


CoroDrill 860
860.1-0450-014A1-NM H10F
Инструмент

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) - metric 6
Стойкость дет. TLIFEC 154000 Отверстия
Время обработки на элемент TMF 00.00.025 мин:с

Создайте инструментальную сборку

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИННОЙ

Скорость резания VC 308 m/min
Подача на оборот FN 0.325 mm
Минутная подача у центра инструмента VF 7070 mm/min

Показать подробности

Информация

РЕЗУЛЬТАТЫ

- CoroDrill 860 860.1-0450-014A1-NM H10F 100% 00.00.025
- CoroDrill 860 860.1-0450-036A1-NM H10F 165% 00.00.036
- CoroDrill 860 860.1-0450-014A1-GM X18M 305% 00.00.076
- CoroDrill 860 860.1-0450-023A1-GM X18M 327% 00.00.076
- CoroDrill 860 860.1-0450-014A0-GM X18M 356% 00.00.094
- CoroDrill 860 860.1-0450-023A0-GM X18M 379% 00.00.094

1 - 8 из 12

УСТУП



Универсальный обрабатывающий центр
28 kW, 18000 1/min

Черновая обработка

Глубина элемента обработки DEPTH 5 mm
Ширина WIDTH 10 mm
Длина LENGTH 490 mm
Мак радиус при вершине REX

Еще...

ФРЕЗЕРОВАНИЕ УСТУПОВ / ЦЕЛЬН

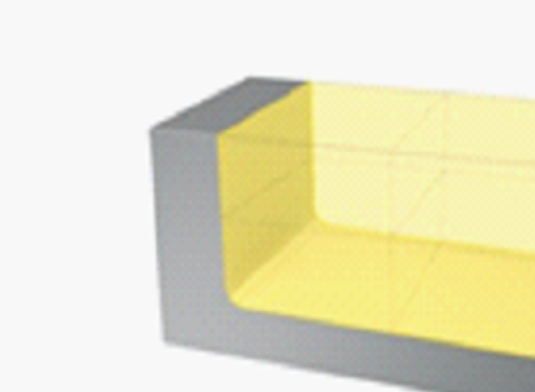


CoroMill Plura
2P340-0500-PA 1630
Инструмент

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) - metric 6
Мак диаметр резания DCX 5 mm
Мак глубина резания ARMX 13 mm
Стойкость дет. TLIFEC 654 Поверхности
Время обработки на элемент TMF 00.24.060 мин:с

Создайте инструментальную сборку

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 283 m/min
Подача на зуб FZ 0.0545 mm

Показать подробности

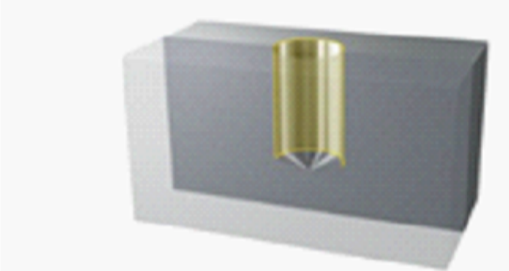
Информация

РЕЗУЛЬТАТЫ

- CoroMill Plura 2P340-0500-PA 1630 100% 00.24.060
- CoroMill Plura 2P340-0500-FB 1630 100% 00.24.060
- CoroMill Plura 1P341-0500-XA 1620 108% 00.24.060
- CoroMill Plura 1P341-0500-XA 1630 116% 00.24.060
- CoroMill Plura 1P221-0500-XA 1630 120% 00.28.860
- CoroMill Plura 1P221-0500-XB 1630 120% 00.28.860

1 - 8 из 46

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ / ЦЕЛЬН



ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

CoroDrill 860
860.1-0450-014A1-NM H10F
Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) - metric 6
СОЖ Внутренний Эмульсия 10%

Цилиндрическое отверстие в цельном материале

N1.3.C.AG 90 HB

Универсальный высокопроизводительный станок
200 kW, 10000 1/min
200 kW, 500000 1/min

Данные о продукции

Классификация материала, уровень 1 (PLS150)	N1
Диаметр резания (DC)	4.5 mm
Точность отверстия (TCH)	H7
Рабочая длина (LW)	14.1 mm
Отношение рабочей длины к диаметру (LWD)	3.133
Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank (DIN6535-NA) - metric 6
Допуск на диаметр соединения (TDCCON)	H6
Сплав (GRADE)	H10F
Основание сплава (SUBSTRATE)	HF
Стандарт (ISO)	DIN 6537 K
Тип подвода СОЖ к инструменту (CN5C)	4: axial concentric entry on circle
Давление СОЖ (CP)	20 bar
Диаметр соединения (DCON)	6 mm
Угол при вершине (SG)	130 deg
Высота режущей части (PL)	0.6 mm
Общая длина (DAL)	66 mm
Функциональная длина (LFF)	65.4 mm
Длина стружечной канавки (LCP)	24 mm
Мак число переточек (NORGMX)	3
Мак частота вращения (RPMX)	33 953 1/min
Масса элемента (WT)	0.03 kg
Release date (ValFrom20)	2012-09-19
CoroPak (RELEASEPACK)	12.2

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ / РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

CO₂ EMISSIONS NEW

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FN [mm] ПОДАЧА НА ОБОРОТ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШТИНДЕЛЯ
308	0.325	21800
VF [mm/min] МИНУТНАЯ ПОДАЧА У ЦЕНТРА ИНСТРУМЕНТА	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ	MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ
7070	1.61	0.706
FFF [N] УСИЛИЕ ПОДАЧИ	DEPTH [mm] ГЛУБИНА	
237	2	

ПОЯСНЕНИЕ

Сверление сверлами с симметричной вершиной

860.1-0450-014A1-NM H10F

Твердосплавное сверло CoroDrill® 860

Войдите, чтобы увидеть цену и наличие мест

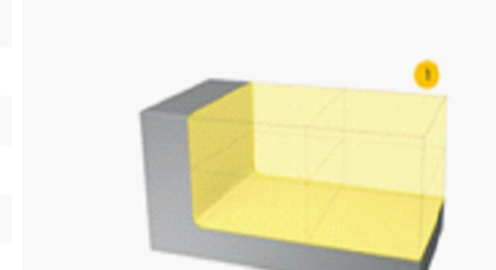


Specific representation

Классификация материала, уровень 1 (PLS150)

Диаметр резания (DC)	5 mm
Диаметр резания, контакт по торцу (DCP)	4.74 mm
Фаска при вершине (FCN)	45 deg
Ширина фаски при вершине (FCW)	0.13 mm
Мак глубина резания (ARMX)	13 mm
Мак глубина резания (ARMPFW)	13 mm
С возможностью сверления (CCO) (CCO)	true
Мак глубина резания (ARMPFW)	13 mm
Рабочая длина (LW)	13 mm
Число эффективных периферийных режущих кромок (CEPR)	4
Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)	Cylindrical shank (DIN6535-NA) - metric 6
Мак углов резания (RMP/PFW)	5 deg
Допуск на диаметр соединения (TDCCON)	H6
Сплав (GRADE)	1630
Основание сплава (SUBSTRATE)	HC
Покрyтие (COATING)	PVD AlCN
Стандарт (ISO)	DIN 6527 L
Тип подвода СОЖ к инструменту (CN5C)	0: without coolant
Диаметр соединения (DCON)	6 mm
Функциональная длина (LFF)	57 mm
Половина угла конусности (BNTA1)	30 deg
Угол подъема стружечной канавки (FHA)	37 deg
Главный передний угол радиальный (GAMF)	12 deg
Главный передний угол осевой (GAMP)	13.5 deg
Мак число переточек (NORGMX)	0
Мак частота вращения (RPMX)	80 000 1/min
Масса элемента (WT)	0.03 kg
Release date (ValFrom20)	2012-09-19
CoroPak (RELEASEPACK)	12.2

ФРЕЗЕРОВАНИЕ УСТУПОВ / ЦЕЛЬН



ПОЯСНЕНИЕ

Предварительная обработка

CoroMill Plura
2P340-0500-PA 1630
Инструмент

Соединение Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-NA) - metric 6
СОЖ Наружный Эмульсия 10%

Уступ

N1.3.C.AG 90 HB

Универсальный обрабатывающий центр
28 kW, 18000 1/min

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ / РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛА ПРОХОДОВ / ПРОГИБ / CO₂ EMISSIONS NEW

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FZ [mm] ПОДАЧА НА ЗУБ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШТИНДЕЛЯ
283	0.0545	18000
VFM [mm/min] ПОДАЧА НА ОБРАБАТЫВАЕМОМ ДИАМЕТРЕ	AE [mm] ШИРИНА ФРЕЗЕРОВАНИЯ	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ
3920	3.33	5
NORAE ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AE	NORAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ
3	1	0.618
MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	QQ [cm ³ /min] СКОРОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА	
0.328	65.4	

ПОЯСНЕНИЕ

Предварительная обработка

2P340-0500-PA 1630

Концевые фрезы CoroMill® Plura для высокопроизводительного фрезерования уступов

Войдите, чтобы увидеть цену и наличие мест



Specific representation

MP.ПМКм-41.05.00.000

Вибір різального інструменту

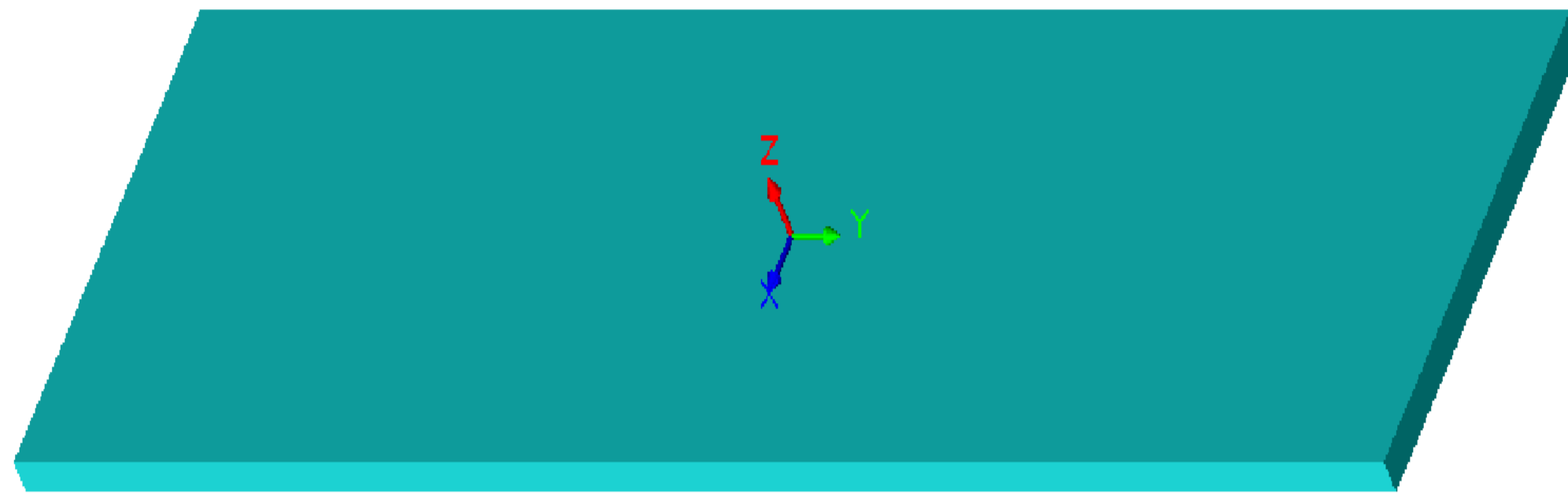
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Романюк Я.С.						
Пров.	Лукань Т.В.						
Т. контр.	Лукань Т.В.						
Н. контр.	Лукань Т.В.						
Утв.	Панчук В.Г.						

ИФТУНГ ПМКм-21-1

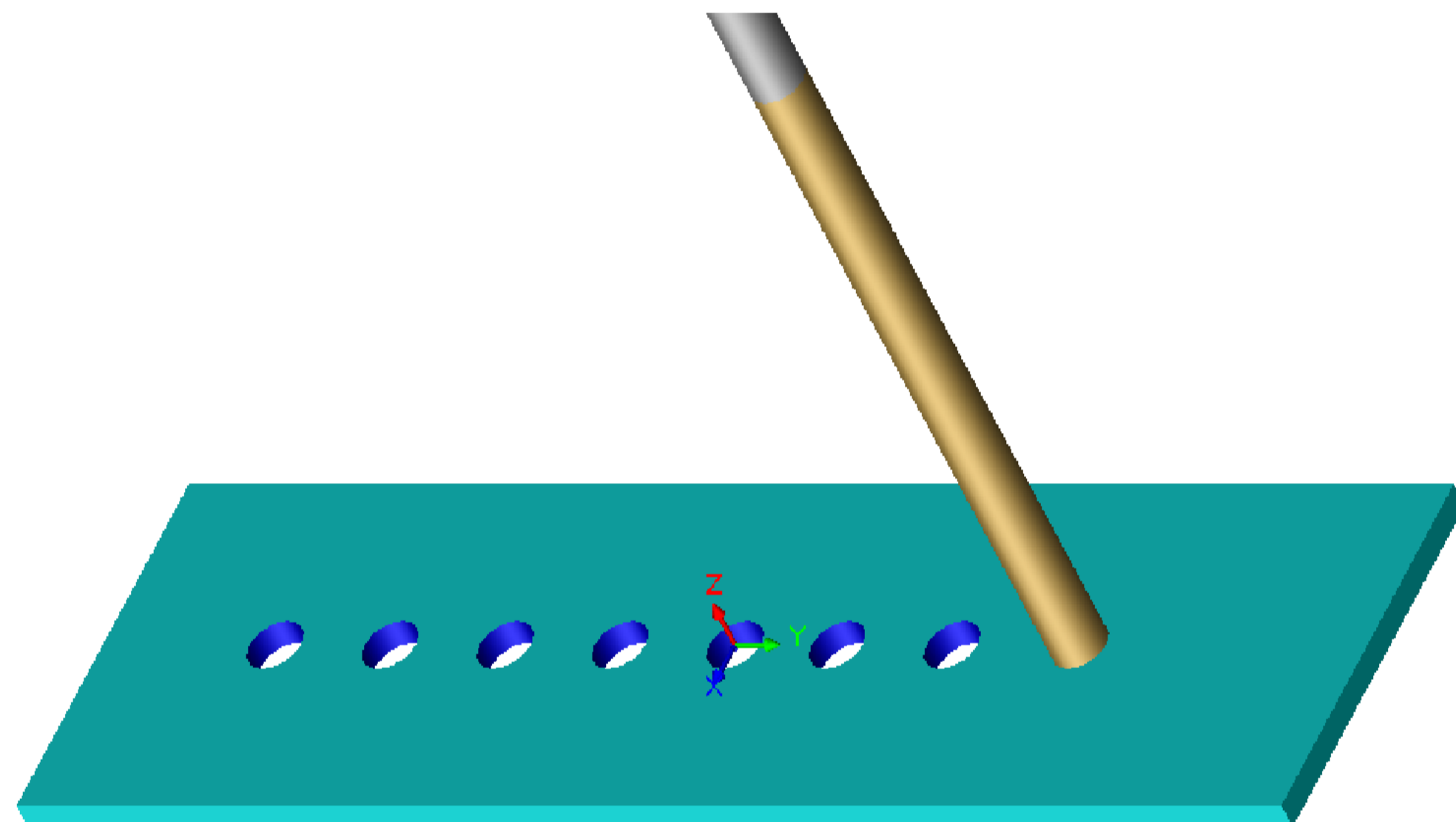
Копировал

Формат А1

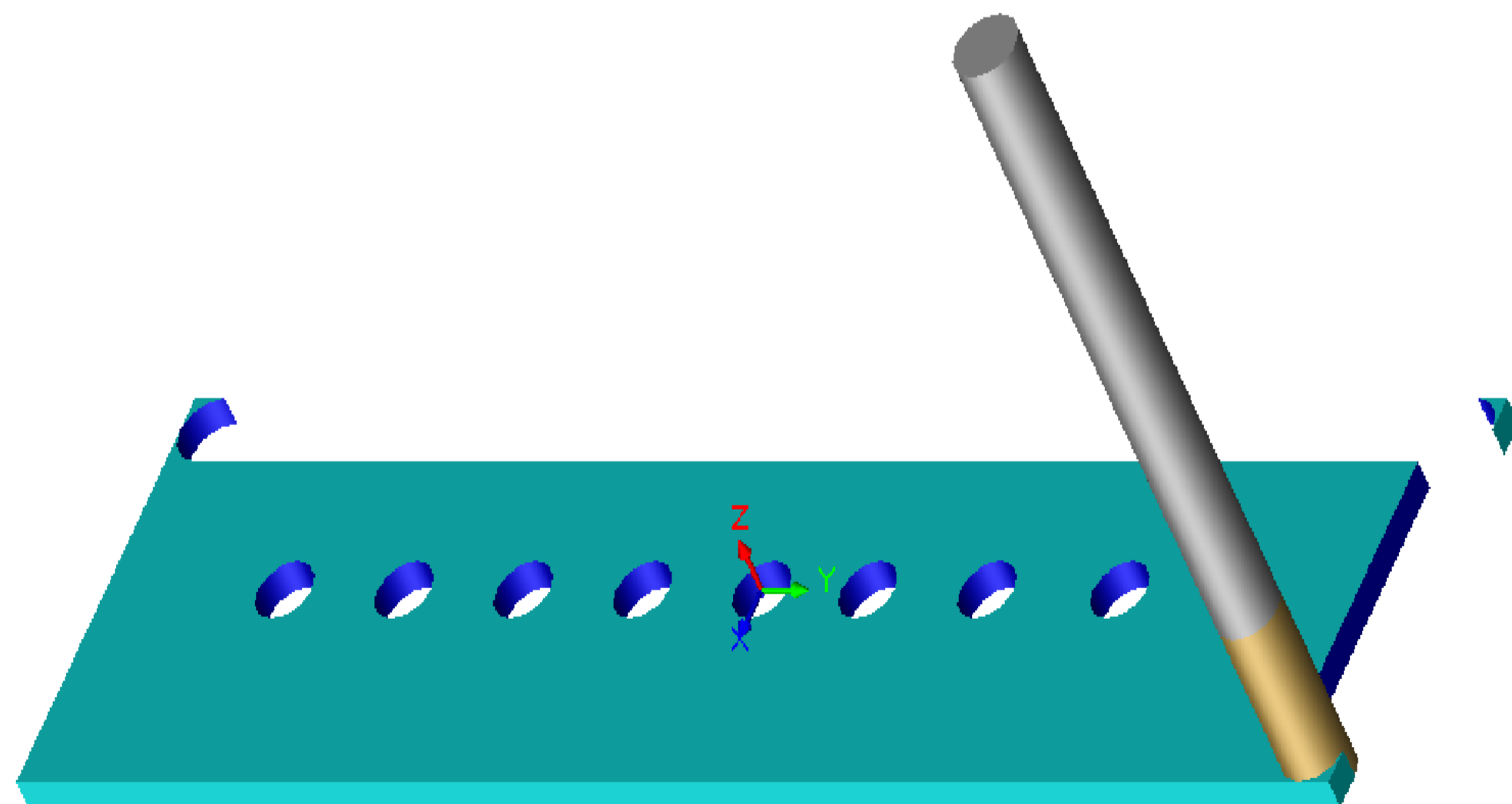
Заготовка кронштейна
для кріплення проіля 20x20-V



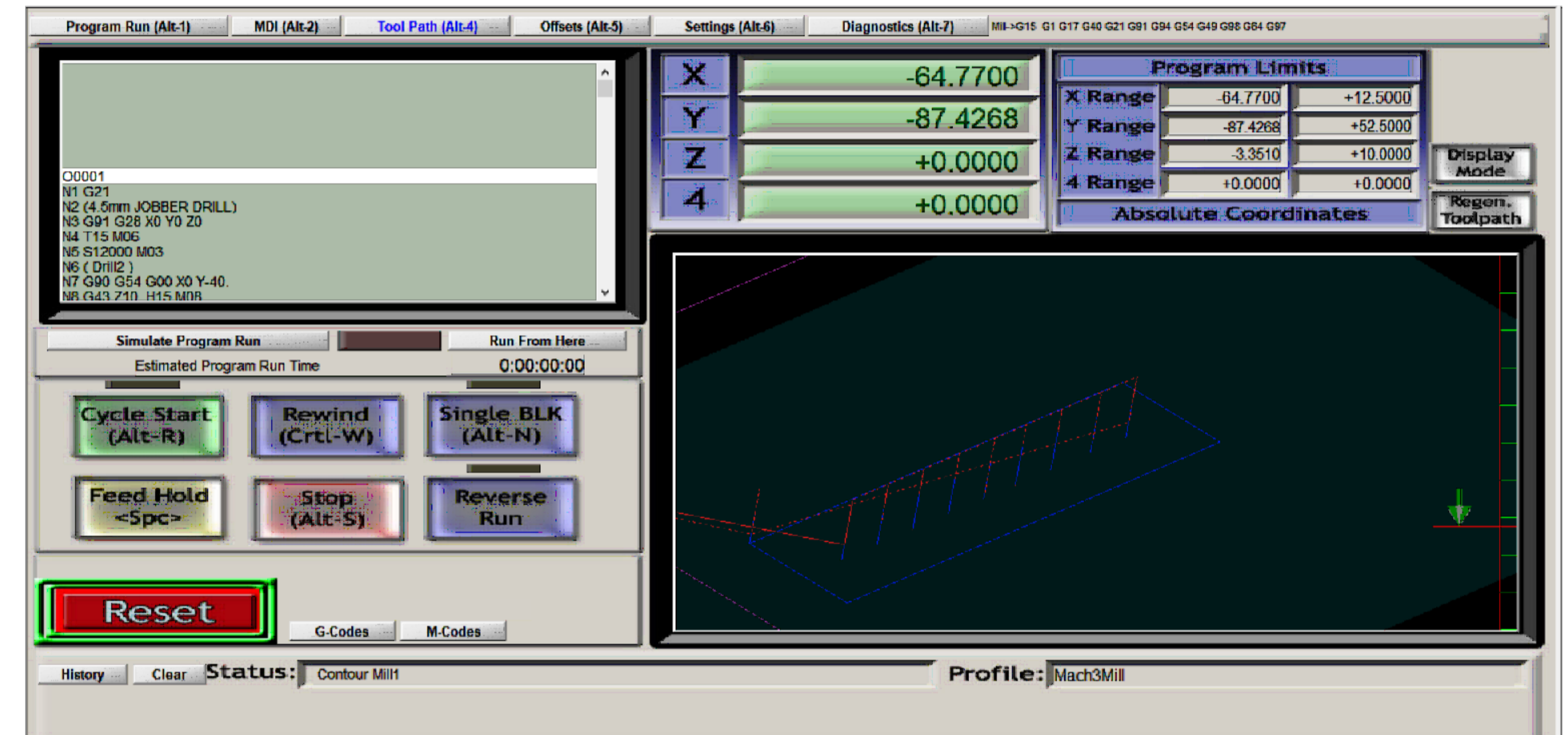
Операція 010
сверління в заготовці дев'яти отворів
вдвож осі заготовки діаметром 4,5 мм.



Операція 010
фрезерування контуру деталі, відрізання від заготовки
фрезею діаметром 5 мм.



Вигляд траєкторії руху інструментів
В програмі Mach3



G-код написаний
постпроцесором програми CAMworks

```

O0001
N1 G21
N2 (4.5mm JOBBER DRILL)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T15 M06
N5 S12000 M03
N6 ( Drill2 )
N7 G90 G54 G00 X0 Y-40.
N8 G43 Z10. H15 M08
N9 G81 G98 R5. Z-3.351
F1650.
N10 Y-30.
N11 Y-20.
N12 Y-10.
N13 Y0
N14 Y8.882
N15 Y18.882
N16 Y30.
N17 Y40.
N19 G91 G28 Z0
N20 (5MM CRB 2FL 13 LOC)
N21 T16 M06
N22 S12000 M03
N23 ( Contour Mill1 )
N24 G90 G54 G41 D36 G00 X-12.5 Y-52.5
N25 G43 Z5. H16 M08
N26 G01 Z-2. F327.
N27 G17 Y52.5 F1308.
N28 X12.5
N29 Y-52.5
N30 X-12.5
N31 G00 Z5.
N32 Z10. M09
N33 G40 X-12.5 Y-52.5
N34 G91 G28 Z0
N35 G28 X0 Y0
N36 M30
    
```

				MP.ПМКм-41.06.00.000		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Симуляція обробки деталі	
Разраб.	Романюк Я.С.				Лит.	Масса
Пров.	Лукань Т.В.				Листов	Масштаб
Т. контр.	Лукань Т.В.				ІФНТУНГ	
Н. контр.	Лукань Т.В.				ПМКм-21-1	
Утв.	Панчук В.Г.				Формат А1	

Перв. примен.
Справа. №
Подп. и дата
Изм. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Изм. № подл.

