

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-03.00.00.000.ПЗ

Група ПМ-22-1К

Добровольський Назарій

Володимирович

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Добровольський Назарій Володимирович

УДК 621.7

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**Проектування механізму переміщення плазмотрона верстату плазмового
різання профільного прокату**

Прикладна механіка
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Студент _____ Добровольський Н.В.

Науковий керівник _____ Панчук А.Г, доцент

Допущено до захисту

Завідувач кафедри, професор _____ Панчук В. Г.

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 та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Добровольському Назарію Володимировичу

1. Тема роботи: **Проектування механізму переміщення плазмотрона верстату плазмового різання профільного прокату**

Керівник роботи - Панчук А.Г., доцент кафедри КМВ

затверджена наказом закладу вищої освіти від “30” травня 2024 року № 330/7

2. Терміни подання студентом роботи 15 червня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи: технічне завдання на проектування механізму

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- Актуальність роботи
- Огляд існуючих конструкцій.
- Конструкторська частина (проектування механізму згідно теми роботи).
- Технологічна частина (технологія виготовлення окремих компонентів механізму).

5. Перелік графічного матеріалу:

- Огляд існуючих конструкцій механізмів (1 аркуш формату А1)
- Креслення механізму згідно теми (3 аркуші формату А1)
- Технологія виготовлення окремих компонентів механізму згідно теми (1 аркуш формату А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Панчук А.Г., доцент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання: 10 березня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Актуальність роботи	12.03.2023	
2	Методи різання профільного прокату	14.03.2023	
3	Огляд існуючих конструкцій	28.03.2023	
4	Конструкторська частина	09.04.2023	
5	Технологічна частина	14.05.2023	
6	Захист бакалаврської роботи	17.06.2023	

Студент

Добровольський Н.В.

Керівник роботи

Панчук А.Г.

“ ” 2024 р.

Реферат

Бакалаврська робота виконана на тему «Проектування механізму переміщення плазмотрона верстату плазмового різання профільного прокату» . Робота складається з 50 аркушів, 57 рисунків. В роботі було використано 10 бібліографічних найменувань.

Графічна частина – 6 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – процес плазмового різання металу.

Предмет дослідження – механізм переміщення каретки плазмового різача

Мета роботи – проектування механізму переміщення плазмотрона верстату плазмового різання профільного прокату

Головною метою моєї роботи є проектування та конструкція механізму закріплення на станині та переміщення плазмотрона верстату плазмового різання профільного прокату. Також описується проектування каретки та підбір комплектуючих до неї. Ще в проекті показано технологію виготовлення куліси двигуна та написанням до неї підпрограми для її обробки у САМWorks для верстату з числовим програмним керування (ЧПК).

Ключові слова: переміщення, верстат, плазмовий різак, проектування та моделювання.

Студент

Добровольський Н.В.

Summary

The bachelor's thesis was carried out on the topic "Design of the mechanism for moving the plasmatron of the plasma cutting machine for profile rolled products". The work consists of 59 sheets, 57 drawings. 10 bibliographic names were used in the work.

The graphic part is 6 sheets of A1 format.

The object of research is the process of plasma metal cutting.

The subject of research is the mechanism of moving the carriage of a plasma cutter

The purpose of the work is to design a mechanism for moving the plasmatron of a plasma cutting machine for profile rolled products.

The main goal of my work is the design and construction of the mechanism for fixing on the bed and moving the plasmatron of the plasma cutting machine for profile rolled products. It also describes the design of the carriage and the selection of components for it. The project also shows the technology of manufacturing the engine pulley, which is assembled to the Y carriage, and writing a subroutine for its processing in CAMWorks for a CNC machine.

Keywords: movement, machine tool, plasma cutter, design and modeling.

Student

Dobrovolskyi N.

ЗМІСТ

1	Актуальність використання металоконструкцій.....	8
2	Аналіз методів різання профільного прокату.....	11
2.1	Методи термічного різання.....	11
2.1.1	Газо-кисневе різання.....	11
2.1.2	Плазмове різання.....	12
2.1.3	Лазерне різання.....	12
2.2	Методи механічного різання.....	13
2.2.1	Абразивне різання.....	13
2.2.2	Різання дисковими пилами.....	14
2.2.3	Різання на стрічкових пилах.....	15
3	Аналіз конструкції верстатів плазмового різання профільного прокату.....	17
3.1	Верстат для обробки труб з ЧПК Vend-Tech Dragon A400.....	17
3.2	Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда (Rob Broomfield).....	18
3.3	Верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4.....	19
3.4	Обертач профільного прокату TR-Machinery Beam Rotato.....	20
4	Компоновка верстату плазмового різання профільного прокату.....	22
5	Проектування каретки Y.....	26
5.1	Опис конструкції каретки Y.....	26
5.2	Вибір та моделювання комплектуючих каретки Y.....	27
5.2.1	Вибір та моделювання двигуна.....	27
5.2.2	Вибір та моделювання комплектуючих для лінійного переміщення.....	31
5.2.3	Вибір лінійних підшипників.....	33
5.2.4	Вибір та моделювання зубчасто-рейкової передачі.....	35
5.2.5	Вибір та моделювання підшипників та метизів.....	38

					БР.ПМ-03.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	<div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">Пояснювальна записка</div>					
Розроб.		Добровольський Н.В.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Панчук А.Г.						6	50	
		Панчук А.Г.						ІФНТУНГ ПМ-22-1К		
Затверд.		Панчук В.Г.								

5.3 Моделювання каретки Y.....	39
6 Технологія виготовлення деталі «Куліса двигуна катерки Y».....	41
Загальний висновок.....	49
Список використаних джерел.....	50

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Актуальність використання металоконструкцій

У світі прослідковується тенденція будівництва легкозбірних споруд. Україна не є винятком цієї світової тенденції. Все більше спостерігається побудови цехів, індустріальних парків, заводів, тощо, з металоконструкцій які легкі в монтажі. До прикладу можна розглянути проекти які реалізовує ТЗОВ «Калушстальбуд», зокрема на рис. 1.1 представлено будівництво полеолефінового заводу, а на рис. 1.2 розбудова заводу MAN.



Рисунок 1.1 – Будівництво полеолефінового заводу



Рисунок 1.2 – Розбудова заводу MAN

Безліч проектів реалізуються невеликими фірмами, зокрема на рис. 1.3 представлений каркас боксів автосервісу в с.Підлісся, Івано-Франківської обл.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Рисунок 1.3 – Будівництво СТО

Всі ці проекти, були виготовлені з металопрокату, такого як двотаври, швелери, кутники, профільний прокат (квадратна, прямокутна або кругла профільна труба). Асортимент прокату можна розглянути на сайтах різних металобаз, зокрема на сайті металобаз Вартіс (рис.1.4) або на сайті металобаз Метінвест-СМЦ (рис.1.5).

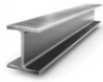
Враховуючи масштаби робіт з використання металоконструкцій, цілком зрозуміло, що тема підвищення ефективності обробки профільного прокату є надзвичайно актуальною, проте при цьому вирішується безліч проблем.

Наприклад, одною з проблем є те що, профільний металопрокат поставляється довжиною 6 або 12 метрів, тому його потрібно чимось різати, щоб отримати заготовки певної конфігурації і розмірів. Методів різання є багато, але в даній роботі я розгляну найбільш розповсюджені:

- методи термічного різання (газо-кисневе, плазмове, лазерне)

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ДВУТАВРОВА БАЛКА



Балки двотаврові від виробника

Балка двотаврова – сталевий фасонний прокат загального призначення з паралельними гранями полиць, використовується в основному для влаштування перекриттів, виробництва металлоконструкцій, зведення опор і мостів, підвісних шляхів. Маркують балки номером від № 10 до № 60, буквами: Б – нормальний, Ш – широкополюсовий, К – колонний, Д – додаткової серії, М – для підвісних шляхів, С – армування шахтних стволів.

Для будівництва загального призначення використовуються балки двотаврові з літерою Б. Довжина виробів 12 метрів. Замовити балку двотаврову можна на наших металоцентрах і дізнатися ціну за тону в Києві, або ціну за метр з порізкою і адресною доставкою.

Хочете купити балку двотаврову в Києві за цінами заводу виробника, двоніть нам, наші менеджери «Вартіс» допоможуть вибрати, оформити замовлення і доставку.

Ексклюзивні позиції імпортової балки двотавр ІРН 30 і ІРН 36

На оптових складах компанії Vartis, завжди в наявності ексклюзивні типи імпортової європейської балки.

- Балка ІРН 30.
- Балка ІРН 36

Балки ІРН 30 і ІРН 36 виробляють зі сталі S235, S275, вони відрізняються наявністю ухилу. Таке рішення дає можливість використовувати цю балку в будівництві там, де потрібна більша жорсткість і міцність, порівняно зі звичайними типами балок.

ЗРОБИТИ ЗАМОВЛЕННЯ

Вас зацікавив цей товар? Ви можете відправити свій номер телефону в формі нижче і наші менеджери зателефонують Вам найближчим часом, щоб відповісти на всі Ваші запитання!

+38 (***) ***-**-**

ВІДПРАВИТИ

КАТАЛОГ

Балка двотаврова		
балка № 10 (ІРЕ 100)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 12 (ІРЕ 120)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 14 (ІРЕ 140)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 16 (ІРЕ 160А)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 18 (ІРЕ 180)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 20 (ІРЕ 200А)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 22 (ІРЕ 220А)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 24 (ІРЕ 240А)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 27 (ІРЕ 270А)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 30 (ІРН)	ст. 3пс/сп	L=12 м
балка № 30Б1	ст. 3сп5	L=12 м (6 м)
балка № 36 (ІРЕ 360А)	ст. 3пс/сп	L=12 м (6 м)
балка № 36 (ІРН)	ст. 3пс/сп	L=12 м
балка № 40Б1	ст. 3сп5	L=12 м (6 м)

Рисунок. 1.4 – Асортимент двотаврових балок металобази Вартіс

The screenshot shows the website interface for METINVEST. The main navigation bar includes the company logo, menu items like 'Акції', 'Довідник', 'Закупки', 'Метінвест Холдинг', and contact information for the Ivano-Frankivsk region. A search bar is present with the text 'Введіть товар, категорію або параметр'. Below the navigation, the breadcrumb trail reads 'Головна > Металопрокат > Сортовий і фасонний прокат > Швелер'. The main content area is titled 'Швелер' and displays a grid of product cards. Each card shows the product name, dimensions (e.g., '6.5 L=6000 мм'), a price (e.g., '242.00 грн'), and a 'Купити' button. A filter sidebar on the left allows users to refine their search by profile number, thickness, width, length, and steel grade.

Рисунок 1.5 – Асортимент швелерів металобази Метінвест-СМЦ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

10

- методи механічного різання (абразивне, дисковими та стрічковими пилами)

Проаналізуємо їх переваги та недоліки.

2 Аналіз методів різання профільного прокату

2.1 Методи термічного різання:

2.1.1 Газо-кисневе різання (рис. 2.1)

Переваги:

- Дешеве обладнання
- Необмежена товщина різання
- Простота процесу

Недоліки:

- Низька швидкість різання
- небезпека використання посудин з високим тиском
- Велика термічна зона
- Низька якість поверхні різі



Рисунок 2.1 – Газо-кисневе різання.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.1.2 Плазмове різання (рис. 2.2)

Переваги:

- Відносно висока точність різання
- Простота реалізації процесу – потрібні джерело плазми, плазмотрон і компресор.
- Висока продуктивність процесу
- Легко піддається автоматизації

Недоліки:

- Обмежена товщина різання – як правило до 50мм
- На зворотній стороні різання наявність грату, який необхідно видаляти
- Точність різання залежить від багатьох факторів (зношеність електродів, стабільність тиску повітря і якість його підготовки)



Рисунок 2.2 – Плазмова різка

2.1.3 Лазерне різання (рис. 2.3)

Переваги:

- Висока точність і якість поверхні різання

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

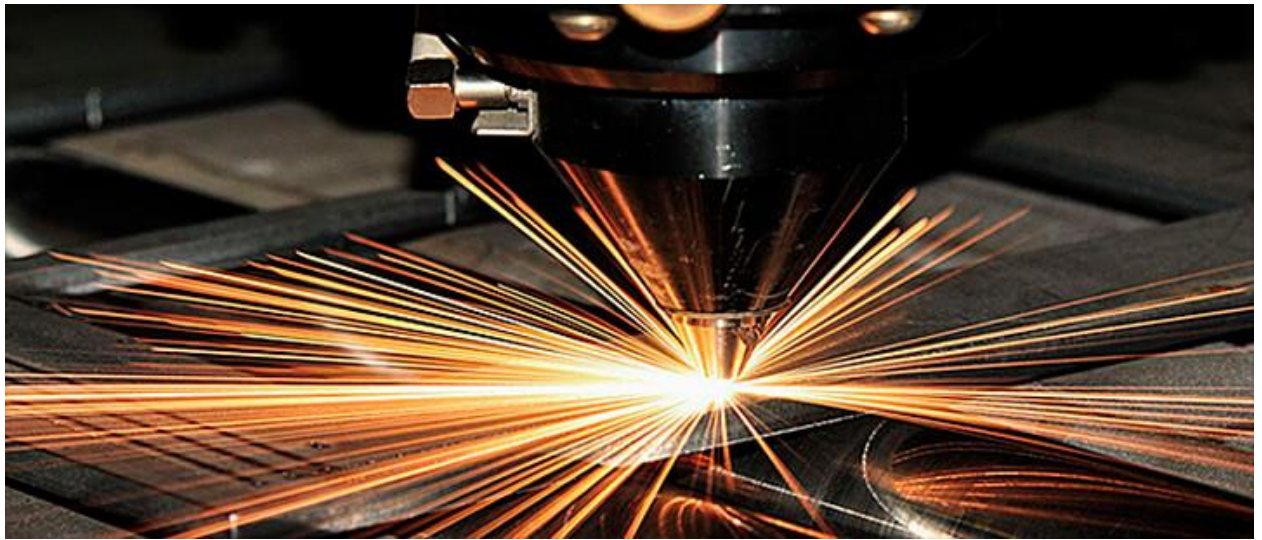


Рисунок 2.3 – Лазерне різання

- Висока швидкість процесу

Недоліки:

- Висока вартість обладнання
- Небезпека враження лазерним променем
- Обмежена товщина різання (20-30мм)

2.2 Методи механічного різання:

2.2.1 Абразивне різання (рис 2.4 і 2.5)

Переваги:

- Простота процесу
- Дешевизна обладнання (від 5 000 грн.)
- Дешевизна інструменту (вартість абразивного круга від 200мм)
- Можливість різання деталей з високою твердістю (HRC 60)

Недоліки:

- Швидке спрацювання абразивних кругів
- Забрудненість процесу і як наслідок забруднення території абразивними зернами.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 2.4 – Абразивне різання болгаркою



Рисунок 2.5 – Абразивне різання на монтажних пилах

2.2.2 Різання дисковими пилами (рис. 2.6)

Переваги:

- Висока точність різання
- Простота обладнання
- Висока продуктивність різання

Недоліки:

- Висока вартість інструменту як наслідок висока вартість процесу різання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

14



Рисунок 2.6 – Дискава монтажна пила

2.2.3 Різання на стрічкових пилах (рис. 2.7)

Переваги:

- Висока точність різання
- Можливість різання прокату з великими розмірами
- Дешевизна процесу

Недоліки:

- Висока вартість обладнання
- Невисока продуктивність

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

15

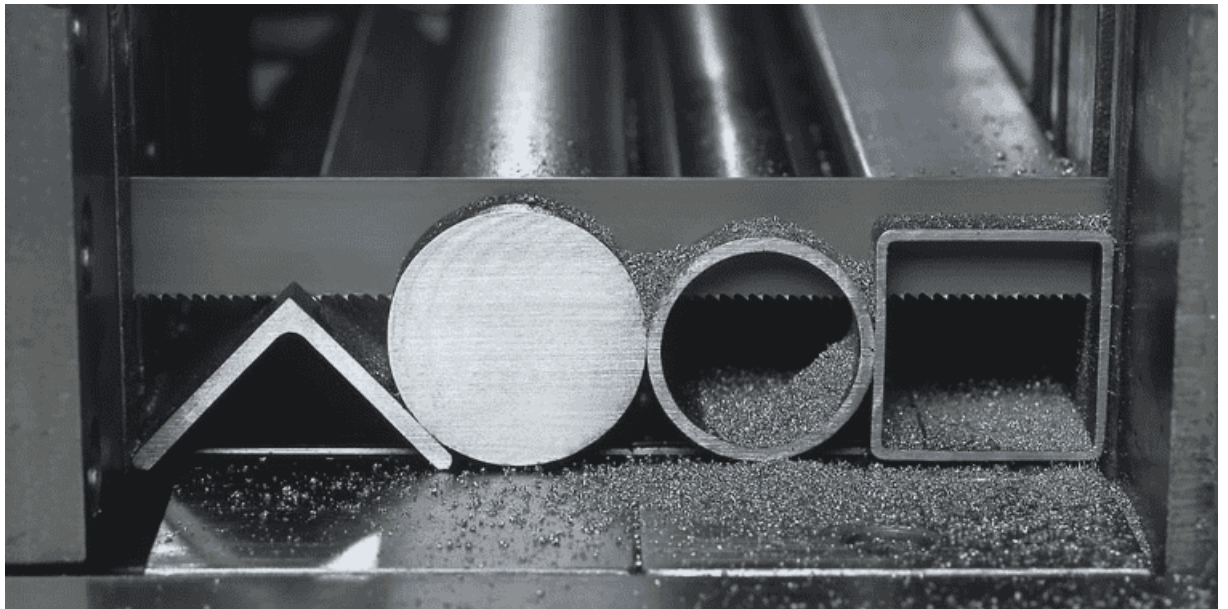


Рисунок 2.7 – Різання на стрічковій пилі

Висновок:

Недоліком всіх методів механічного різання прокату є можливість використання тільки прямолінійного різку, проте в сучасних металоконструкціях потрібно поєднувати профілі складних конфігурацій цього можна досягти тільки методами термічного різання. Найбільш доступним методом термічного різання є плазмове різання, яке забезпечує відносно якісний різ при невисокій вартості обладнання. Тому в наступному розділі розглянемо існуючі конструкції верстатів для плазмового різання профільного прокату.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Аналіз конструкції верстатів плазмового різання профільного прокату.

Є велика різноманітність конструкцій верстатів з ЧПК для різання профільного прокату. У своїй роботі хочу розглянути кілька таких верстатів.

3.1 Верстат для обробки труб з ЧПК Bend-Tech Dragon A400

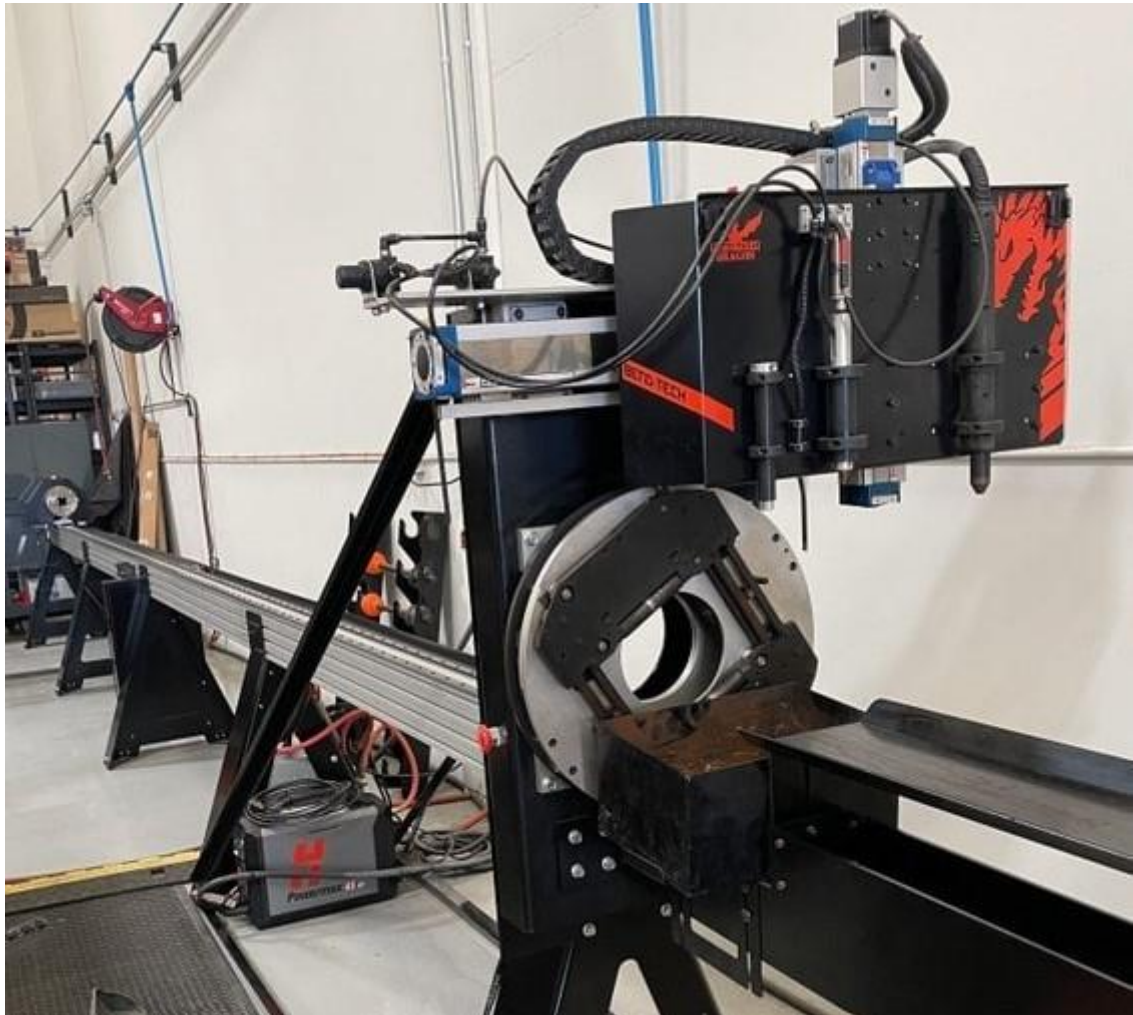


Рисунок 3.1 – Верстат для профільного різання Bend-Tech Dragon A400.

Особливістю верстата є те що, заготовка кріпиться в двох опорах, передня опора обертається навколо своєї осі і має самоцентруючий механізм позиціонування труби з можливістю її осьової подачі. Обертний рух і подача по її осі здійснюється за рахунок задньої опори, яка рухається вздовж станини верстата. Плазмовий різак знаходиться перед передньою опорою, саме там відбуваються всі процеси різання, тобто оброблена частина труби консольно висувається з передньої опори, зрозуміло що, довжина обробленої заготовки є обмеженою в результаті того що, під своєю вагою вона може деформуватися

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

або відламатися. По такій схемі працює більшість сучасних верстатів по обробці профільного прокату як плазмового, так і лазерного різання. Розглянемо переваги та недоліки такої конструкції

Переваги:

- Висока швидкість різання
- Висока точність різання
- Легке закріплення деталей

Недоліки:

- Різання відносно не великих деталей (тобто деталі обмежені по своїй довжині і масі)
- Висока складність верстату і як наслідок висока вартість верстату такої конфігурації

3.2 Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда (Rob Broomfield)



Рисунок 3.2 – Труборіз з ЧПК

Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда передбачає нерухоме розміщення заготовки що обробляється, тобто, труба або заготовка іншого профілю розміщується нерухомо вздовж верстата. Плазмовий різак розмішений на рухомій каретці яка рухається вздовж станини, при цьому каретка має

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

можливість переміщувати плазмовий різак по трьох координатах. Така конструкція дозволяє обробляти заготовки будь-якої довжини за рахунок відсутності консольного навантаження.

Переваги:

- Жорстке і надійне закріплення заготовок різної довжини

Недоліки:

- Відсутність обертання деталей
- Неможливо обробляти заготовки складної конфігурації

3.3 Верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4

Особливість даного верстата є простота конструкції передньої опори, в якості якої використовується сталевий диск з вирізом, який відповідає профілю заготовки, що обробляється з жорстко закріпленими підшипниковими опорами. Диск обертається на 4-х підшипниках розміщених в його нижній півсфері, тобто є можливість заміни диска через верхню півсферу, проте під вагою заготовки, опора надійно тримається під час обробки з можливістю вільного обертання, таке рішення є досить простим і дешевим в реалізації.



Рисунок 3.3 – Верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Переваги:

- Простота і дешевизна передньої опори
- Можливість закріплення практично будь-якого профільного прокату

Недоліки:

- Відносно невисока точність позиціонування заготовки, що обертається

3.4 Обертач профільного прокату TR-Machinery Beam Rotator.

Хотів би ще розглянути обертач TR-Machinery Beam Rotator. Деталь закріплюють за допомогою "кулачків" з двох боків, які в свою чергу, кріпляться у верхній і нижній частині позиціонерів (дисків) що обертаються.



Рисунок 3.4 - Обертач TR-Machinery Beam Rotator

Переваги:

- За рахунок великих габаритів опор є можливість закріпити деталі з великою масою
- Є можливість закріплення прокату з профілями різної конфігурації
- Простий механізм обертання опор

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Недоліки:

- Велика вартість опори за рахунок її великої маси
- Складний механізм фіксації деталей

В даному верстаті для нас цікавим є механізм обертання заготовки що обробляється. Заготовка кріпиться в 2х опорах, опори рухомі і можуть розміщуватись відповідно до довжини заготовки. На кожній з опор передбачений привід що обертає базуючий диск. По зовнішньому периметру диска знаходиться зубчастий вінець. На опорі закріплений привід - електродвигун з редуктором на вихідному валу до якого закріплена зубчаста шестерня яка входить в зачеплення з зубчастим вінцем базуючої опори.

Висновок:

Таким чином у своїй роботі я вирішив взяти з перерахованих конструкцій декілька ідей. Використати принцип позиціонування заготовки верстату RUBIOS CNC Rotary D4, проте заготовку розміщувати в двох таких опорах при чому використати механізм примусового їх обертання як у TR-Machinery Beam Rotator. Тобто деталь буде зафіксованою по 3-х координатах відносно станини як у верстаті Роба Брумфілда але з можливістю її обертання (4-та вісь). Каретку з плазмовим різакром буде рухатись вздовж всієї станини верстату (вісь X) з можливістю поперечного (вісь Y) і вертикального (вісь Z) переміщення. Компоновку такого верстату розглянемо в наступному розділі.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Компоновка верстату плазмового різання профільного прокату.

Компоновка майбутнього плазмового верстату представлено на рисунку 4.1. Вдovж станини рухається портал (каретка осі Y), на порталі в поперечному напрямку рухається поперечна каретка (каретка осі X). На поперечній каретці у вертикальному напрямку рухається вертикальна каретка (каретка осі Z) на якій закріплений плазмовий різак. Таким чином плазмовий різак буде рухатися по 3-х координатах - X, Y, Z. Деталь що обробляється буде закріплена нерухомо відносно станини в напрямку вище згаданих осей, проте з можливістю обертання навколо осі паралельної до осі X (4-та вісь).

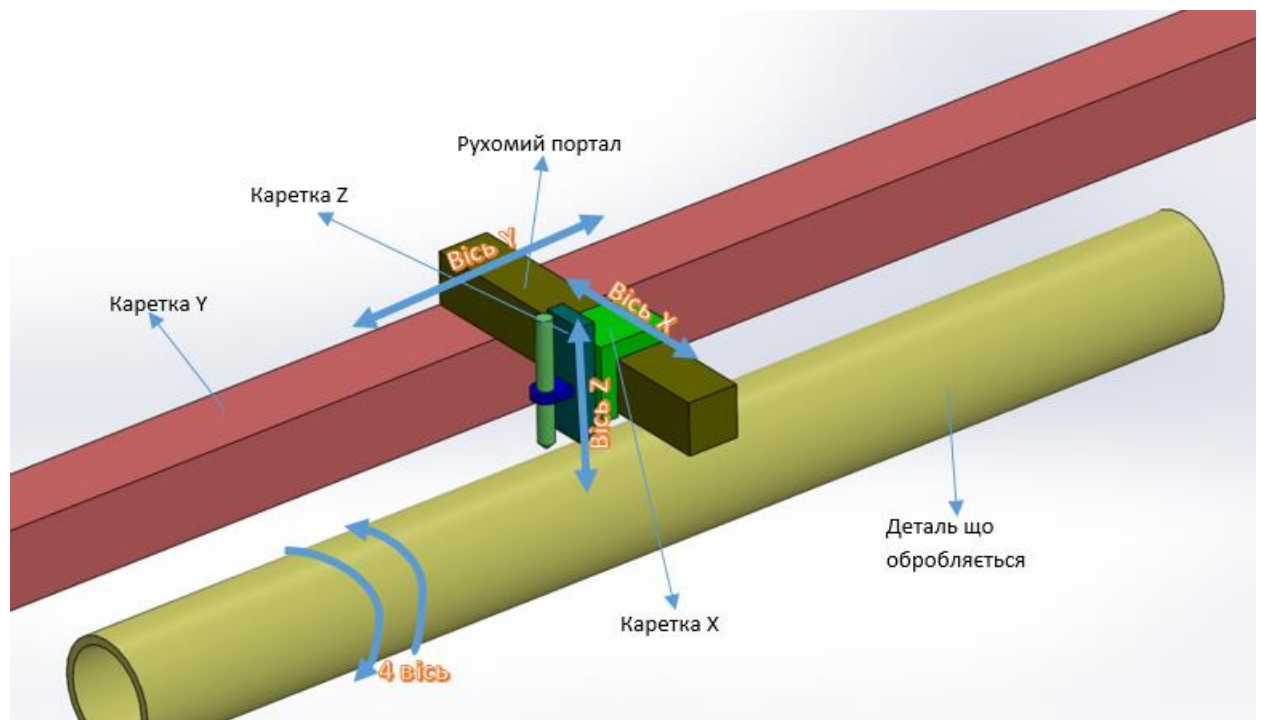


Рисунок 4.1 – Компоновка верстату плазмового різання профільного прокату

На 1-му етапі необхідно визначити параметри даної системи переміщення плазмового різака.

Введемо обмеження на сортамент прокату який буде оброблятися на верстаті:

- Балка двотаврова – від IPE 100 до IPE300.
- Швелер – від 6,5 до 120.

- Кутник – від 25x25 до 200x200.
- Труба квадратна – від 15x15 до 200x200.
- Труба прямокутна – від 30x20 до 200x160.

Для перерахованого сортаменту визначимо необхідні діапазони переміщення по осях: X, Y, Z. Найбільш габаритним є профіль двотавра, тому діапазони переміщень визначимо на його прикладі.

З рисунку 4.2 видно, що мінімальна висота різака буде у випадку коли перемичка двотавра стоїть горизонтально (розмір A_{min}).

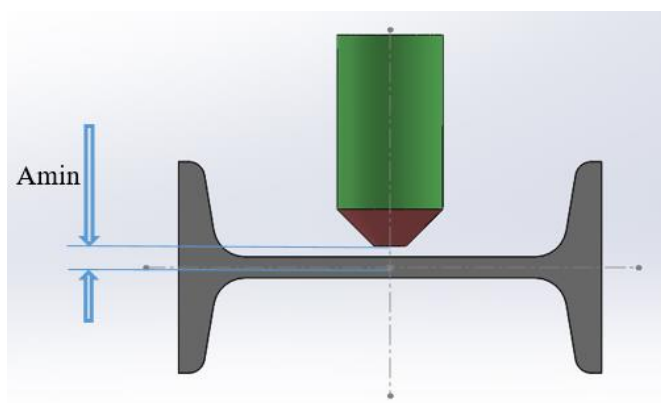


Рисунок 4.2 - Визначення мінімальної висоти різака по координаті Z(A_{min})

Максимальна висота різака визначається у випадку, який представлений на рисунку 4.3 (розмір A_{max}).

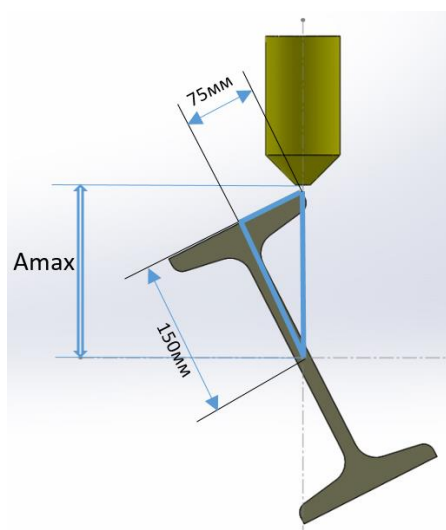


Рисунок 4.3 – Визначення максимальної висоти різака по координаті Z (A_{max})

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для двотавра ІРЕ300

$A_{\min}=3,5+5=8,5\text{мм}$, де:

3,5мм – половина товщини перемички двотавра;

5мм – рекомендована висота різання плазмовим різакром.

$A_{\max}=\sqrt{75^2 + 150^2}+5=172,71\text{мм}$, де:

75мм – половина ширини полицки двотавра (рис. 4.3);

150мм – половина висоти перемички двотавра (рис. 4.3).

5мм – рекомендована висота різання плазмовим різакром.

Таким чином діапазон переміщення різачка по координаті Z повинен виходити за межі A_{\min} і A_{\max} , тобто бути в діапазоні від 0 до 200мм, проте максимальна висота може бути вищою, тому що необхідно буде «переїжджати» через опори 4-ї осі. Діаметри опор визначимо пізніше під час проектування верстату.

Діапазон переміщення різачка по координаті X визначимо з міркувань різання найширшого профілю (рис. 4.4). Таким профілем є двотавр ІРЕ300.

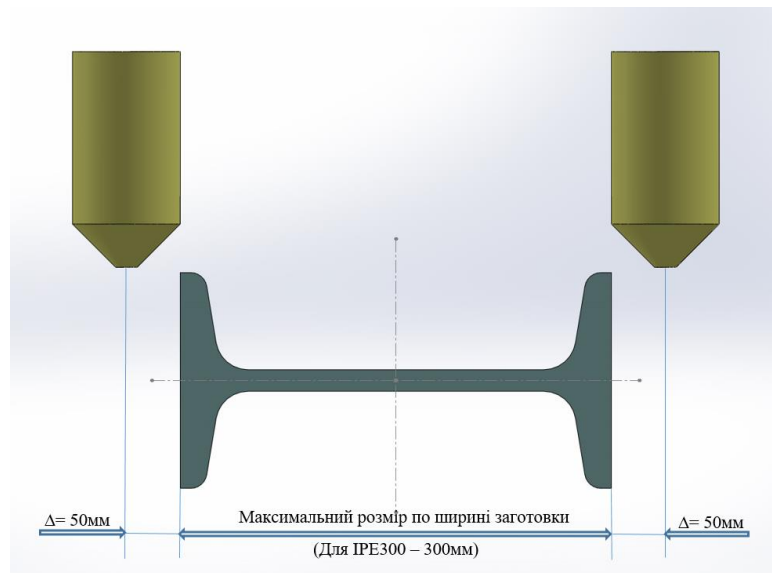


Рисунок 4.4 – Визначення діапазону переміщення різачка по координаті X

З рисунку 4.4 видно, що діапазон переміщення різачка по координаті X повинен бути понад 300мм. Наприклад цей діапазон міг би бути 400мм.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

По координаті X діапазон переміщення різачка повинен бути таким , щоб можна було обробляти заготовки довжиною 6 метрів. Така довжина прокату є найбільш ходовою на металобазах. Хотілося б обробляти заготовки довжиною по12 метрів, але в цьому випадку верстат буде мати великі габарити і як наслідок складну конструкцію і високу ціну.

Висновок:

Таким чином майбутній верстат повинен забезпечувати такі діапазони переміщення плазмового різачка:

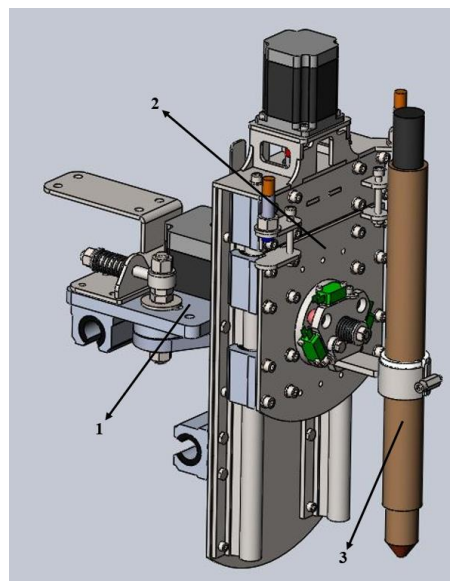
по координаті Y – 6000 мм;

по координаті X – 400 мм;

по координаті Z – 200 мм;

4-та вісь повинна забезпечувати обертання деталі на 360 градусів в обидвох напрямках.

Каретку Z і каретку X проектувати не потрібно, так як використаємо готову конструкцію, яка була використана на верстаті плазмового різання навчально-наукового центру професійної підготовки і практики (рис.4.5). Тому в даній роботі я спроектую каретку Y. Конструкцію системи переміщення по 4-тій осі спроектує мій колега студент групи ПМ-20-1, Дмитро Абрам.



1 – каретка X; 2 – каретка Z; 3 – плазмовий різак

Рисунок 4.5 – 3D модель каретки X

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

5 Проектування каретки Y

5.1 Опис конструкції каретки Y.

Каретка Y виконана у вигляді збірної конструкції (рис. 5.1). В її основі складальна одиниця яка включає: корпус каретки Y - 5 , корпус привода каретки Y - 6 і трубу каретки Y - 7. Ці деталі з'єднані між собою за допомогою гвинтів – 10 і 11.

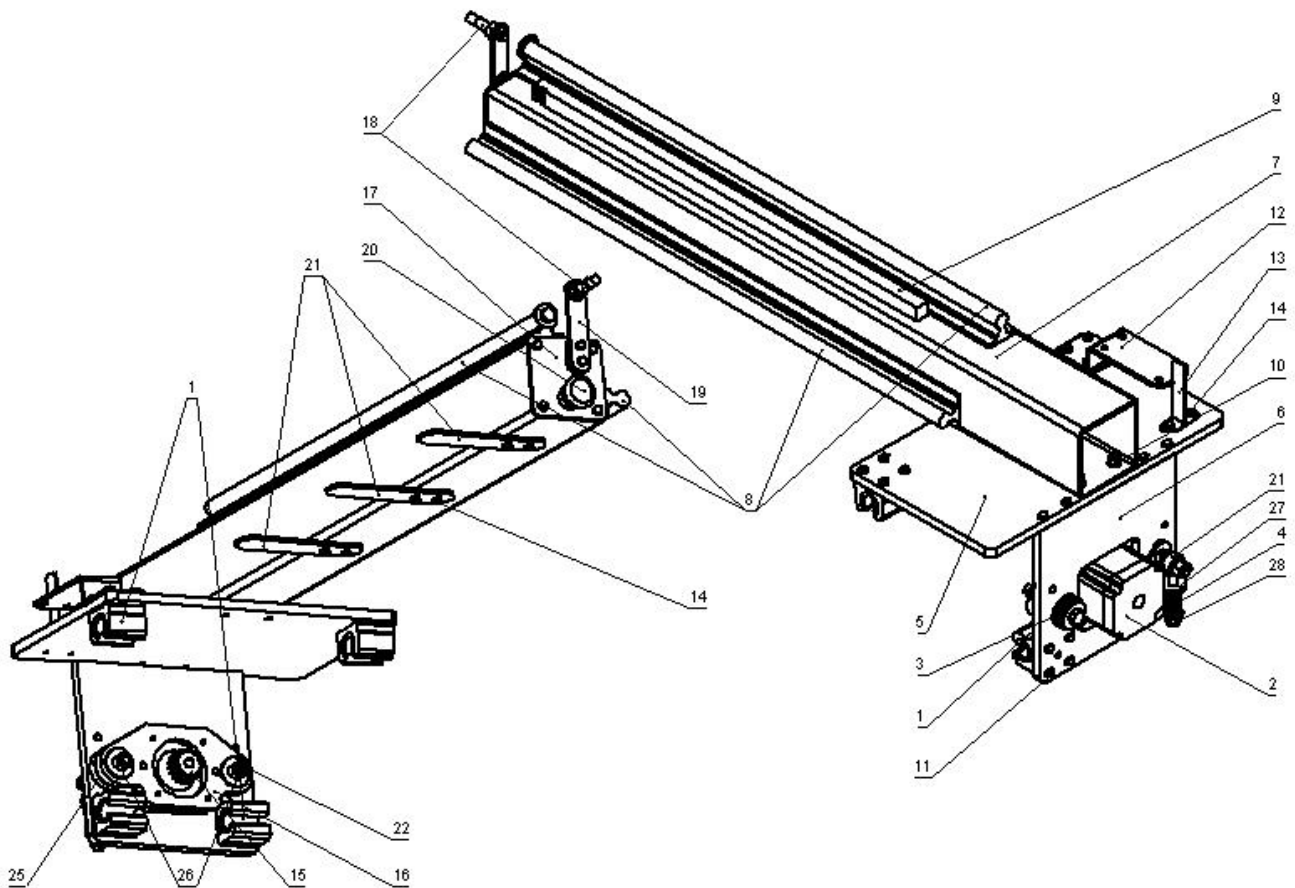


Рисунок 5.1 – Конструкція каретки Y

На трубі розміщені лінійні направляючі вали – 8, та зубчаста рейка 9. З торця труба закрита фланцем 17 з кнопкою аварійної зупинки 20 та кронштейном 19 на якому закріплений індукційний давач 18. По направляючих валах 8 рухається каретка X її переміщення забезпечується зачепленням зубчастого колеса каретки X по рейці 9. Ще до корпусу приєднується кронштейн кабель каналу 12 і кронштейн клемної колодки 13 і

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

кріпляться болтами – 11 та 14 відповідно, вздовж труби розміщені також опори кабель-каналу 21.

Для переміщення каретки У передбачені лінійні підшипники 1 які за допомогою гвинтів 11 кріпляться до корпусу каретки У та корпусу привода каретки У. Привід каретки У складається з крокового двигуна 2 що закріплений на кулісі 16 на вал двигуна встановлене зубчасте колесо 15. Куліса закріплена на осі яка в свою чергу затиснута між двома упорними підшипниками 3 болтом 22 і гайкою 26. Обертання куліси навколо осі забезпечує постійне притискання шестерні до зубчастої рейки станини. Зусилля притискання забезпечується за допомогою пружини 4 встановленої між двома втулками 25, які тиснуть з одного боку на нерухомий кронштейн каретки 27 а з іншого боку на рухомий шток каретки У 24. Зусилля притискання регулюється за допомогою гайки 28

Моделювання каретки У необхідно почати з вибору і моделювання комплектуючих деталей, які будуть закуповуватись у інших виробників. В подальшому ці моделі будуть інтегровані в модель що проектується.

5.2 Вибір та моделювання комплектуючих каретки У.

В конструкції каретки У частину деталей вибираємо з асортименту що пропонується сучасною промисловістю. По частині з цих деталей 3D моделі пропонуються виробником. Якщо моделі немає то моделюємо самостійно по кресленнях, що є у відкритому доступі.

5.2.1 Вибір та моделювання двигуна

Щоб каретка рухалась вздовж станини потрібен двигун. Для цього верстату підходить кроковий двигун SM86HT80 (рис. 5.2)

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.2 – Кроковий двигун SM86HT80

Кроковий двигун - це синхронний безколекторний з декількома обмотками електричний двигун, в якому подача електричного струму на одну з обмоток приводить до того, що його ротор фіксується в строго певному положенні. Послідовне підключення обмоток приводить до оберտального руху на заданий кут. Завдяки цьому кут повороту ротора залежить від кількості послідовних перемикань обмоток, а швидкість обертання ротора дорівнює частоті перемикання обмоток, помноженої на кут повороту ротора за одне перемикання.

Переваги:

1. Головна перевага крокових приводів - точність. При подачі струму в обмотки кроковий двигун повернеться строго на певний кут. Помилка позиціонування в межах 3 - 5% кроку і ця помилка не накопичується від кроку до кроку.

2. Залежність оборотів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє управляти двигуном без зворотного зв'язку.

3. Вартість крокових приводів в середньому в 1,5-2 рази нижча сервоприводів. Кроковий привід, як недорога альтернатива сервоприводу, найкращим чином підходить для автоматизації окремих вузлів і систем, де не потрібна висока динаміка.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

1. Крокові двигуни створюють порівняно високий момент при низьких швидкостях обертання. Момент істотно падає при збільшенні швидкості обертання. Однак, динамічні характеристики двигуна можуть бути істотно поліпшені при використанні драйверів зі стабілізацією струму на основі ШІМ.

2. Дискретність кроку створює істотні вібрації, які в ряді випадків можуть приводити до зниження крутного моменту і порушення механічних резонансів в системі. Рівень вібрацій вдається знижувати при використанні режиму дроблення кроку.

Основні характеристики крокового двигуна:

Похибка кроку - 5% (повний крок, без навантаження)

Похибка опору $\pm 10\%$

Похибка індуктивності $\pm 20\%$

Максимальна температура 80°C max (номінальний струм, 2 фази)

Робочий діапазон температур від -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$

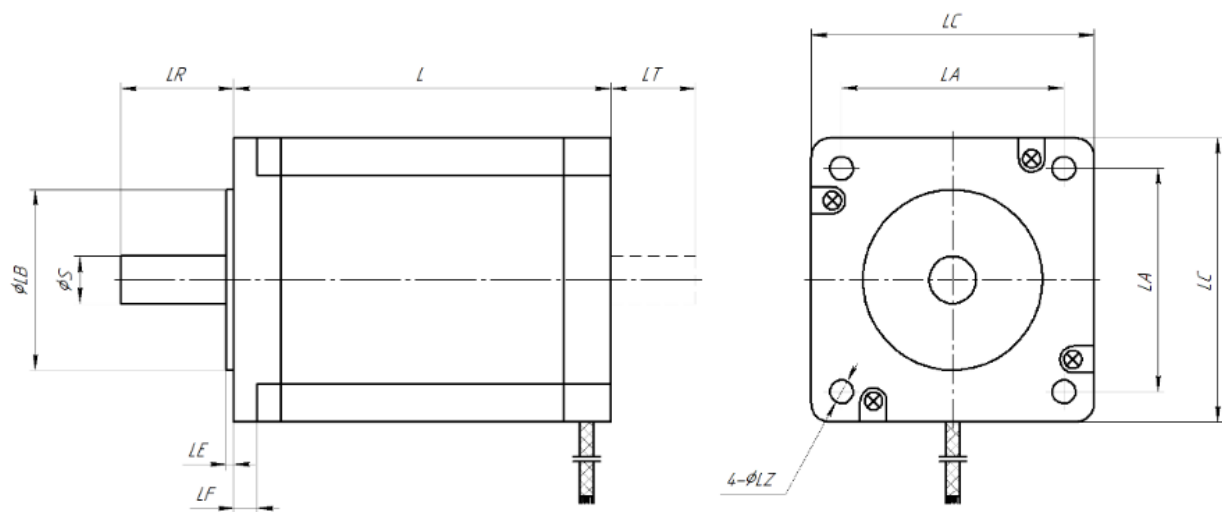
Опір ізоляції $100\text{M}\Omega$ Min., 500VDC


Діелектрична стійкість 500VAC в одну хвилину

Радіальне биття вала 0,02 мм (при навантаженні 450 г)

Осьове биття вала 0,08 мм (при навантаженні 450 г)

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Модель	Крок (кут повороту), °	Напруга, V	Струм/фаза, A	Опір/фаза, Ω	Індуктивність/фаза, мН	Момент утримання, кг.см	К-сть виходів	Маса, кг	Ціна за шт. з ПДВ, грн.**
86J1880-842	1,8	–	4,2*	0,58*	4*	45*	8	2,3	2252.45
86J1880-460(K)-14	1,8	–	6,0	0,58	4,0	45	4	2,3	2647.26
86J18101-450	1,8	–	5,0	0,58	4,2	60	4	3,25	3606.37
86J18118-460	1,8	–	6,0	0,52	4,8	82	4	3,6	3243.24
86J18118-460(K)-38-14	1,8	–	6,0	0,28	3,0	85	4	3,6	3465.00
86J18156-845	1,8	–	6,0*	0,72*	5,5*	120*	8	5,4	4276.01
JK86HS78-5504	1,8	–	5,5	0,46	4	46	4	2,3	1864.76
JK86HS115-6004	1,8	–	6	0,6	6	87	4	3,8	2365.70
JK86HS155-6004	1,8	–	6	0,68	9	130	4	5,4	3217.90
SM86HT80-5504A	1,8	6,0	5,5	0,46	4	46	4	2,3	
SM86HT80-5504B	1,8	6,0	5,5	0,46	4,0	46	4	2,3	2497.57
SM86HT80-4208A	1,8	3,0	6,0*	0,38*	3,4*	46*	8	2,3	2045.74

Модель	LC	L	LA	LB	LE	LF	LZ	LR	LT	S	QL	F	V	QK	U	W
86J1880-842	86	79	69,58	73	1,6	–	6,5	32	–	12,7	25	–	–	25	–	–
86J1880-460(K)-14	86	80	69,58	73	1,6	–	6,5	32	–	14	25	–	–	25	16	5
86J18101-450	86	101	69,58	73	1,6	–	6,5	32	–	12,7	–	–	–	25	–	5
86J18118-460	86	112	69,58	73	1,6	–	6,5	32	–	12,7	–	–	–	25	–	5
86J18118-460(K)-38-14	86	112	69,58	73	1,6	–	6,5	32	–	14	–	–	–	25	–	5
86J18156-845	86	156	69,58	73	1,6	–	6,5	32	–	15,875	–	–	–	25	–	5
JK86HS78-5504	85,85	80	69,5	73	1,6	9,5	6,5	31,75	–	12,7	25	–	–	–	–	–
JK86HS115-6004	85,85	115	69,5	73	1,6	9,5	6,5	31,75	–	12,7	–	–	–	25	14,7	5
JK86HS155-6004	85,85	155	69,5	73	1,6	9,5	6,5	31,75	30	15,875	–	–	–	25	17,88	5
SM86HT80-5504A	85,85	80	69,5	73	1,6	9,5	6,5	31,75	–	12,7	25	–	–	–	–	–
SM86HT80-5504B	85,85	80	69,5	73	1,6	9,5	6,5	31,75	30	12,7	25	–	–	–	–	–
SM86HT80-4208A	85,85	80	69,5	73	1,6	9,5	6,5	31,75	–	12,7	25	–	–	–	–	–

Рисунок 5.3 - Асортимент крокових двигунів ТОВ Рефіт

У спроектованому верстаті використовуємо кроковий двигун SM86HT80 3-D модель якого представлена на рисунку 5.4.

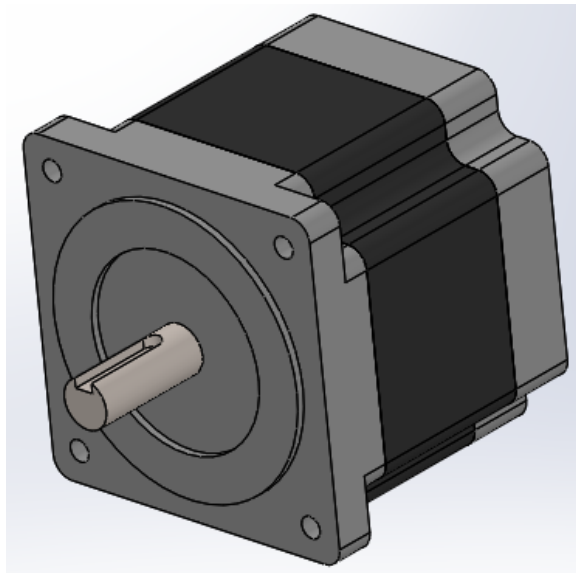


Рисунок 5.4 – 3D модель крокового двигуна SM86HT80 виконана в програмі SolidWorks

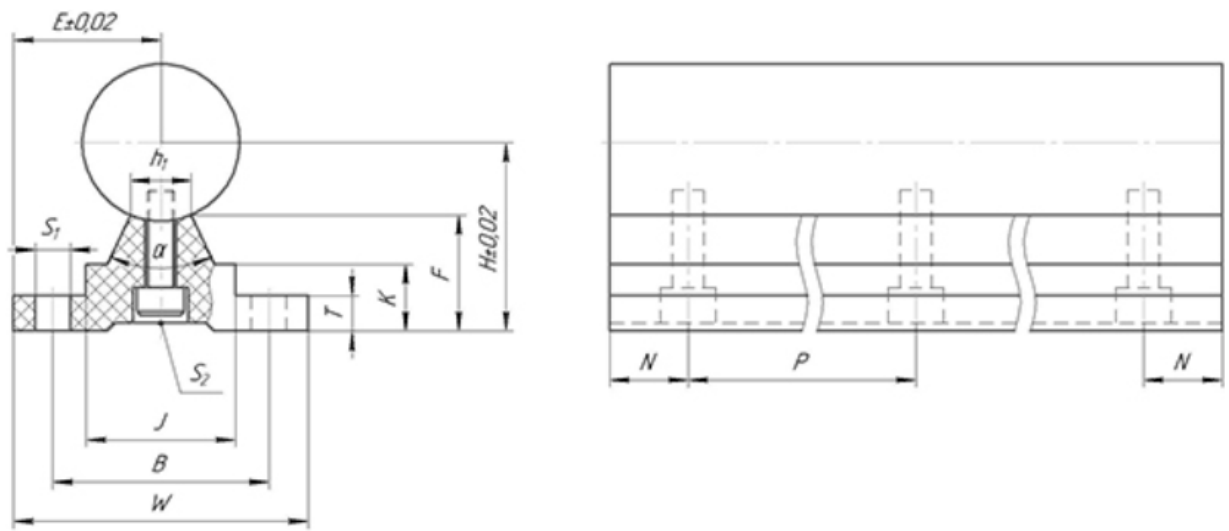
5.2.2 Вибір та моделювання комплектуючих для лінійного переміщення.

Лінійне переміщення даної каретки буде здійснюватися за допомогою лінійних направляючих валів (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Лінійний направляючий вал SBR20 (SA20)

Лінійні опори служать для підтримки вала по всій довжині, що запобігає його прогину під впливом навантаження або власної ваги при великій довжині. Вали мають заводське індукційне гартування, шліфування і кріпильні отвори з різьбою та гвинтом.



Марка	Діаметр D, мм	Геометричні розміри*									Монтажні розміри*					Вага, кг/м	Ціна за метр з ПДВ (грн.)**
		H	E	W	F	T	K	J	h1	α	B	N	P	S1	S2		
SBR10 (SA10)	10	18	16	32	13,5	4	8,9	12,4	4,7	80°	22	50*	100	4,5	M4	1,2	1211.76
SBR12 (SA12)	12	19	17	34	15	4,5	9,8	15	6	80°	25	50*	100	4,5	M4	1,8	1478.66
SBR16 (SA16)	16	25	20	40	17,8	5	11,7	18,5	8	80°	30	50*	150	5,5	M5	2,4	1425.60
SBR20 (SA20)	20	27	22,5	45	17,7	5	10	19	8	50°	30	50*	150	5,5	M6	3,3	1647.36
SBR25 (SA25)	25	33	27,5	55	21	6	12	21,5	8	50°	35	100*	200	6,5	M6	5,31	2376.00
SBR30 (SA30)	30	37	30	60	22,8	7	13	26,5	10,3	50°	40	-	200	6,5	M8	7,83	2851.20
SBR35 (SA35)	35	43	32,5	65	26,5	8	15,5	28	13	50°	45	-	200	9	M8	9,88	
SBR40 (SA40)	40	48	37,5	75	29,4	9	17	38	15,5	50°	55	-	300	9	M8	13,15	4818.53
SBR50 (SA50)	50	62	47,5	95	38,8	11	21	45	20	50°	70	-	300	11	M10	20,4	

Рисунок 5.6 – Асортимент лінійних направляючих валів ТОВ Рефіт

У спроектованій каретці використовуємо лінійні направляючі вали SBR20 (SA20) модель яких представлена на рисунку 5.7.

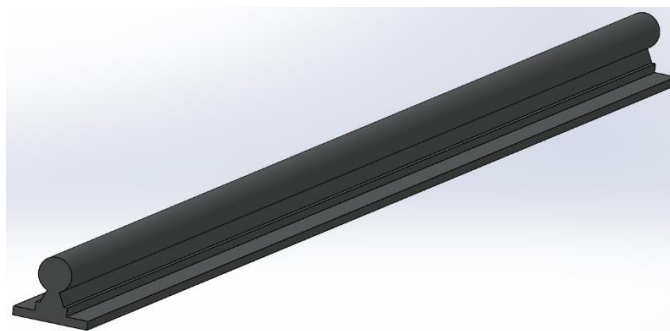


Рисунок 5.7 – 3-D модель лінійного направляючого вала SBR20 (SA20)

5.2.3 Вибір лінійних підшипників

Для переміщення каретки по лінійних направляючих валах потрібні підібрати лінійні підшипники SME20GUU (рис.5.8)



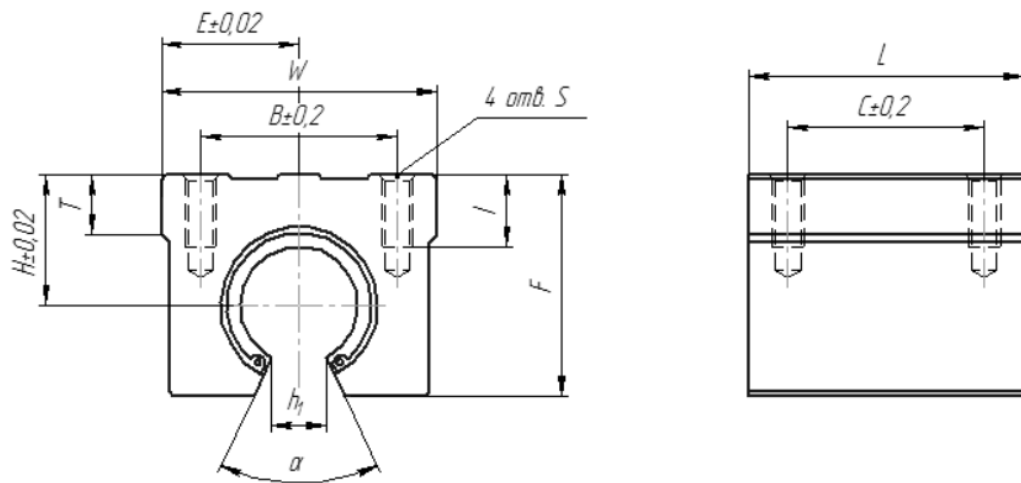
Рисунок 5.8– Лінійний підшипник SME20GUU

Лінійні підшипники використовуються для досягнення точності руху в системах лінійного переміщення в верстатах з ЧПУ та інших механізмах. Конструкція такого підшипника дозволяє істотно знизити тертя, збільшити навантаження і швидкість руху.

Корпуси підшипників виконані із легких сплавів алюмінію. Вони забезпечують легкий монтаж підшипника і надійне, прецизійне кріплення його до рухомого елемента верстата.

Широкий проріз пристосований для роботи з направляючими валами на опорах.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Марка	Діаметр вала, мм	Геометричні розміри, мм								Монтажні розміри, мм				Навантаження, кН		Ціна за шт. з ПДВ (грн.)*
		H	E	W	L	F	T	h1	α	B	C	S	I	Дин.	Стат.	
SBR10UU (SME10GUU)	10	15	18	36	39	24	7	6	80°	25	20	M5	10	0,38	0,56	352.44
SBR12UU (SME12GUU)	12	17	20	40	39	27,6	8	8,5	80°	28	26	M5	10	0,42	0,61	329.87
SBR16UU (SME16GUU)	16	20	22,5	45	45	33	9	10	80°	32	30	M5	12	0,59	0,91	314.42
SBR20UU (SME20GUU)	20	23	24	48	50	39	11	10	60°	35	35	M6	12	0,88	1,40	339.37
SBR25UU (SME25GUU)	25	27	30	60	60	47	14	11,5	50°	40	40	M6	12	1,00	1,60	731.81
SBR30UU (SME30GUU)	30	33	35	70	70	56	15	14	50°	50	50	M8	18	1,60	2,80	634.00
SBR35UU (SME35GUU)	35	37	40	80	80	63	18	16	50°	55	55	M8	18	1,70	3,20	
SBR40UU (SME40GUU)	40	42	45	90	90	72	20	19	50°	65	65	M10	20	2,20	4,10	1352.74
SBR50UU (SME50GUU)	50	50	60	120	110	92	25	23	50°	94	80	M10	20	3,90	8,10	

Рисунок 5.9 – Асортимент лінійних підшипників ТОВ Рефіт

Для лінійних направляючих валів вибираємо підшипники SME20GUU модель яких представлена на рисунку 5.10

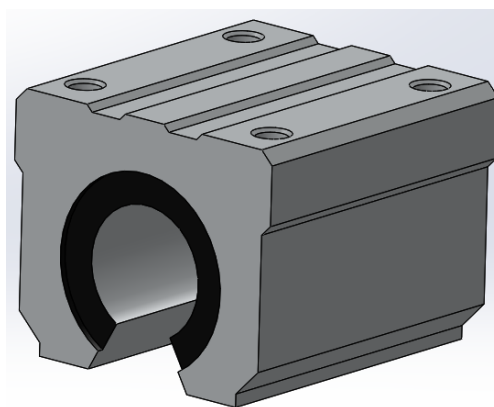


Рисунок 5.10 – 3-D модель лінійного підшипника SME20GUU

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

34

5.2.4 Вибір та моделювання зубчасто-рейкової передачі

Для перетворення обертального руху в поступальний застосовують зубчасто-рейкову передачу.

Зубчасто-рейкова передача складається із зубчастого колеса (рис. 5.14) і зубчастої рейки (рис. 5.11). Зачеплення колеса з рейкою може бути або прямозубим, або косозубим. Даний вид передачі дозволяє досягати значних швидкостей лінійного переміщення на великих відстанях. Їх застосування знаходять в машинах плазмової, лазерної або ацетиленової різки.

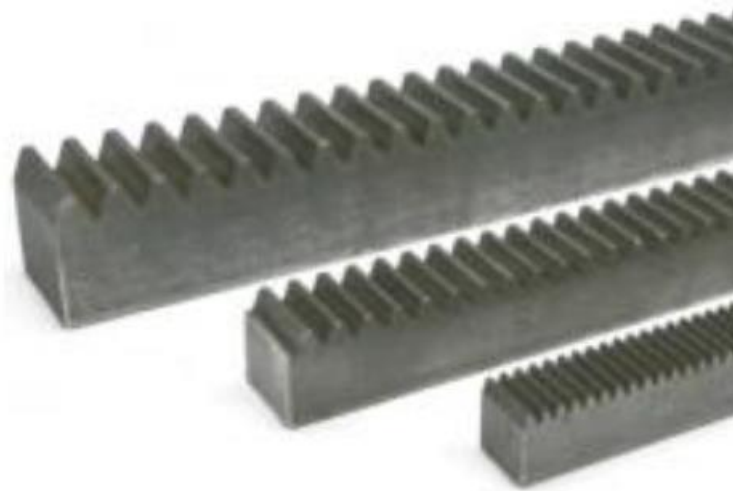


Рисунок 5.11– Зубчаста-рейкова передача М2 20х20х1000

Особливості:

Широке застосування в приводах з великими швидкостями переміщення і великих робочих відстанях.

Шліфовані бічні поверхні.

Накопичена похибка $\pm 0,1$ мм на кожні 1 м

Клас точності зубів від 8 до 9 згідно норм DIN 3962/63/67

Прямі зуби

Кут спряження 20°

Сталь вуглецева С43/С40 згідно норм UNI 7845(С40) /PL-73/Н-84026(С43)- в залежності від виконання

Твердість 10-15 HRC

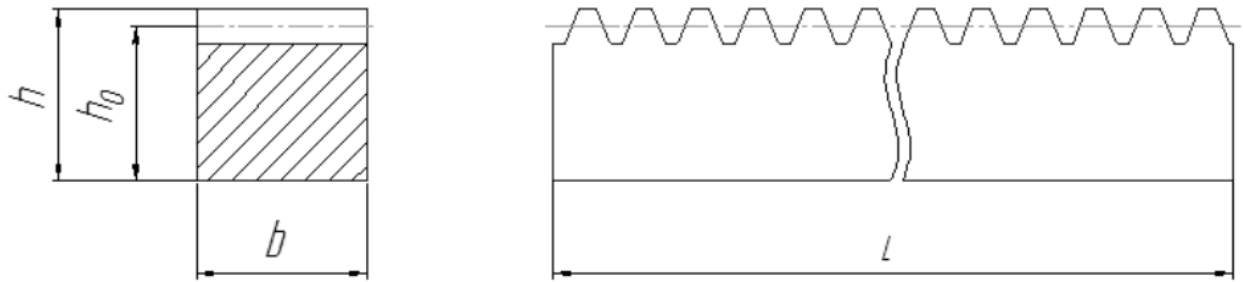
Придатні для теплового покращення (гартування + високий відпуск) до твердості 28-33HRC

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна довжина 3000 мм

Поставляється в відрізках 1м.п., 2,0м.п., 3,0 м.п.

Відрізки менше 2,0м.п. мають допуск по довжині ± 5 мм.



Модуль	Позначення	b(h11), мм	h(h14), мм	ho, мм	L, мм	Маса, кг	Ціна за шт з ПДВ (грн.)*
1	M1 15x15x1000	15	15	14,0	1000	1,5	440.00
	M1 15x15x2000				2000	3,1	880.00
	M1 15x15x3000				3000	4,9	1320.00
1,5	M1,5 17x17x1000	17	17	15,5	1000	2,0	555.00
	M1,5 17x17x2000				2000	4,0	1110.00
	M1,5 17x17x3000				3000	6,1	1665.00
2	M2 20x20x1000	20	20	18,0	1000	2,7	710.00
	M2 20x20x2000				2000	5,4	1420.00
	M2 20x20x3000				3000	8,4	2130.00
2,5	M2,5 25x25x1000	25	25	22,5	1000	4,3	1600.00
	M2,5 25x25x2000				2000	8,6	3200.00
	M2,5 25x25x3000				3000	11,9	4800.00
3	M3 30x30x1000	30	30	27,0	1000	6,3	1330.00
	M3 30x30x2000				2000	12,5	2660.00
	M3 30x30x3000				3000	18,6	3990.00

Рисунок 5.12 – Асортимент зубчастих рейок ТОВ Рефіт

Для свого верстату я вибираю зубчасту рейку M2 20x20x1000 модель якої представлена на рисунку 5.13.

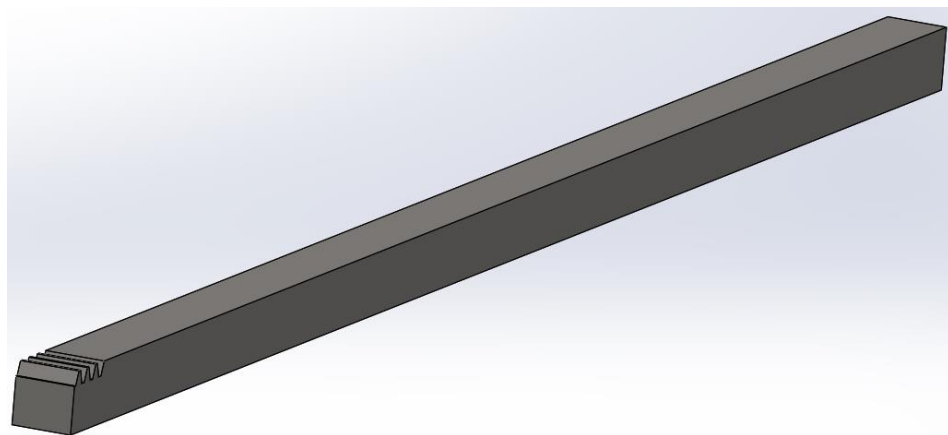


Рисунок 5.13 – 3-D модель зубчастої рейки M2 20x20x1000

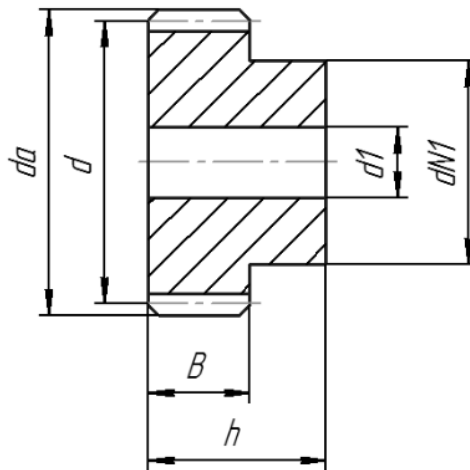


Рисунок 5.14 – Зубчасті колеса M2-Z17

Особливості:

матеріал - сталь С45

розміри: h - 35 мм; B - 20 мм



Позначення	Z, кількість зубів	da	d	dN1	d1*	Ціна за шт. з ПДВ (грн.)**
M2-Z12	12	28.0	24.0	18	10	80.19
M2-Z13	13	30.0	26.0	19	10	81.37
M2-Z14	14	32.0	28.0	20	10	133.15
M2-Z15	15	34.0	30.0	22	10	101.32
M2-Z16	16	36.0	32.0	24	10	193.02
M2-Z17	17	38.0	34.0	25	10	181.39
M2-Z18	18	40.0	36.0	25	10	115.73
M2-Z19	19	42.0	38.0	25	10	203.57
M2-Z20	20	44.0	40.0	30	10	218.14
M2-Z21	21	46.0	42.0	30	12	235.28
M2-Z22	22	48.0	44.0	30	12	177.90
M2-Z23	23	50.0	46.0	30	12	277.28
M2-Z24	24	52.0	48.0	35	12	302.86
M2-Z25	25	54.0	50.0	35	12	190.68
M2-Z26	26	56.0	52.0	40	12	312.77
M2-Z27	27	58.0	54.0	40	12	193.55

Рисунок 5.15 – Асортимент зубчастих коліс ТОВ Рефіт

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Для свого верстату я вибираю прямозубе колесо (шестерню) M2-Z17 3-D модель якого представлено на рисунку 5.16

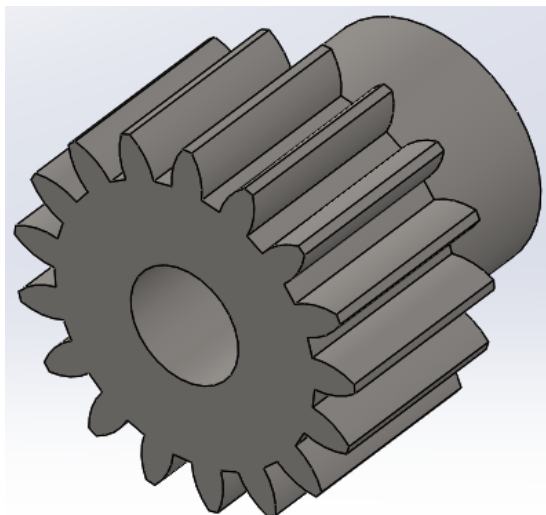


Рисунок 5.16 – 3-D модель зубчастого колеса (шестерні) M2-Z17

5.2.5 Вибір та моделювання підшипників та метизів

Підшипники та метизи я вибрав з бібліотеки 3-D моделей CAD SolidWorks, як приклад на рисунку 5.17 представлена 3-D модель підшипника 51204 який використовується в механізмі обертання куліси крокового двигуна.

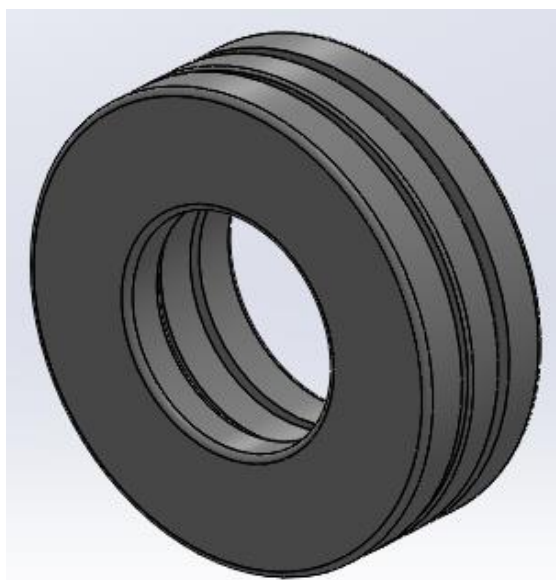


Рисунок 5.17 – 3-D модель підшипника 51204

Аналогічно були вибрані і згенеровані 3-D моделі болтів, гвинтів, гайок і шайбів.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Всі вище перераховані моделі були інтегровані в загальну модель каретки Y

5.3 Моделювання каретки Y

Моделювання каретки Y здійснюємо в середовищі CAD SolidWorks. Загальний вигляд каретки Y показаний на рисунку 5.18 а також на аркушах БР.ПМ-303.03.000 та БР.ПМ-303.04.000 графічної частини представлено її складальне креслення

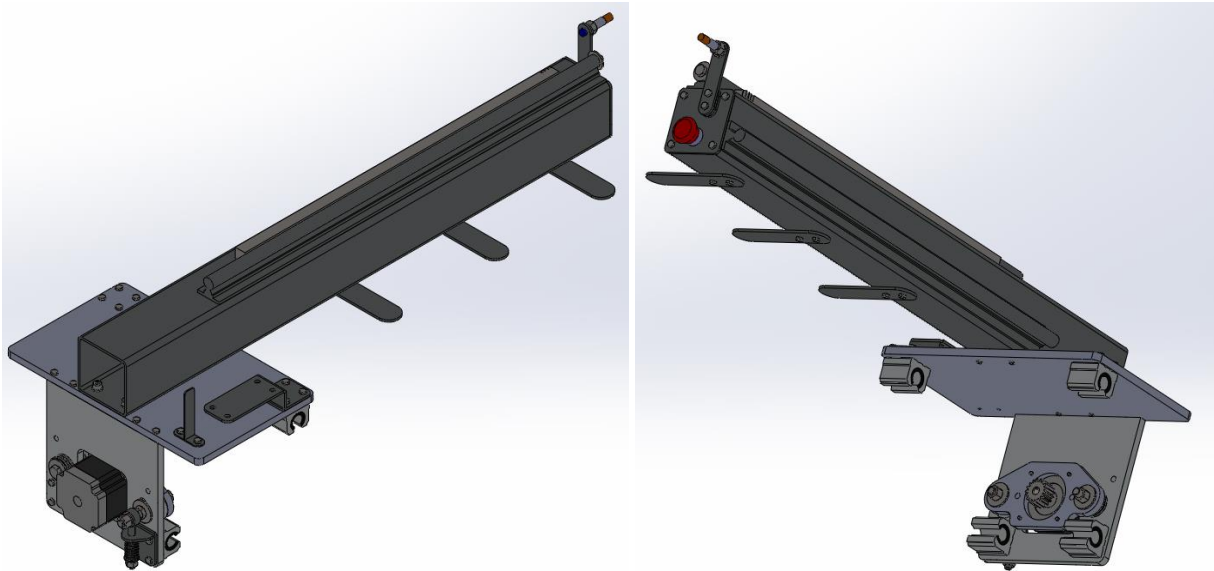
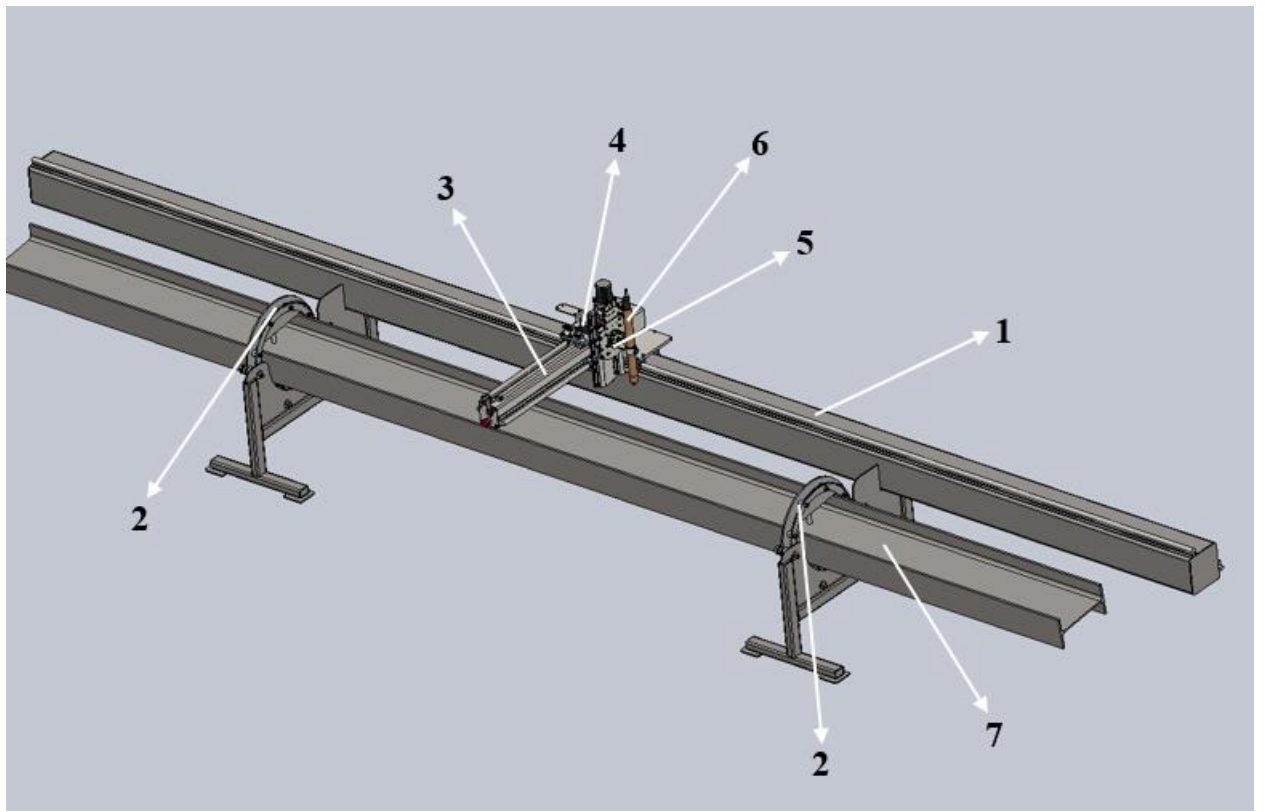


Рисунок 5.18– Загальний вигляд каретки Y

За результатами виконання бакалаврських робіт (моєї та роботи колеги Абрама Дмитра) була побудована загальна модель верстату плазмового різання представлена на рисунку. 5.19.

Складальне креслення верстату представлено на аркуші БР.ПМ-303.05.000 графічної частини.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



*1 – станина, 2 – обертач, 3 – каретка Y,
 4 – каретка X, 5 – каретка Z, 6 - плазмотрон, 7 – деталь.*
 Рисунок 5.19 – Верстат плазмового різання профільного прокату

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

6 Технологія виготовлення деталі «Куліса двигуна катерки Y»

Креслення деталі «Куліса двигуна катерки Y» представлено на рисунку 6.1.

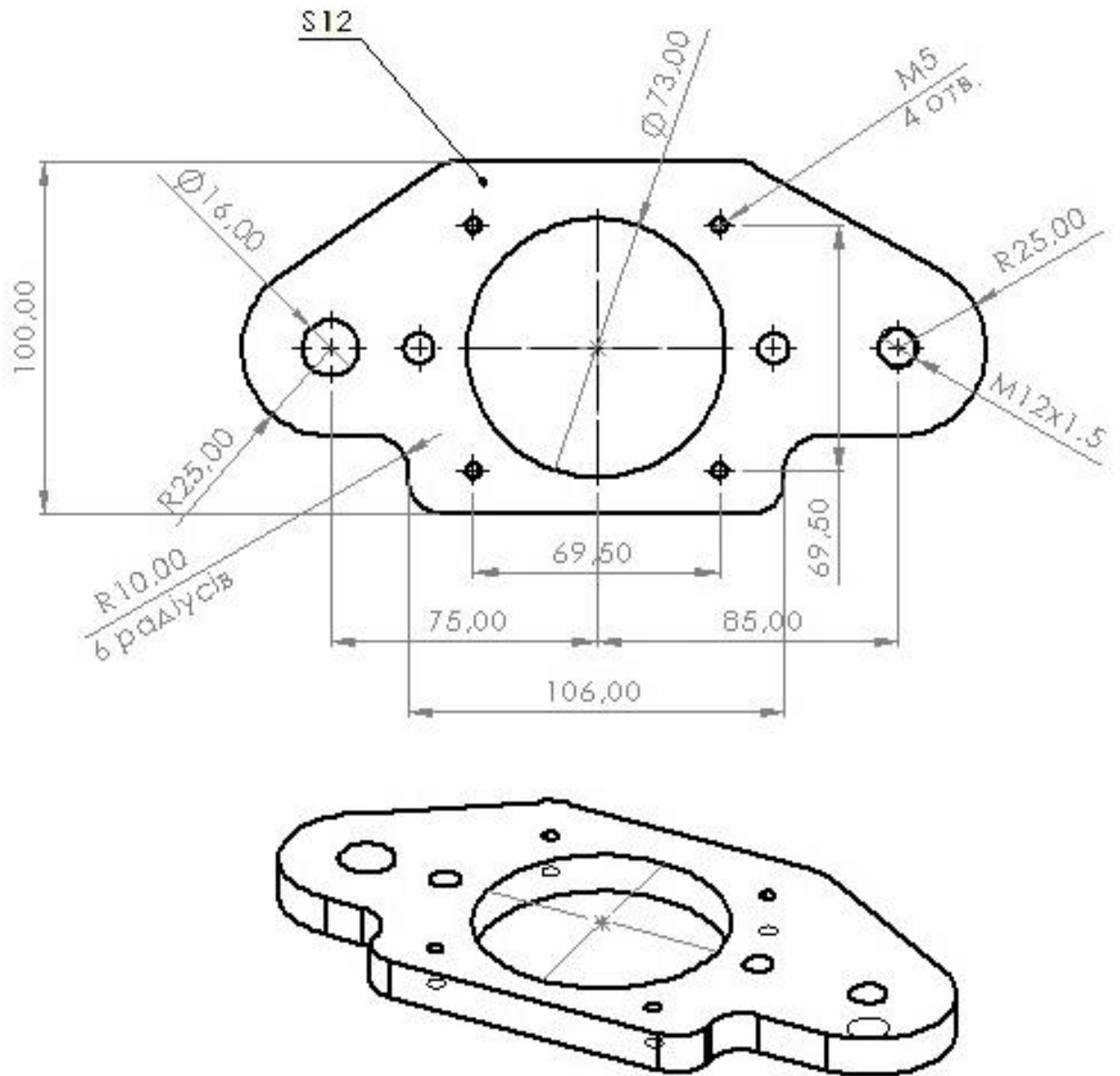


Рисунок 6.1 – Креслення деталі «Куліса двигуна катерки Y»

3-D модель куліси двигуна каретки Y представлена на рисунку 6.2. Деталь виготовляється з дюралюмінієвого листа товщиною 12мм. Якість поверхні листа є досить високою тому немає змісту здійснювати фрезерування верхньої і нижньої площини.

Заготовка деталі вирізається на верстаті плазмового різання з еквідистантою 5 мм по зовнішньому контуру деталі (рис.6.3). в заготовці передбачені 2-ва отвори для базування на столі 3-х координатного фрезерного верстата.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

41

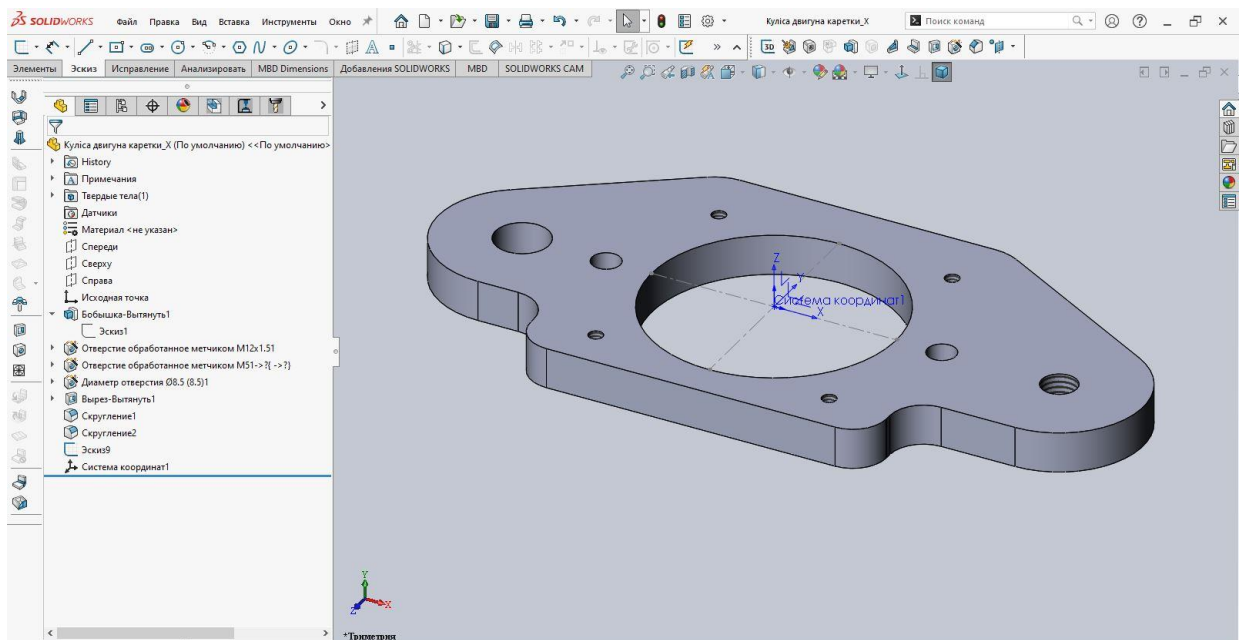


Рисунок 6.2 - 3D модель деталі «Куліса двигуна катерки Y»

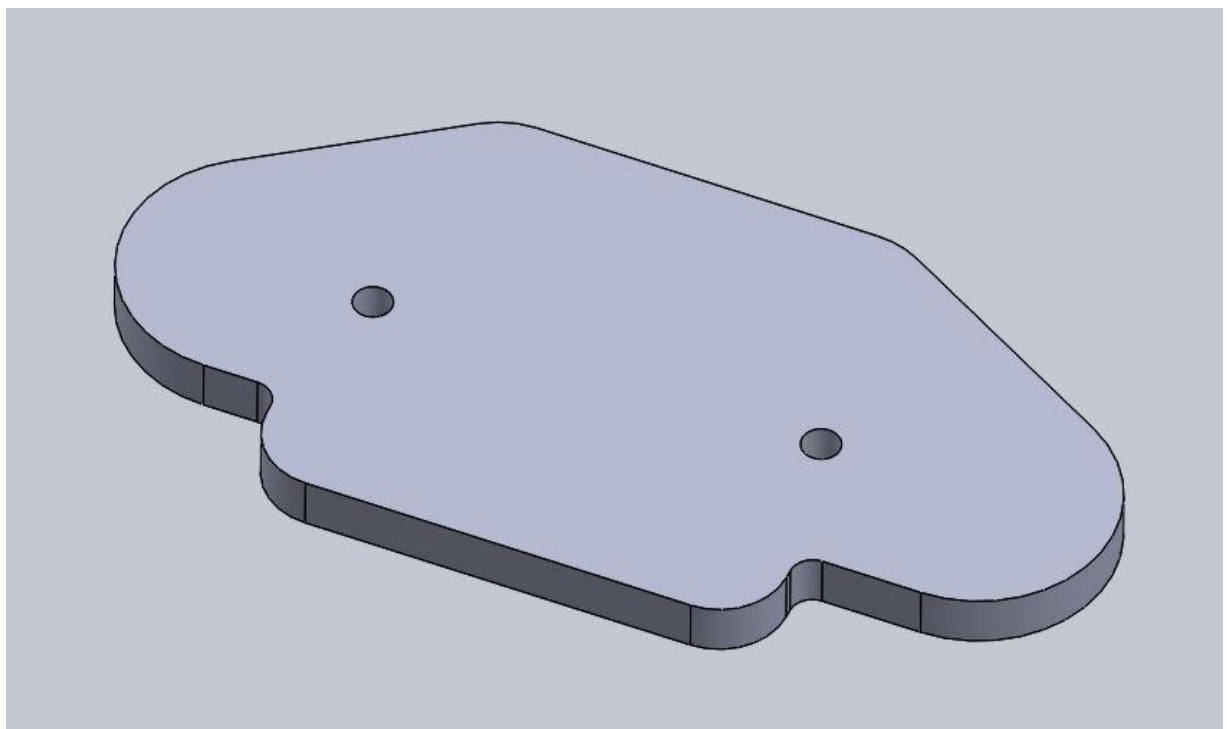


Рисунок 6.3 – 3D модель заготовки деталі «Куліса двигуна катерки Y»

Технологія обробки передбачає наступні етапи.

На першому етапі виконується центрування отворів 4-х отворів діаметром 4,2 мм і одного отвору діаметром 10,5 мм (рис. 6.4)

Далі після заміни інструменту здійснюється наскрізне свердління 4-х отворів діаметром 4,2 мм.(рис. 6.5)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

42

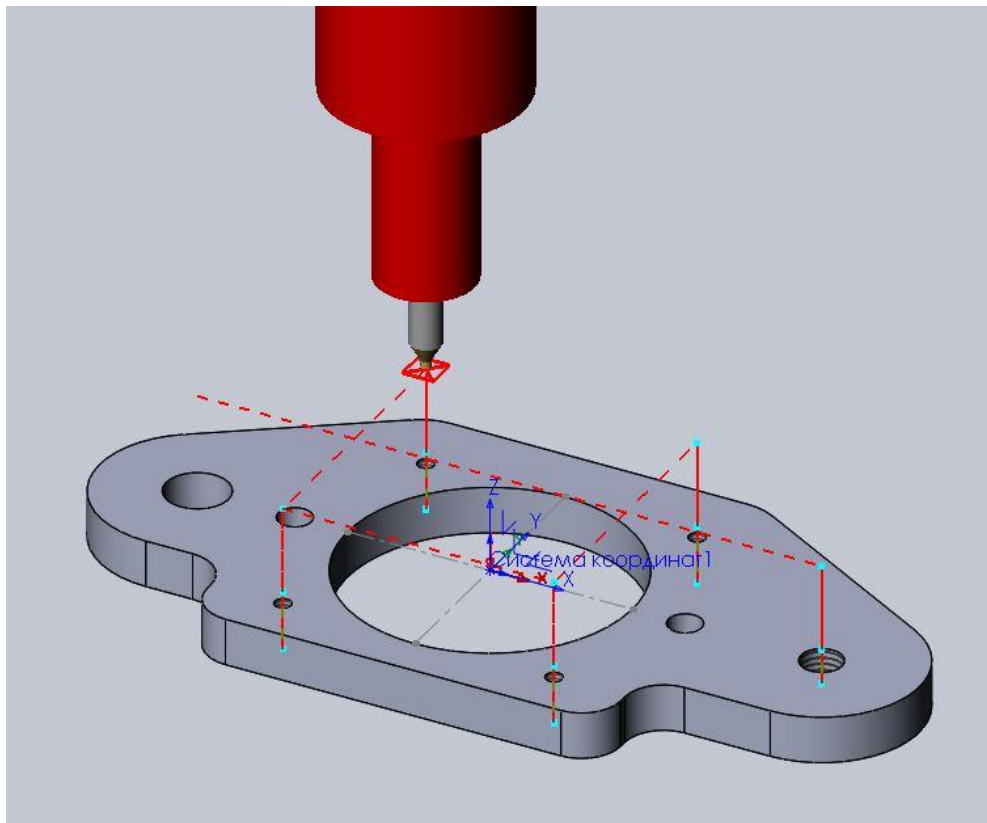


Рисунок 6.4 - Центрування отворів $\varnothing 3,15$ мм

В подальшому в цих отворах, вручну, нарізається різьба М5.

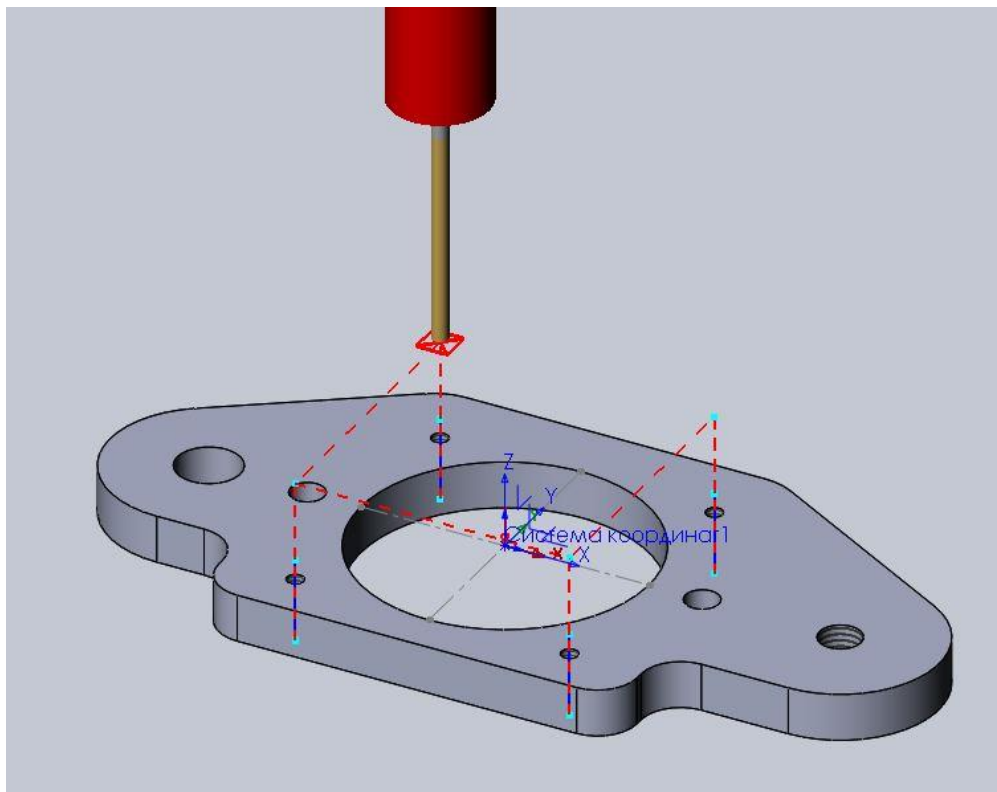


Рисунок 6.5 - Свердління отворів $\varnothing 4,2$ мм

Наступний етап – заміна інструменту і свердління отвору діаметром 10,5мм під різьбу М12 яка також нарізається «вручну» (рис. 6.6)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

43

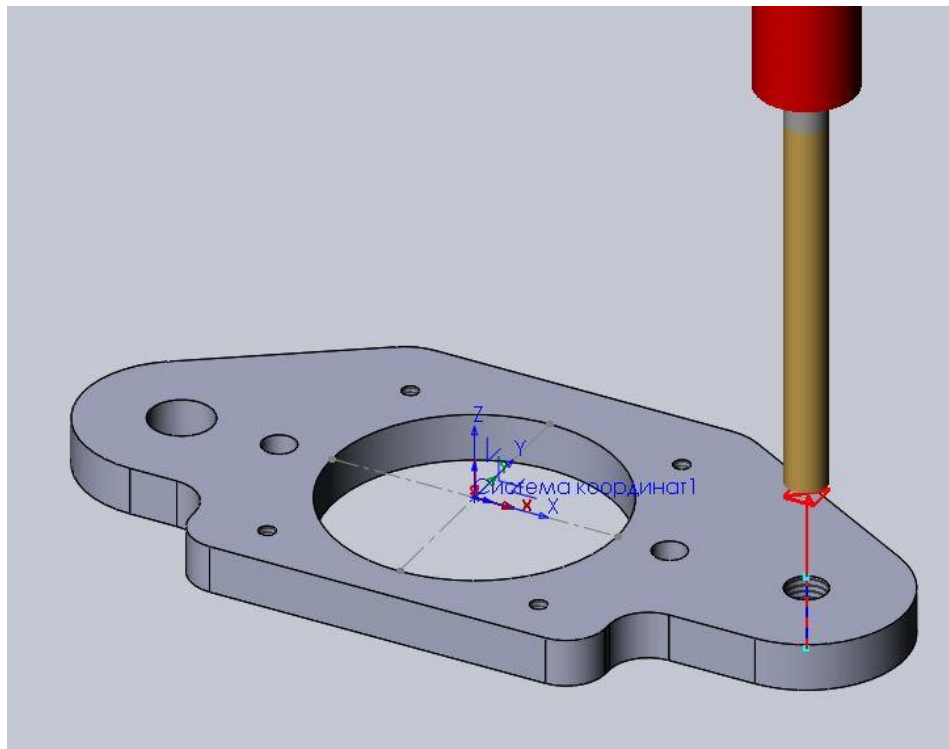


Рисунок 6.6 – Свердління отвору $\text{Ø}10,5 \text{ мм}$

Далі фрезується контур деталі. Інструмент – кінцева фреза $\text{Ø}10 \text{ мм}$.

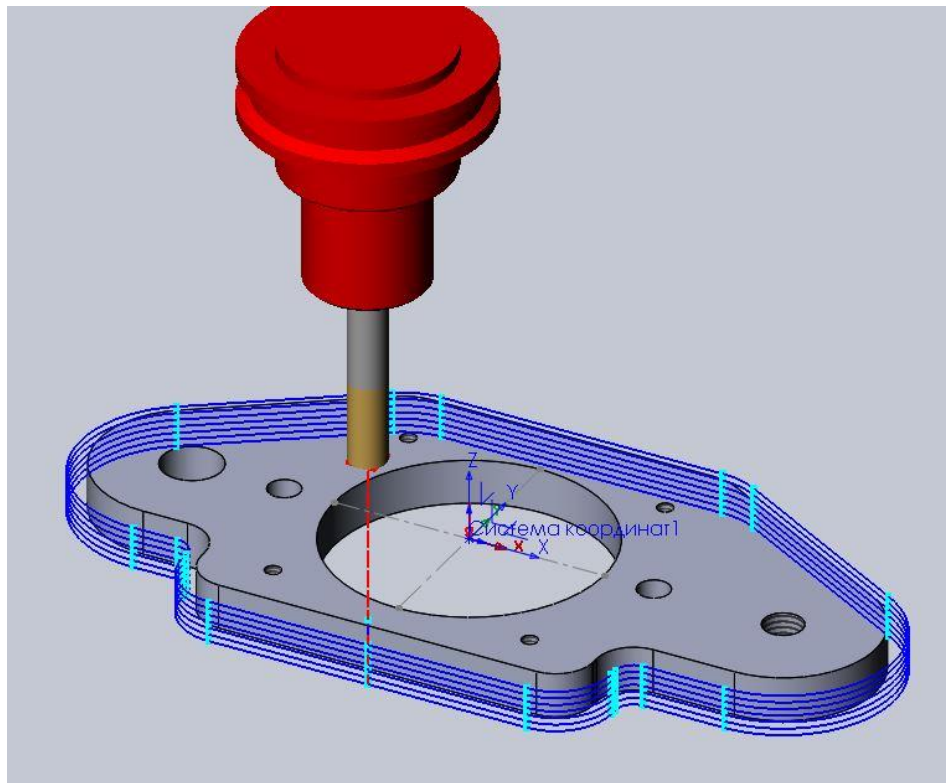


Рисунок 6.7 - Фрезерування по зовнішньому контуру деталі

Спочатку фрезується зовнішній контур деталі (рис. 6.7), далі – внутрішній контур отвору $\text{Ø}73 \text{ мм}$ (рис. 6.8) і на останньому етапі внутрішній контур отвору $\text{Ø}16 \text{ мм}$ (рис. 6.9)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

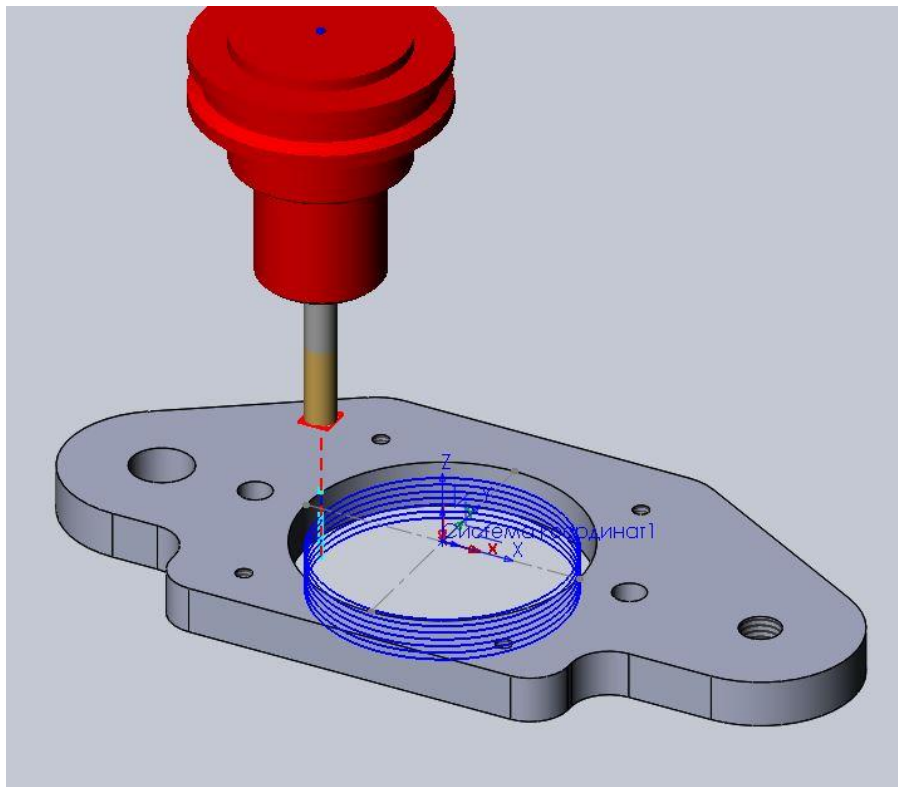


Рисунок 6.8 – Фрезерування внутрішнього контуру отвору Ø73 мм

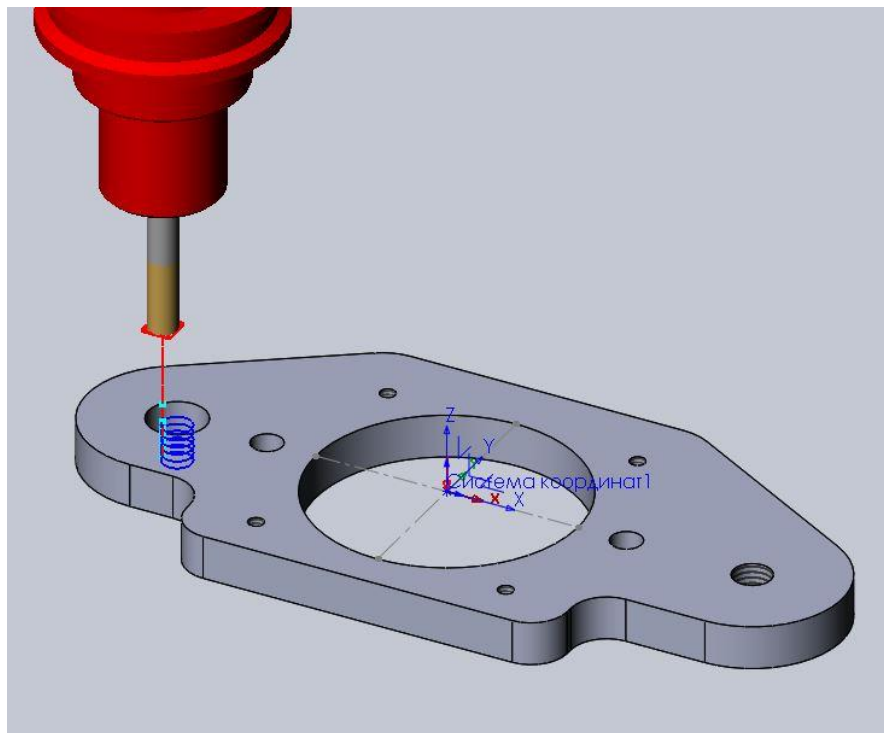


Рисунок 6.9 – Фрезерування внутрішнього контуру отвору Ø16 мм

Програмування обробки здійснювалось в середовищі CAMWorks.

Робоча програма представлена нижче.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

O0001
N1 G21
N2 G91 G28 X0 Y0 Z0

N3 (Center Drill1)
N4 (8MM X 60DEG HSS
CENTERDRILL)
N5 T04 M06
N6 S12000 M03
N7 G90 G54 G00 X-34.75
Y34.75
N8 G43 Z25. H04 M08
N9 G98 G82 Z-12. P1000 R3.
F200.
N10 Y-34.75
N11 X34.75
N12 Y34.75
N13 G80 Z25.

N14 (!25@;5=851)
N15 X85. Y0
N16 G98 G82 Z-6. P1000 R3.
F200.
N17 G80 Z25. M09
N18 G91 G28 Z0

N19 (!25@;5=851)
N20 (4.2mm JOBBER DRILL)
N21 T02 M06
N22 S400 M03
N23 G90 G54 G00 X85. Y0
N24 X-34.75 Y34.75
N25 G43 Z25. H02 M08
N26 G98 G81 Z-16. R5. F40.
N27 Y-34.75
N28 X34.75
N29 Y34.75
N30 G80 Z25. M09
N31 G91 G28 Z0

N32 (Drill2)
N33 (10.5mm JOBBER
DRILL)
N34 T06 M06
N35 S400 M03
N36 G90 G54 G00 X85. Y0

N37 G43 Z25. H06 M08
N38 G98 G83 Z-16. Q2. R3.
F40.
N39 G80 Z25. M09
N40 G91 G28 Z0

N41 (>=BC@=001)
N42 (10MM CRB 4FL 22
LOC)
N43 T03 M06
N44 S500 M03
N45 G90 G54 G00 X0 Y-52.
N46 G43 Z50. H03 M08
N47 Z5.
N48 G01 Z-2. F15.
N49 G17 X43. F60.
N50 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N51 G01 Y-35.
N52 G02 X63. Y-30. I5. J0
N53 G01 X85.
N54 G03 X99.742 Y26.128 I0
J30.
N55 G01 X47.828 Y55.419
N56 G03 X38. Y58. I-9.828 J-
17.418
N57 G01 X-38.
N58 G03 X-49.442 Y54.404 I0
J-20.
N59 G01 X-92.163 Y24.606
N60 G03 X-75. Y-30. I17.162
J-24.606
N61 G01 X-63.
N62 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N63 G01 Y-37.
N64 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N65 G01 X0
N66 Z-3.833 F15.
N67 X43. F60.
N68 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N69 G01 Y-35.
N70 G02 X63. Y-30. I5. J0
N71 G01 X85.
N72 G03 X99.742 Y26.128 I0
J30.
N73 G01 X47.828 Y55.419

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

N74 G03 X38. Y58. I-9.828 J-17.418
 N75 G01 X-38.
 N76 G03 X-49.442 Y54.404 I0 J-20.
 N77 G01 X-92.163 Y24.606
 N78 G03 X-75. Y-30. I17.162 J-24.606
 N79 G01 X-63.
 N80 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
 N81 G01 Y-37.
 N82 G03 X-43. Y-52. I15. J0
 N83 G01 X0
 N84 Z-5.667 F15.
 N85 X43. F60.
 N86 G03 X58. Y-37. I0 J15.
 N87 G01 Y-35.
 N88 G02 X63. Y-30. I5. J0
 N89 G01 X85.
 N90 G03 X99.742 Y26.128 I0 J30.
 N91 G01 X47.828 Y55.419
 N92 G03 X38. Y58. I-9.828 J-17.418
 N93 G01 X-38.
 N94 G03 X-49.442 Y54.404 I0 J-20.
 N95 G01 X-92.163 Y24.606
 N96 G03 X-75. Y-30. I17.162 J-24.606
 N97 G01 X-63.
 N98 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
 N99 G01 Y-37.
 N100 G03 X-43. Y-52. I15. J0
 N101 G01 X0
 N102 Z-7.5 F15.
 N103 X43. F60.
 N104 G03 X58. Y-37. I0 J15.
 N105 G01 Y-35.
 N106 G02 X63. Y-30. I5. J0
 N107 G01 X85.
 N108 G03 X99.742 Y26.128 I0 J30.
 N109 G01 X47.828 Y55.419
 N110 G03 X38. Y58. I-9.828 J-17.418
 N111 G01 X-38.
 N112 G03 X-49.442 Y54.404 I0 J-20.
 N113 G01 X-92.163 Y24.606
 N114 G03 X-75. Y-30. I17.162 J-24.606
 N115 G01 X-63.
 N116 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
 N117 G01 Y-37.
 N118 G03 X-43. Y-52. I15. J0
 N119 G01 X0
 N120 Z-9.333 F15.
 N121 X43. F60.
 N122 G03 X58. Y-37. I0 J15.
 N123 G01 Y-35.
 N124 G02 X63. Y-30. I5. J0
 N125 G01 X85.
 N126 G03 X99.742 Y26.128 I0 J30.
 N127 G01 X47.828 Y55.419
 N128 G03 X38. Y58. I-9.828 J-17.418
 N129 G01 X-38.
 N130 G03 X-49.442 Y54.404 I0 J-20.
 N131 G01 X-92.163 Y24.606
 N132 G03 X-75. Y-30. I17.162 J-24.606
 N133 G01 X-63.
 N134 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
 N135 G01 Y-37.
 N136 G03 X-43. Y-52. I15. J0
 N137 G01 X0
 N138 Z-11.167 F15.
 N139 X43. F60.
 N140 G03 X58. Y-37. I0 J15.
 N141 G01 Y-35.
 N142 G02 X63. Y-30. I5. J0
 N143 G01 X85.
 N144 G03 X99.742 Y26.128 I0 J30.
 N145 G01 X47.828 Y55.419
 N146 G03 X38. Y58. I-9.828 J-17.418
 N147 G01 X-38.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

N148 G03 X-49.442 Y54.404
 I0 J-20.
 N149 G01 X-92.163 Y24.606
 N150 G03 X-75. Y-30. I17.162
 J-24.606
 N151 G01 X-63.
 N152 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
 N153 G01 Y-37.
 N154 G03 X-43. Y-52. I15. J0
 N155 G01 X0
 N156 Z-13. F15.
 N157 X43. F60.
 N158 G03 X58. Y-37. I0 J15.
 N159 G01 Y-35.
 N160 G02 X63. Y-30. I5. J0
 N161 G01 X85.
 N162 G03 X99.742 Y26.128 I0
 J30.
 N163 G01 X47.828 Y55.419
 N164 G03 X38. Y58. I-9.828 J-
 17.418
 N165 G01 X-38.
 N166 G03 X-49.442 Y54.404
 I0 J-20.
 N167 G01 X-92.163 Y24.606
 N168 G03 X-75. Y-30. I17.162
 J-24.606
 N169 G01 X-63.
 N170 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
 N171 G01 Y-37.
 N172 G03 X-43. Y-52. I15. J0
 N173 G01 X0
 N174 G00 Z5.
 N175 Z50. M09
 N176 G91 G28 Z0

 N177 (>=BC@=0O2)
 N178 (8MM CRB 4FL 20
 LOC)
 N179 T05 M06
 N180 S12000 M03
 N181 G90 G54 G00 X-32.5 Y0

N182 G43 Z25. H05 M08
 N183 Z5.
 N184 G01 Z-2. F125.
 N185 G03 I32.5 J0 F500.

 N186 G01 Z-3.833 F125.
 N187 G03 I32.5 J0 F500.
 N188 G01 Z-5.667 F125.
 N189 G03 I32.5 J0 F500.
 N190 G01 Z-7.5 F125.
 N191 G03 I32.5 J0 F500.
 N192 G01 Z-9.333 F125.
 N193 G03 I32.5 J0 F500.
 N194 G01 Z-11.167 F125.
 N195 G03 I32.5 J0 F500.
 N196 G01 Z-13. F125.
 N197 G03 I32.5 J0 F500.
 N198 G00 Z5.
 N199 Z25.

 N200 (Contour Mill3)
 N201 X-79.
 N202 Z3.
 N203 G01 Z-2. F125.
 N204 G03 I4. J0 F500.
 N205 G01 Z-4. F125.
 N206 G03 I4. J0 F500.
 N207 G01 Z-6. F125.
 N208 G03 I4. J0 F500.
 N209 G01 Z-8. F125.
 N210 G03 I4. J0 F500.
 N211 G01 Z-10. F125.
 N212 G03 I4. J0 F500.
 N213 G01 Z-12. F125.
 N214 G03 I4. J0 F500.
 N215 G00 Z3.
 N216 Z25. M09
 N217 G91 G28 Z0
 N218 G28 X0 Y0

 N219 M30

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Загальний висновок:

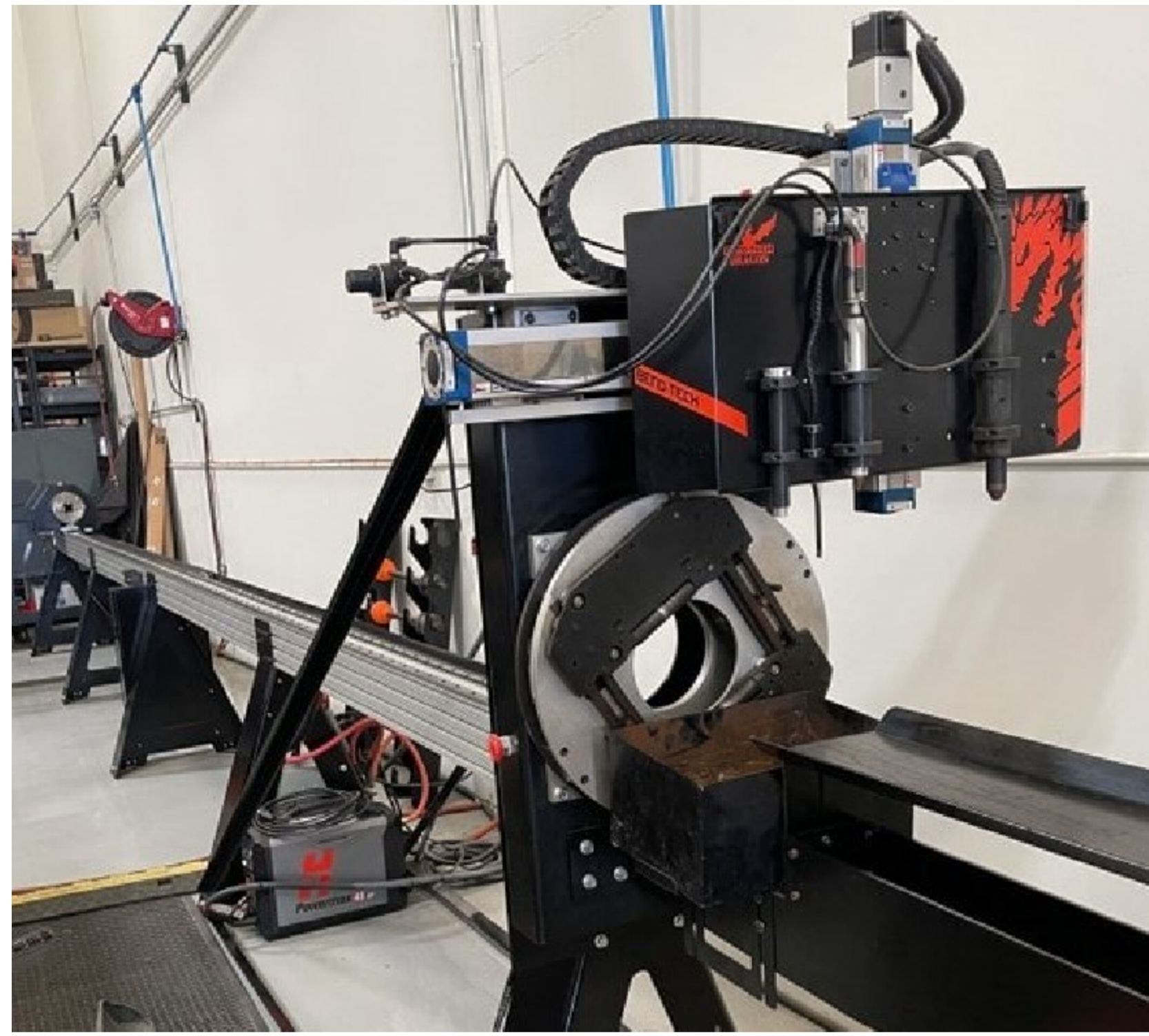
Таким чином в своїй роботі я здійснив проектування каретки верстату плазмового різання профільного прокату, при цьому, я розглянув актуальність роботи, провів аналіз існуючих конструкцій і запропонував технологію виготовлення окремих деталей на верстаті з числовим програмним керуванням.

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт Рефіт <https://refit.com.ua/ua/mehanika.html>
2. Офіційний сайт Метінвест-СМЦ <https://metinvest-smc.com.ua/catalog/sortovoy-i-fasonnyy-prokat/>
3. Офіційний сайт Vartis-metal <https://vartis-metal.com.ua/produkcija>
4. <https://termopolis.com.ua/product/sharikovyj-upornyj-podshipnik-51204-8204-cx-polsha.html/>
5. Офіційний сайт Bend-Tech <https://www.bend-tech.com>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=H22XzqNAftA&t=4s>
7. Офіційний сайт TR-Machinery <https://tr-machinery.com/forgatok>
8. <https://www.youtube.com/watch?v=KPb7CC-6uk8>
9. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М.П - 14. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021.с.
10. CNC Programming Handbook Peter Smid Industrial Press Inc, 529 с. 2000 р

					БР ПМ-03.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Переваги:

1. Висока швидкість різання
2. Висока точність різання
3. Легке закріплення деталей

Недоліки:

1. Різання відносно не великих деталей
2. Висока складність верстату і як наслідок його висока вартість

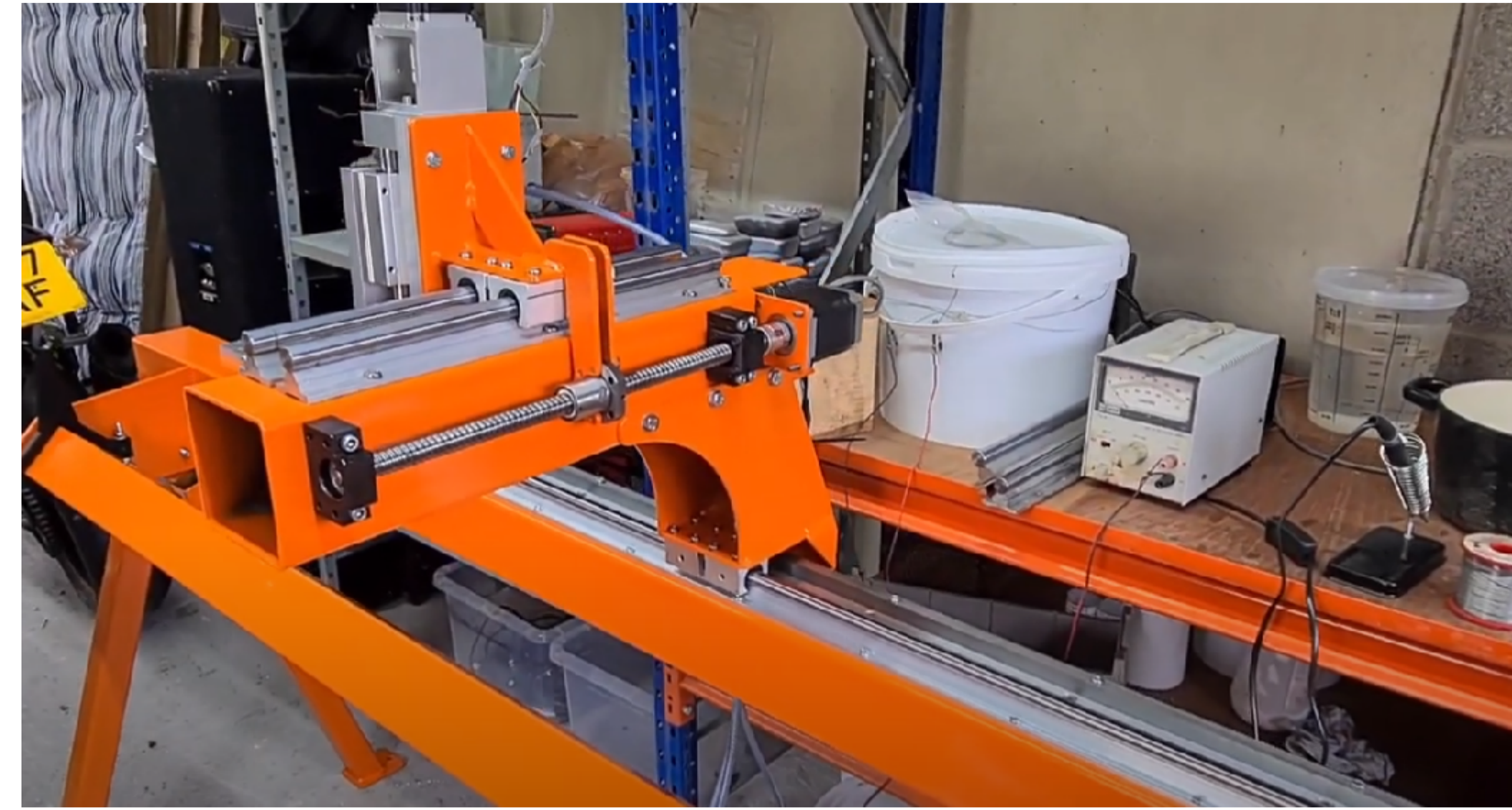


Переваги:

1. Простота і дешевизна передньої опори
2. Можливість закріплення практично будь-якого профільного прокату

Недоліки:

1. Відносно невисока точність позиціонування заготовки

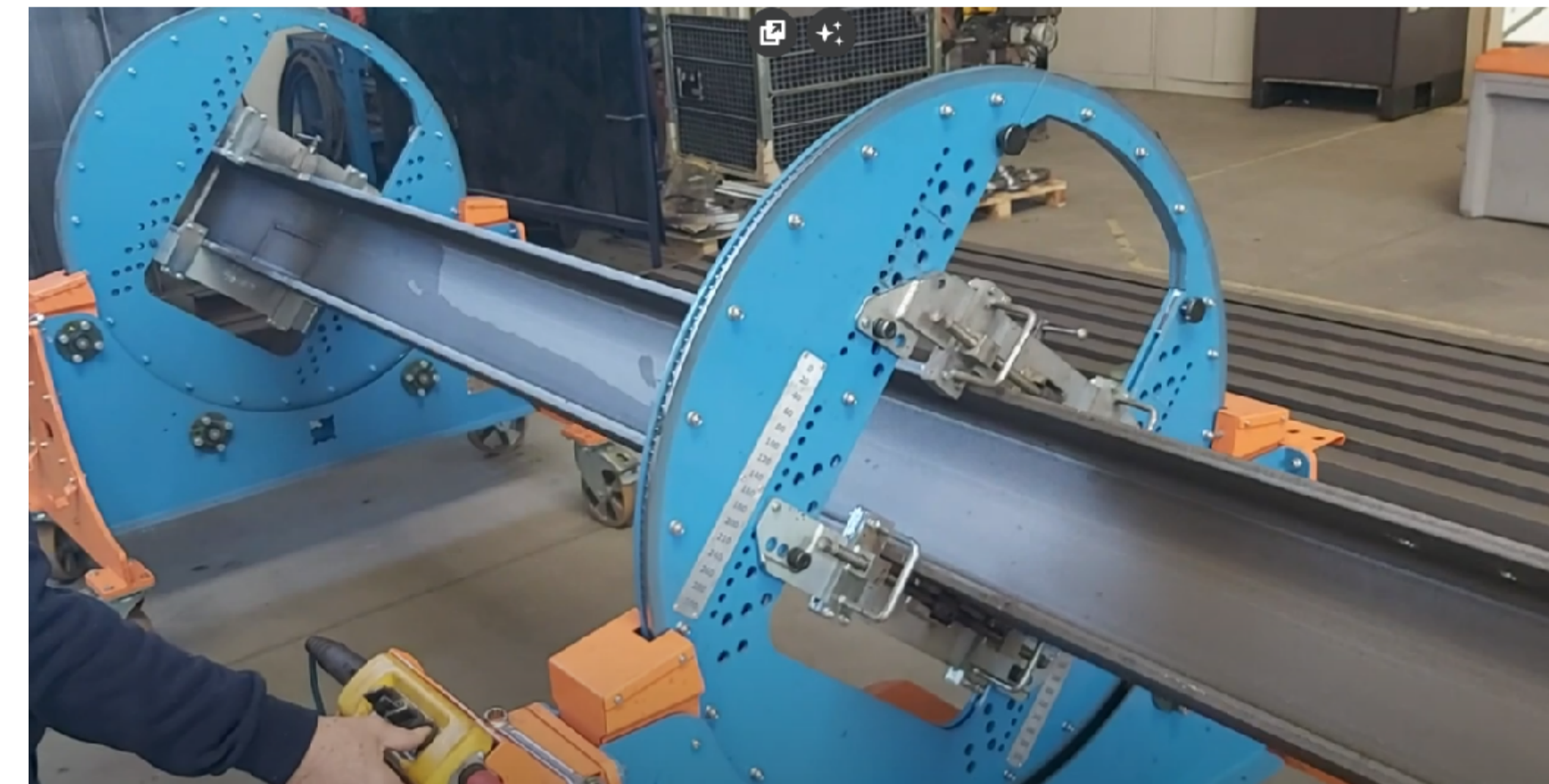


Переваги:

1. Жорстке і надійне закріплення заготовок різної довжини

Недоліки:

1. Із-за відсутності обертання деталей неможливо обробляти заготовки



Переваги:

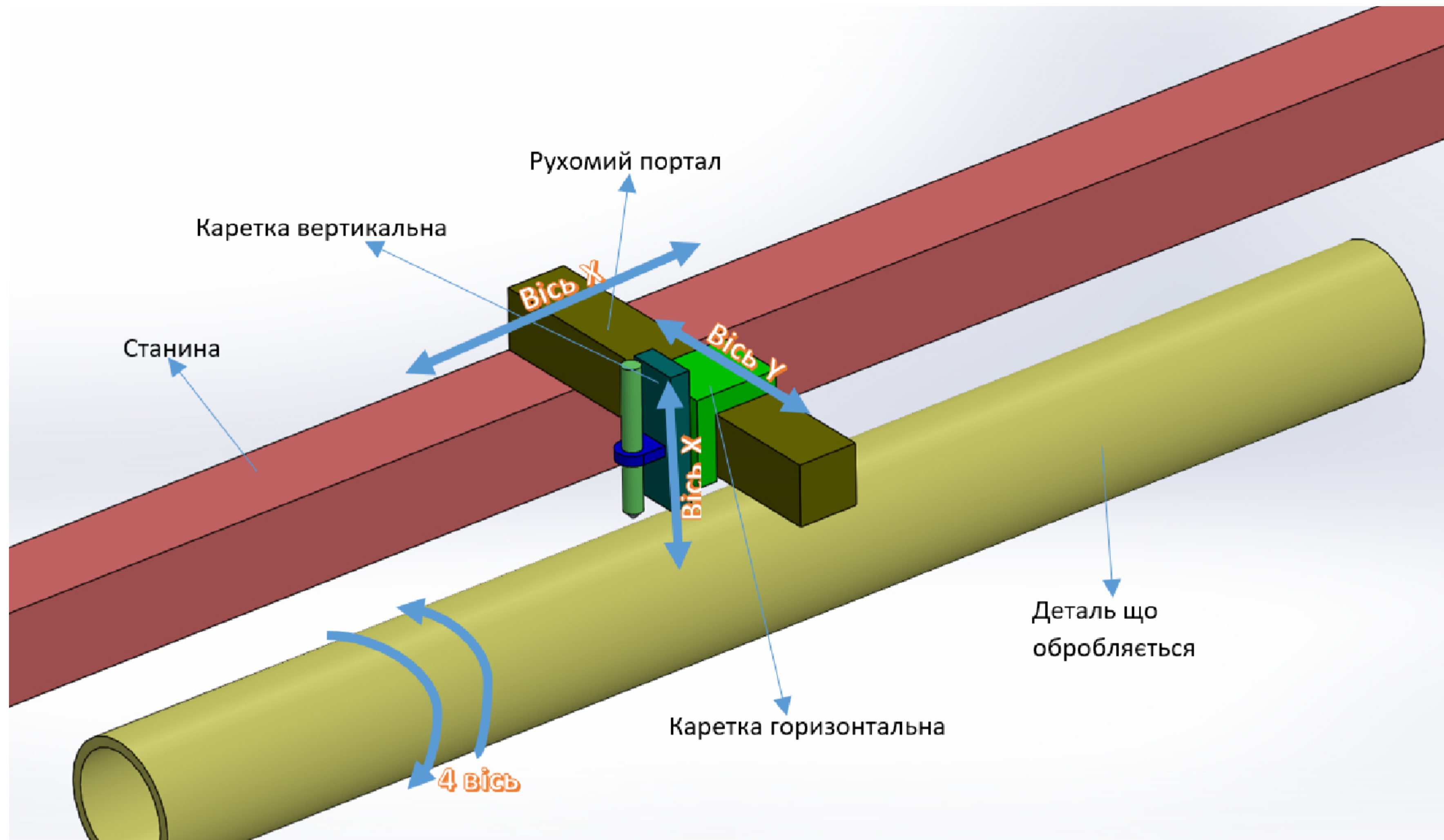
1. За рахунок великих габаритів опор є можливість закріпити деталі з великою масою
2. Є можливість закріплення прокату з профілями різної конфігурації
3. Простий механізм обертання опор

Недоліки:

1. Велика вартість опори за рахунок її великої маси
2. Складний механізм фіксації деталей

				БР.ПМ-303.01.000		
				Огляд існуючих верстатів плазмового різання профільного прокату		
Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Добровольський					
Пров.	Панчук А.Г.					
Т. контр.	Панчук А.Г.					
Н. контр.	Панчук А.Г.					
Затв.	Панчук В.Г.					
				Лист 1		Листів 1
				ІФТУНГ ПМ-22-1К		

Ім'я, № подл. | Подп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Справа, № | Переа. примен.



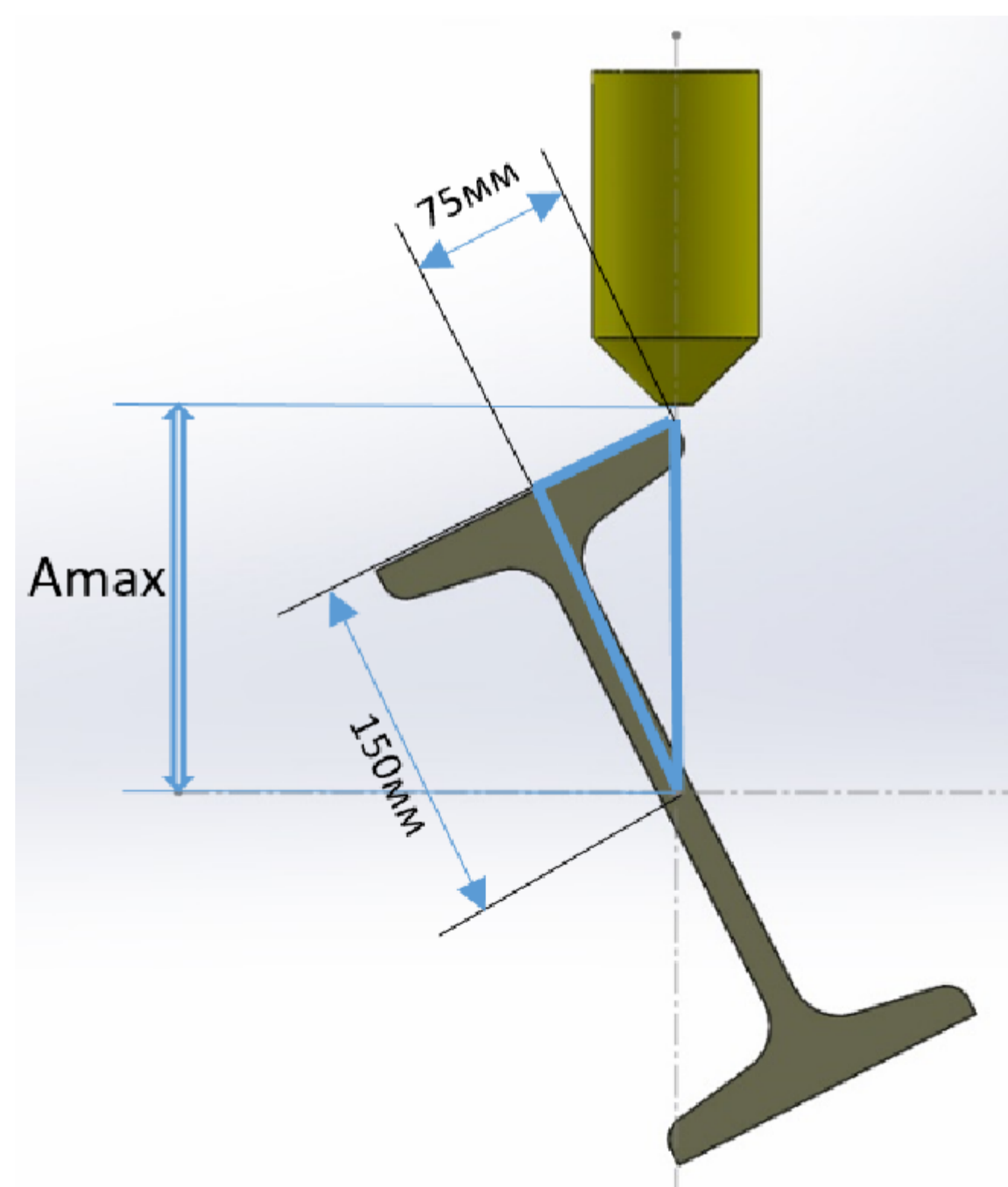
Компоновка верстату плазмового різання профільного прокату

Обмеження на сортамент прокату який буде оброблятися на верстаті:

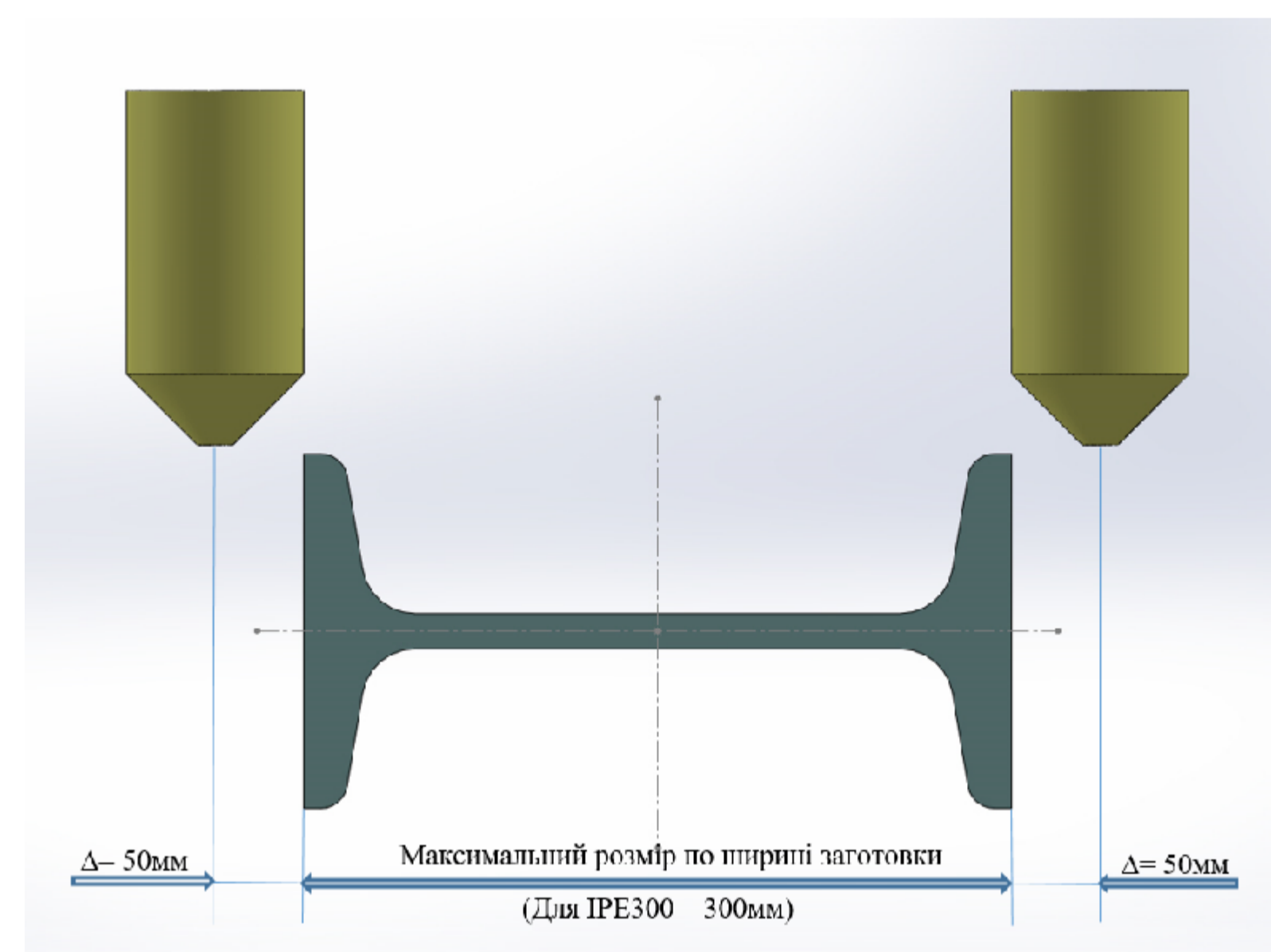
1. Балка двотаврова - від IPE 100 до IPE 300.
2. Швелер - від 6,5 до 120.
3. Кутник - від 25x25 до 200x200.
4. Труба квадратна - від 15x15 до 200x200.
5. Труба прямокутна - від 30x20 до 200x160.

Діапазони переміщення плазмового різачка:

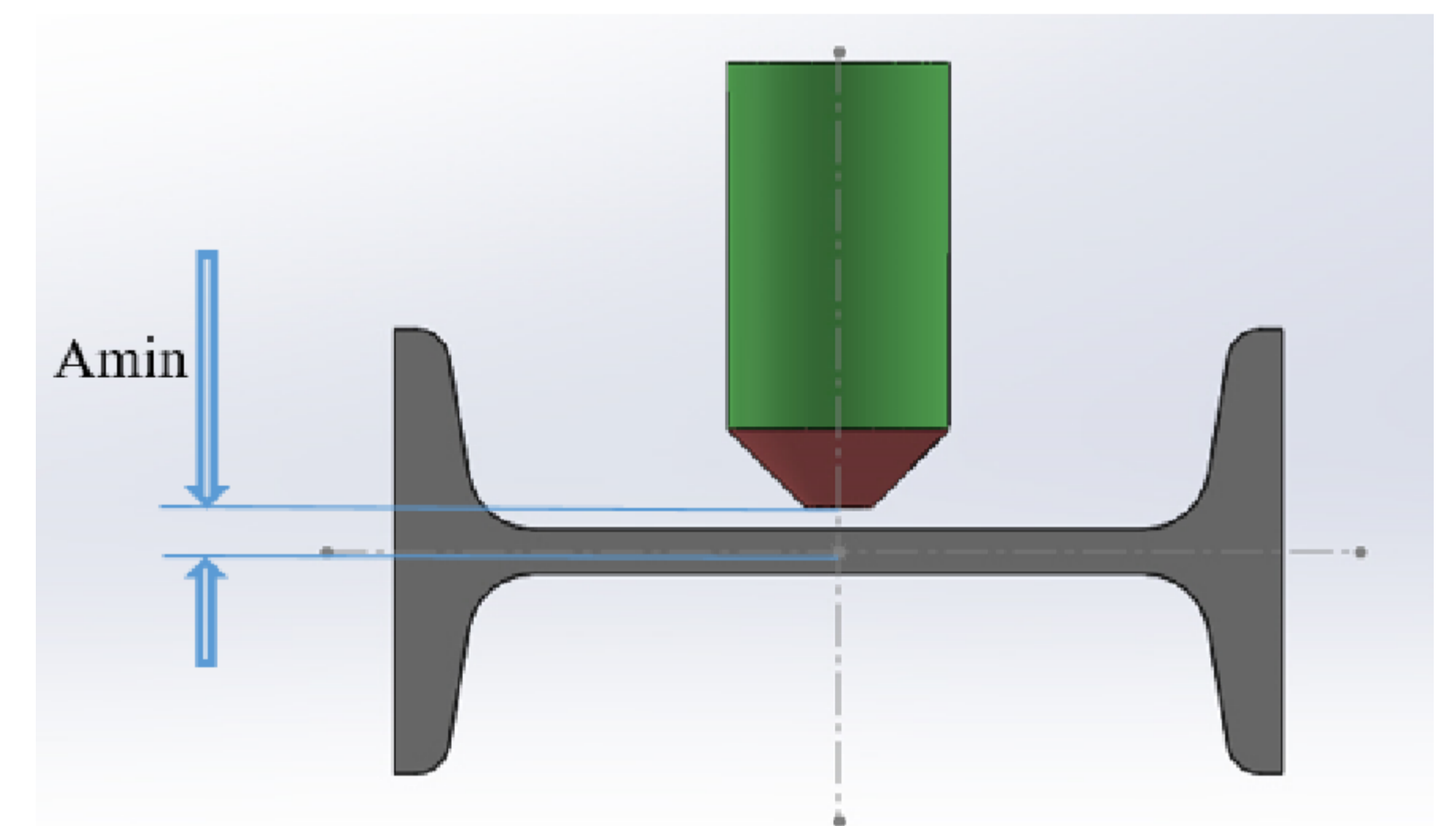
по координаті X - 6000 мм;
 по координаті Y - 400 мм;
 по координаті Z - 200 мм.



Максимальна висота різачка по координаті Z (Amax)



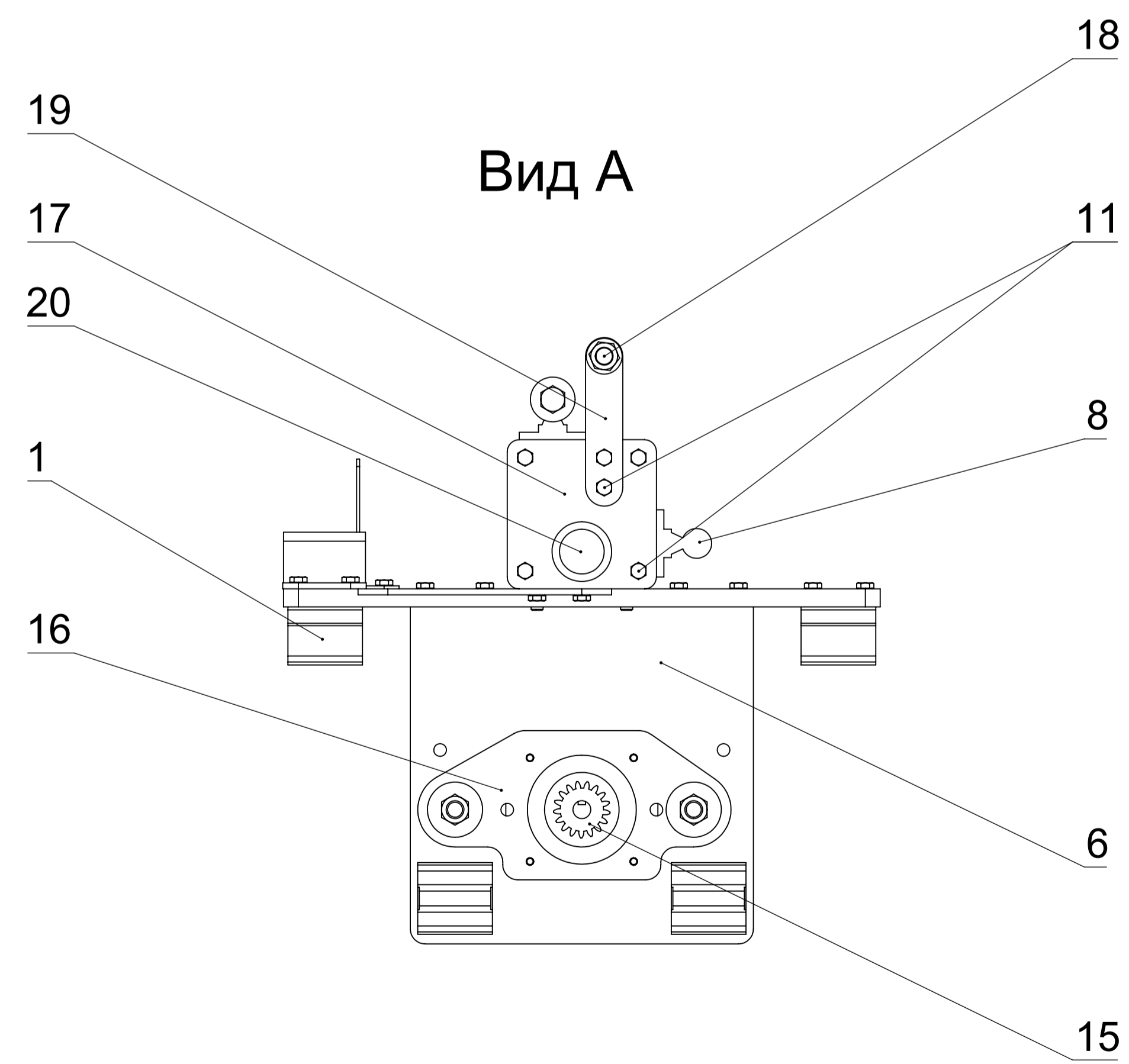
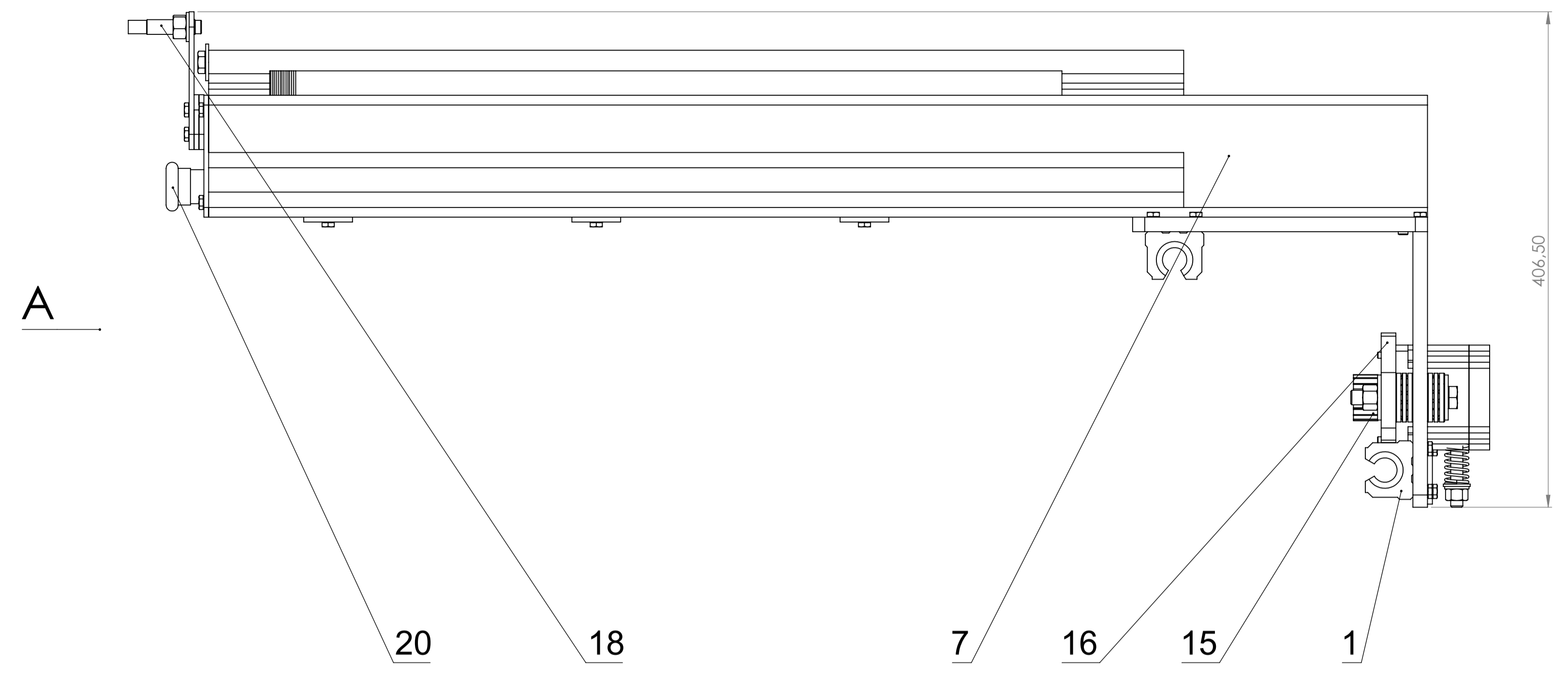
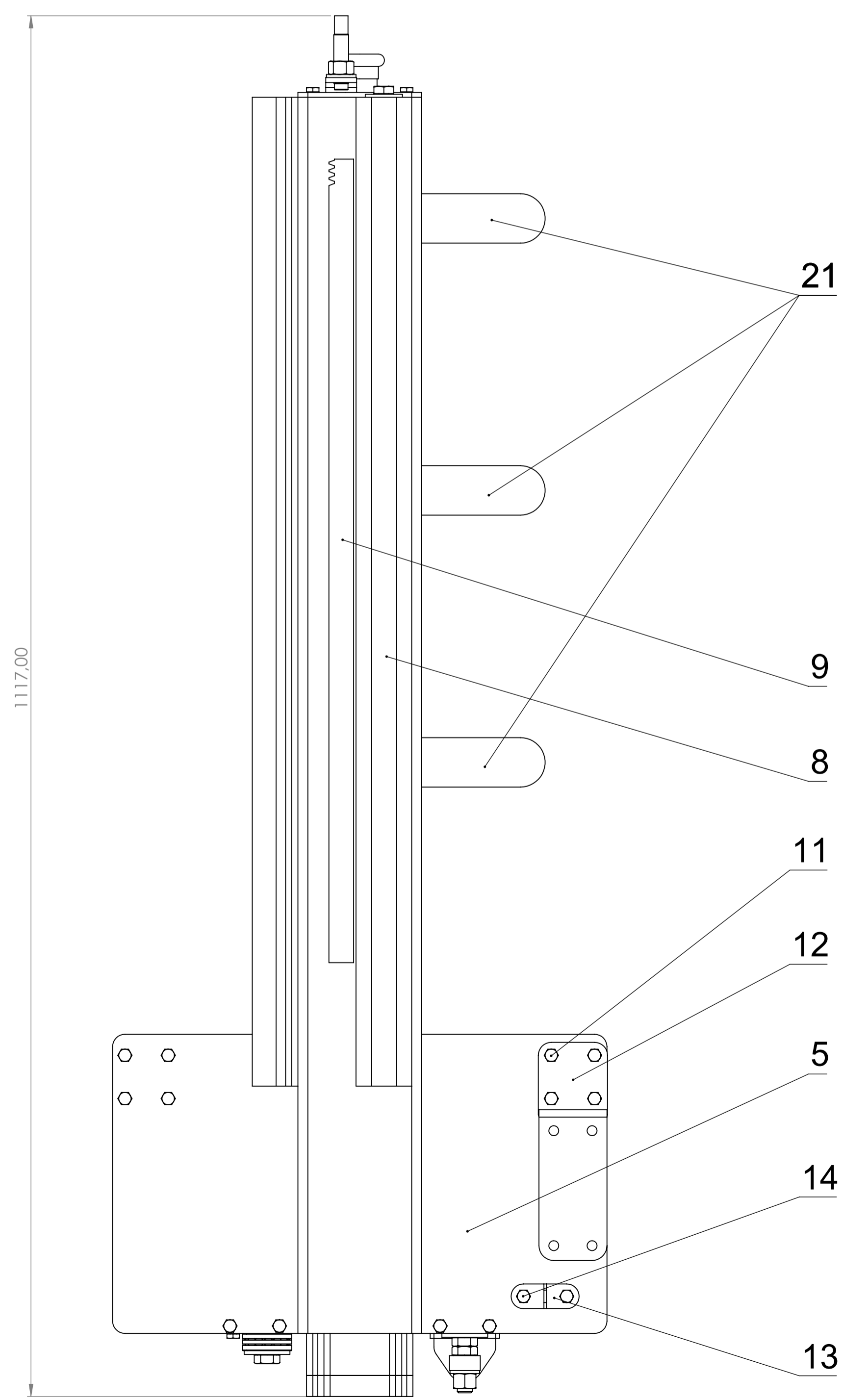
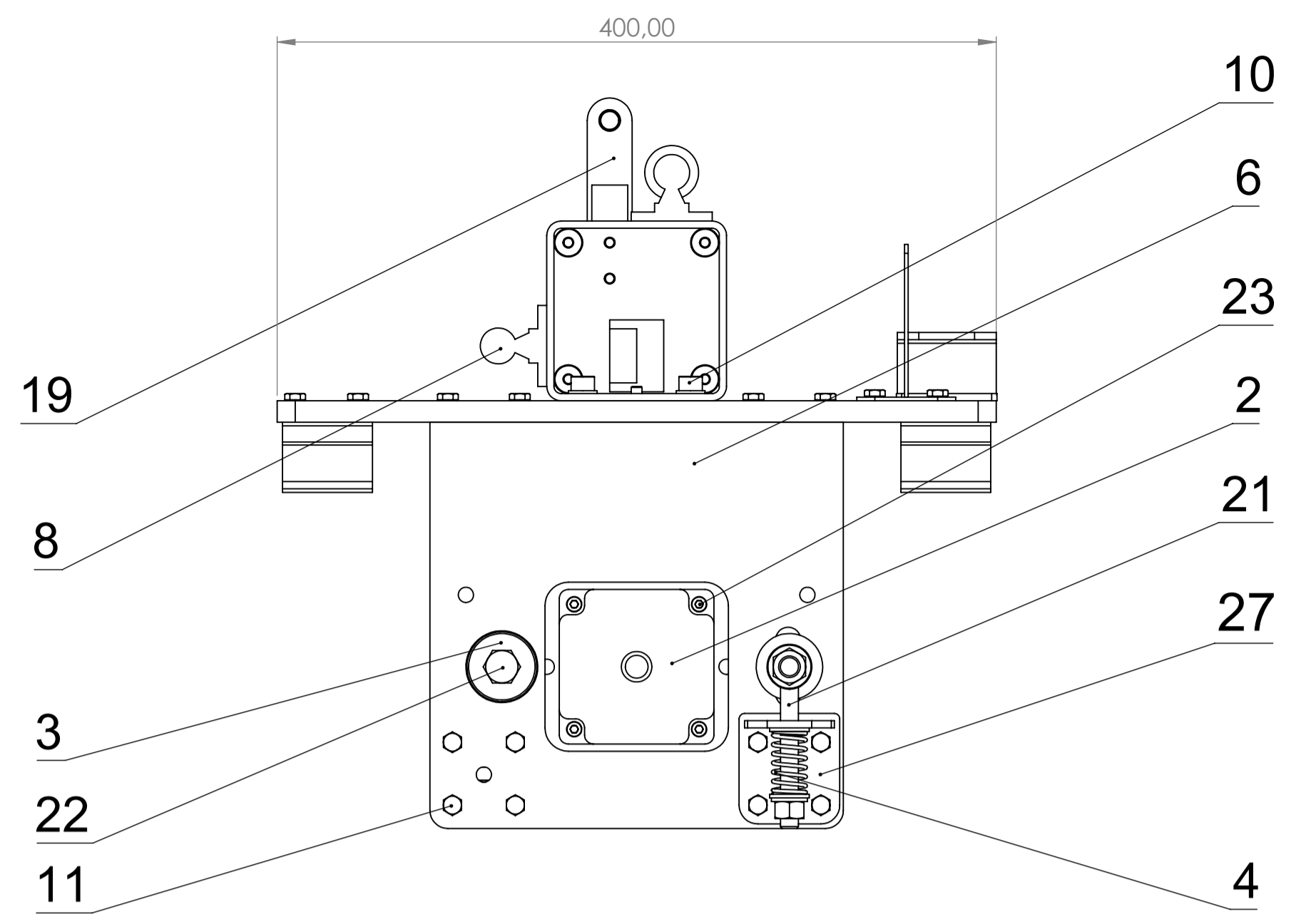
Діапазон переміщення різачка по координаті Y



Мінімальна висота різачка по координаті Z (Amin)

				БР.ПМ-303.02.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Компоновка верстату плазмового різання профільного прокату	Лит.	Масса	Масштаб
Розроб.		Добровольський						
Пров.		Ланчук А.Г.						
Т. контр.		Ланчук А.Г.						
Н. контр.		Ланчук А.Г.						
Затв.		Ланчук В.Г.						
						Лист 1	Листів 1	
						ІФНТУНГ ПМ-22-1К		

Перв. примен.
 Справа. №
 Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.



Технічні вимоги:

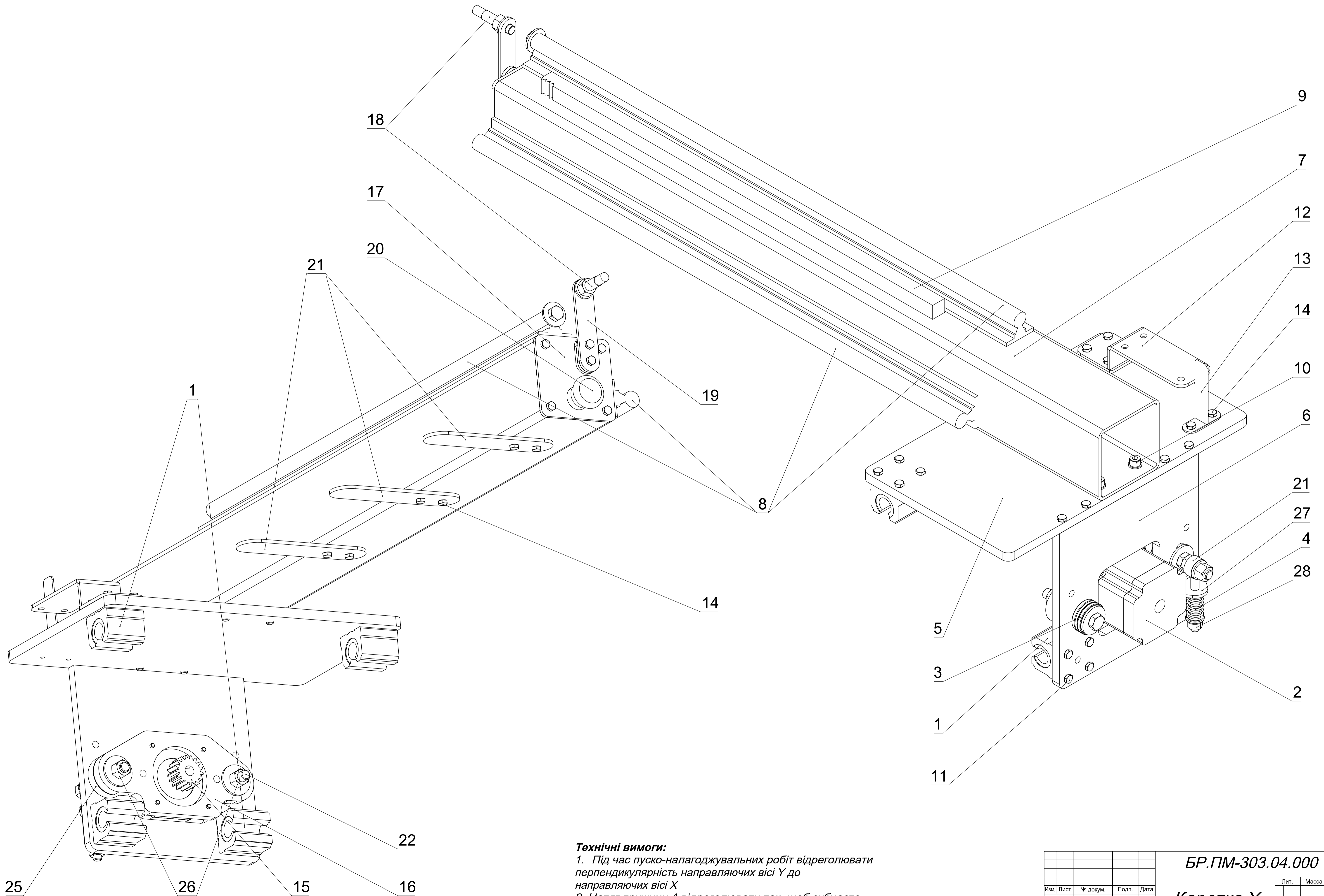
1. *Всі болтові та гвинтові з'єднання затягнути з моментом 0,5кгс*м;*
2. *Контактні поверхні напрямних та ходових гвинтів перед складанням протерти ганчіркою та змастити мастилом І20;*
3. *Перед складанням переконатися у відсутності заусенців та залишків бруду на контактних поверхнях деталей.*

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				<i>Документація</i>		
				<i>Деталі</i>		
		4	<i>БР. ПМ-303.03.004</i>	<i>Пружина куліси двигуна</i>	1	
		5	<i>БР. ПМ-303.03.005</i>	<i>Корпус каретки Y</i>	1	
		6	<i>БР. ПМ-303.03.006</i>	<i>Корпус привода кретка Y</i>	1	
		7	<i>БР. ПМ-303.03.007</i>	<i>Труба каретки Y 100x100x4</i>	1	
		12	<i>БР. ПМ-303.03.012</i>	<i>Кронштейн кабель-каналу каретки Y</i>	1	
		13	<i>БР. ПМ-303.03.013</i>	<i>Кронштейн клемної колодки</i>	1	
		16	<i>БР. ПМ-303.03.016</i>	<i>Куліса двигуна каретки Y</i>	1	
		17	<i>БР. ПМ-303.03.017</i>	<i>Фланець балки</i>	1	
		19	<i>БР. ПМ-303.03.019</i>	<i>Кронштейн давача</i>	1	
		21	<i>БР. ПМ-303.03.021</i>	<i>Опора кабель-каналу</i>	3	
		24	<i>БР. ПМ-303.03.024</i>	<i>Шток куліси каретки Y</i>	1	
		27	<i>БР. ПМ-303.03.027</i>	<i>Нерухомий кронштейн каретки Y</i>	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		1		<i>Лінійні підшипники SME20GUU</i>	4	
		2		<i>Двигун SM86HT80</i>	1	
		3		<i>Підшипники 51204</i>	3	
		8		<i>Лінійний направляючий вал SA20</i>	2	
		9		<i>Зубчато-рейкова передача M2 20x20x1000</i>	1	
		10		<i>Гвинт M8x20 з внутрішнім шестигранником</i>	4	
		11		<i>Болт M6x25</i>	26	
		14		<i>Болт M6x12</i>	8	
		15		<i>Зубчасте колесо (шестерня)</i>	1	
		18		<i>Кінцевий індукційний датчик</i>	1	
		20		<i>Кнопка стоп</i>	1	
		22		<i>Болт M12x80</i>	1	
		23		<i>Гвинт M5x25</i>	4	
		25		<i>Втулка</i>	1	
		26		<i>Гайка M12</i>	3	
		28		<i>Гайка M10</i>	1	

БР.ПМ-303.03.000

Ізм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Розроб.		Добровольський		
Перев.		Ланчук А.Г.		
Т. контр.		Ланчук А.Г.		
Н. контр.		Ланчук А.Г.		
Затв.		Ланчук В.Г.		

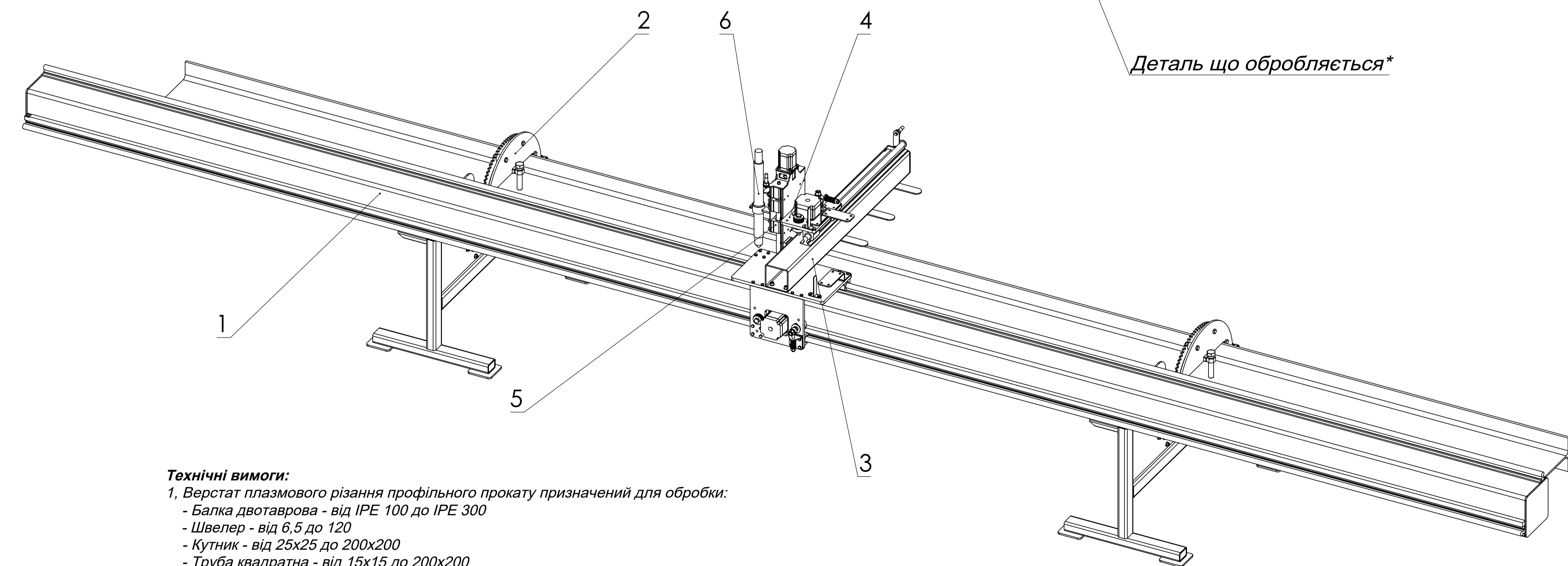
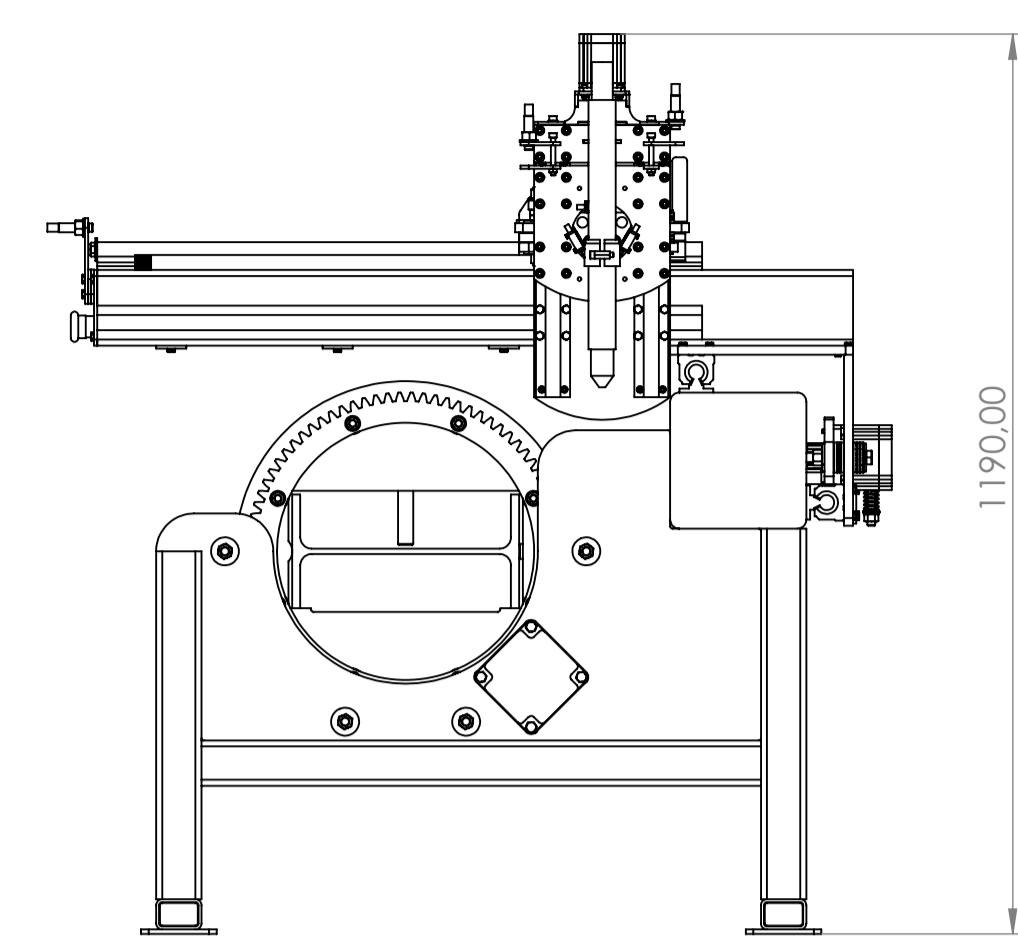
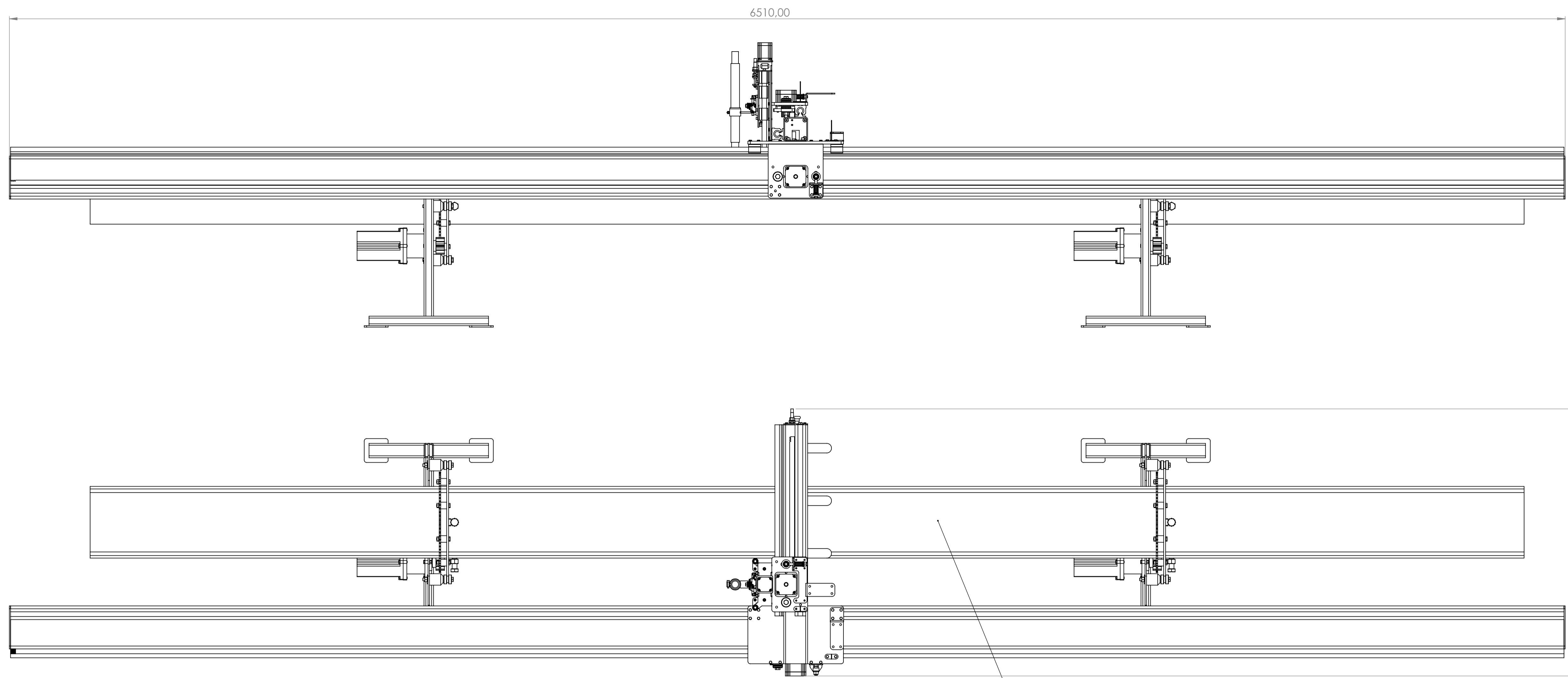
Каретка Y			Лит.	Масса	Масштаб
					1:2,5
Лист 1		Листов 2			
ІФНТУНГ					
ПМ-22-1К					



Технічні вимоги:

1. Під час пуско-налагоджувальних робіт відрегулювати перпендикулярність направляючих вісі Y до направляючих вісі X
2. Натяг пружини 4 відрегулювати так, щоб зубчасте зачеплення рухалося без зазорів та заклинювання

				БР.ПМ-303.04.000		
				Каретка Y		
Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Розроб.	Добровольський					1:2
Пров.	Панчук А.Г.					
Т. контр.	Панчук А.Г.					
Н. контр.	Панчук А.Г.					
Затв.	Панчук В.Г.					



Деталь що обробляється*

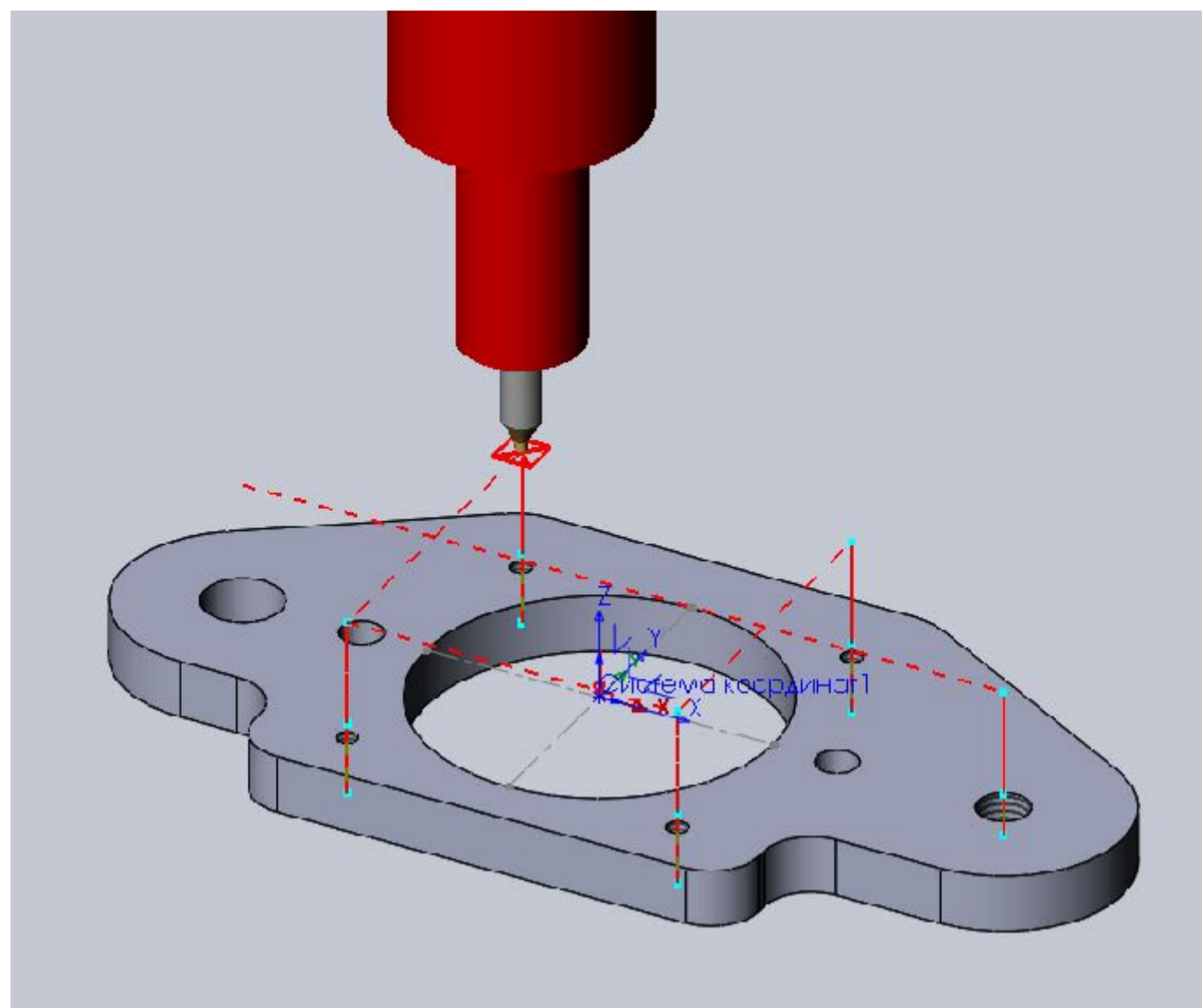
Технічні вимоги:

- Верстат плазмового різання профільного прокату призначений для обробки:
 - Балка двотаврова - від IPE 100 до IPE 300
 - Швелер - від 6,5 до 120
 - Кутник - від 25x25 до 200x200
 - Труба квадратна - від 15x15 до 200x200
 - Труба прямокутна - від 30x20 до 200x160
- Маса деталей що обробляються не повинна перевищувати 500 кг
- Направляючі та зубчасті рейки в кінці зміни протирати чистою ганчіркою та змазувати мастилом I20

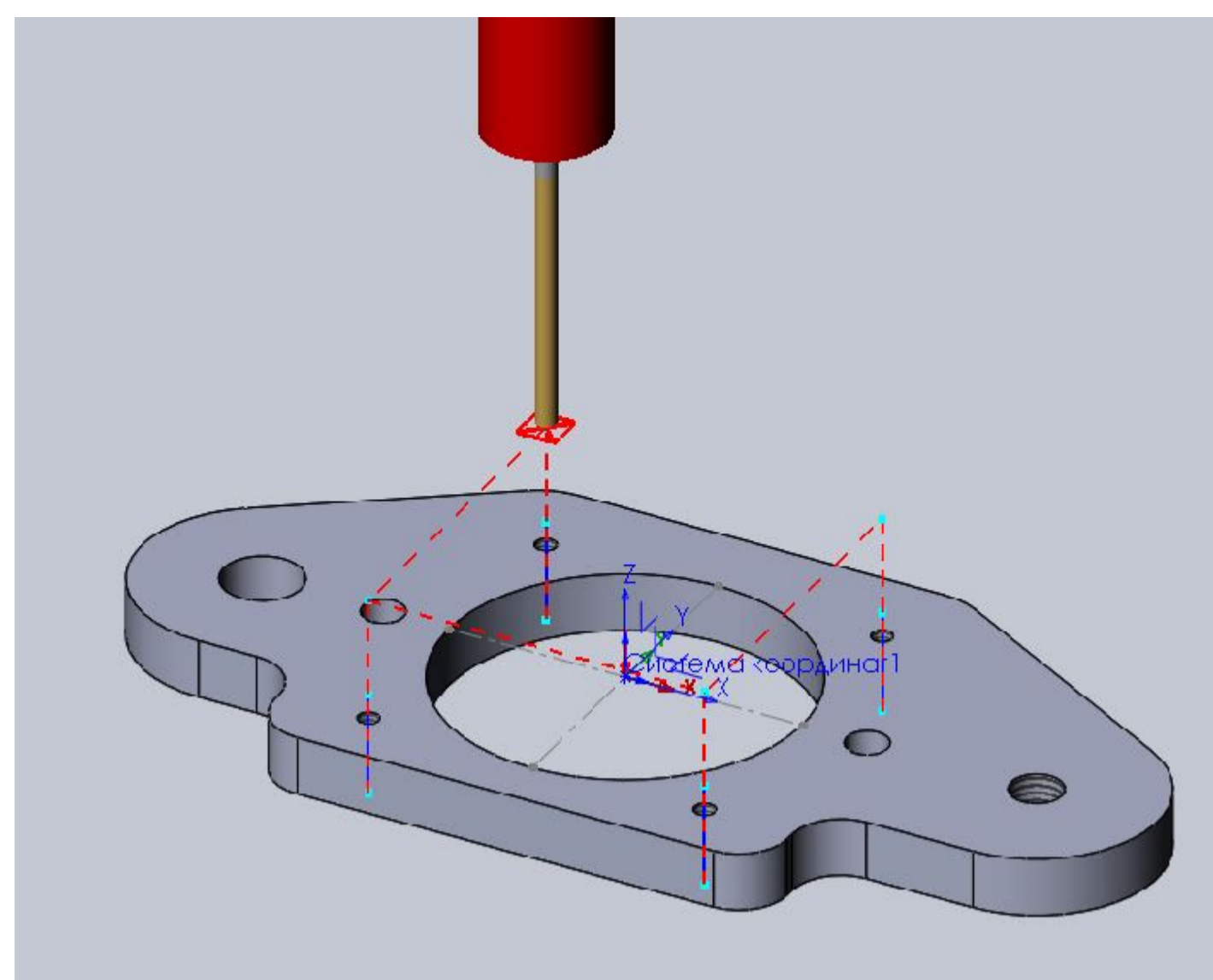
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				<i>Складальні одиниці</i>		
	1		БР. ПМ-303.05.001	Станина	1	
	2		БР. ПМ-303.05.002	Обертач	2	
	3		БР. ПМ-303.05.003	Каретка Y	1	
	4		БР. ПМ-303.05.004	Каретка X	1	
	5		БР. ПМ-303.05.005	Каретка Z	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
	6			Плазмовий різак Thermacut FHT-EX 125 TTM	1	

БР. ПМ-303.05.000

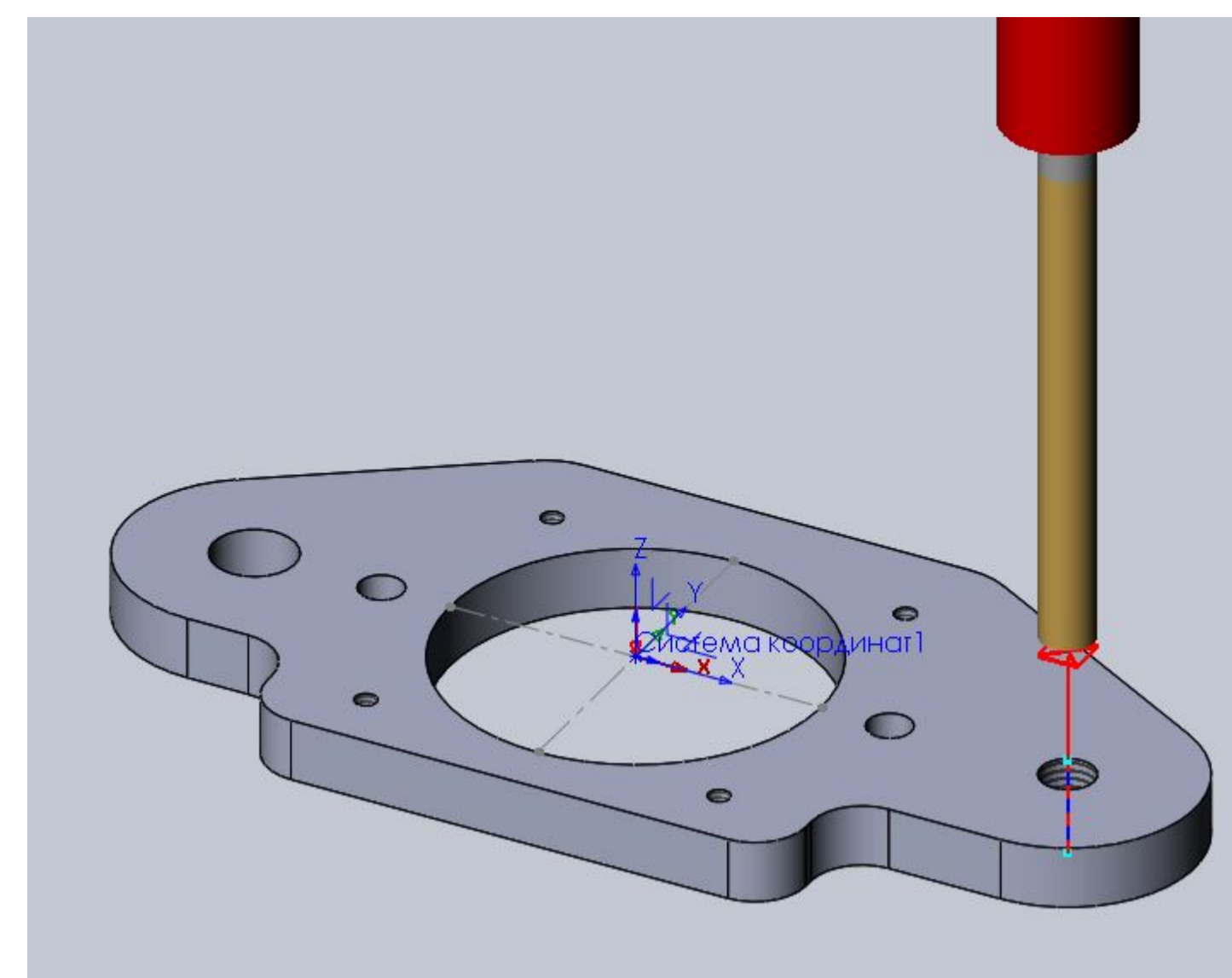
Верстат плазмового різання профільного прокату				Лист 1	Листов 1	Масштаб 1:20
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Розроб.	Добровольський					
Пров.	Панчук А.Г.					
Т. контр.	Панчук А.Г.					
Н. контр.	Панчук А.Г.					
Затв.	Панчук В.Г.					



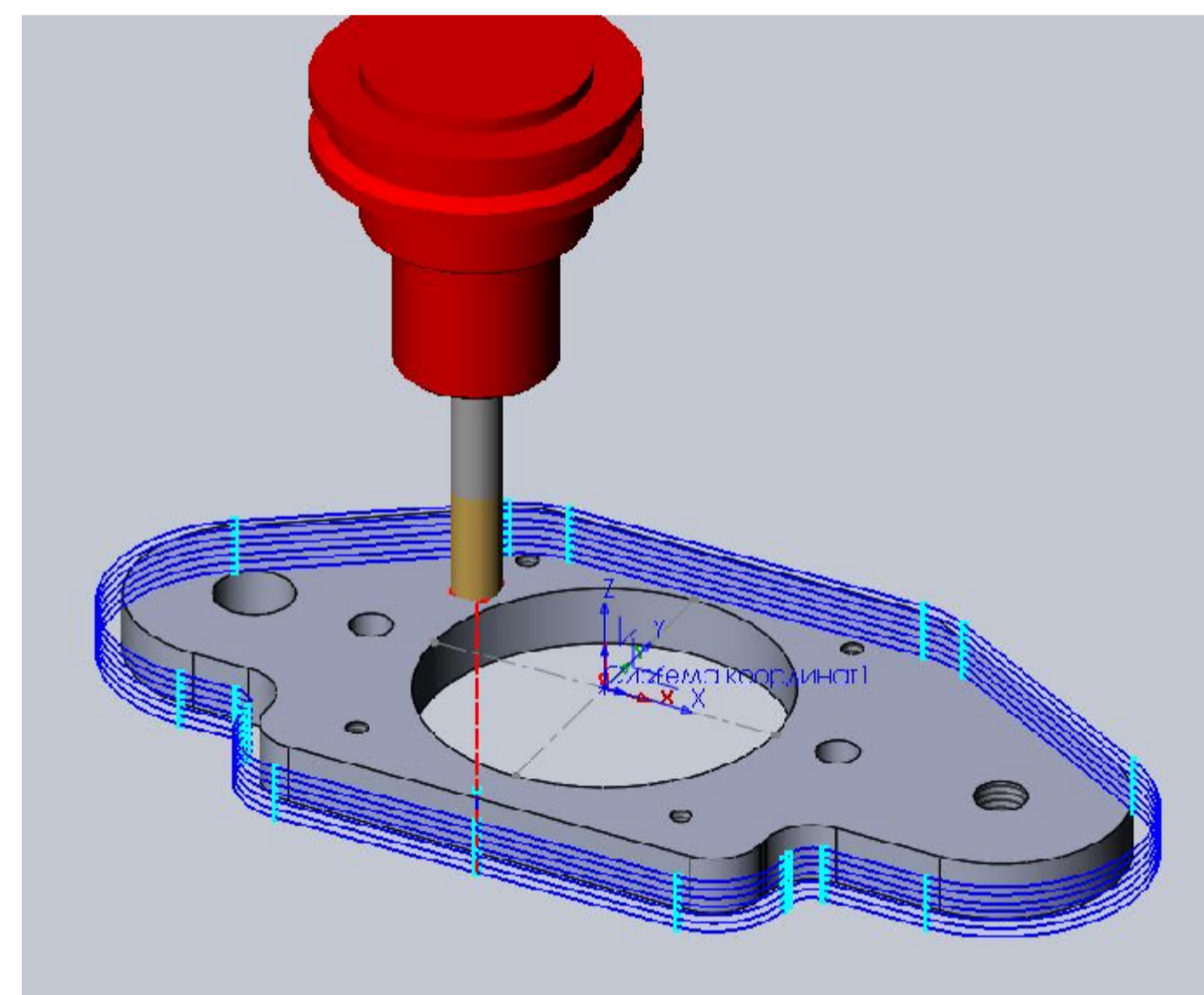
Центрування отворів діаметром 3,15 мм



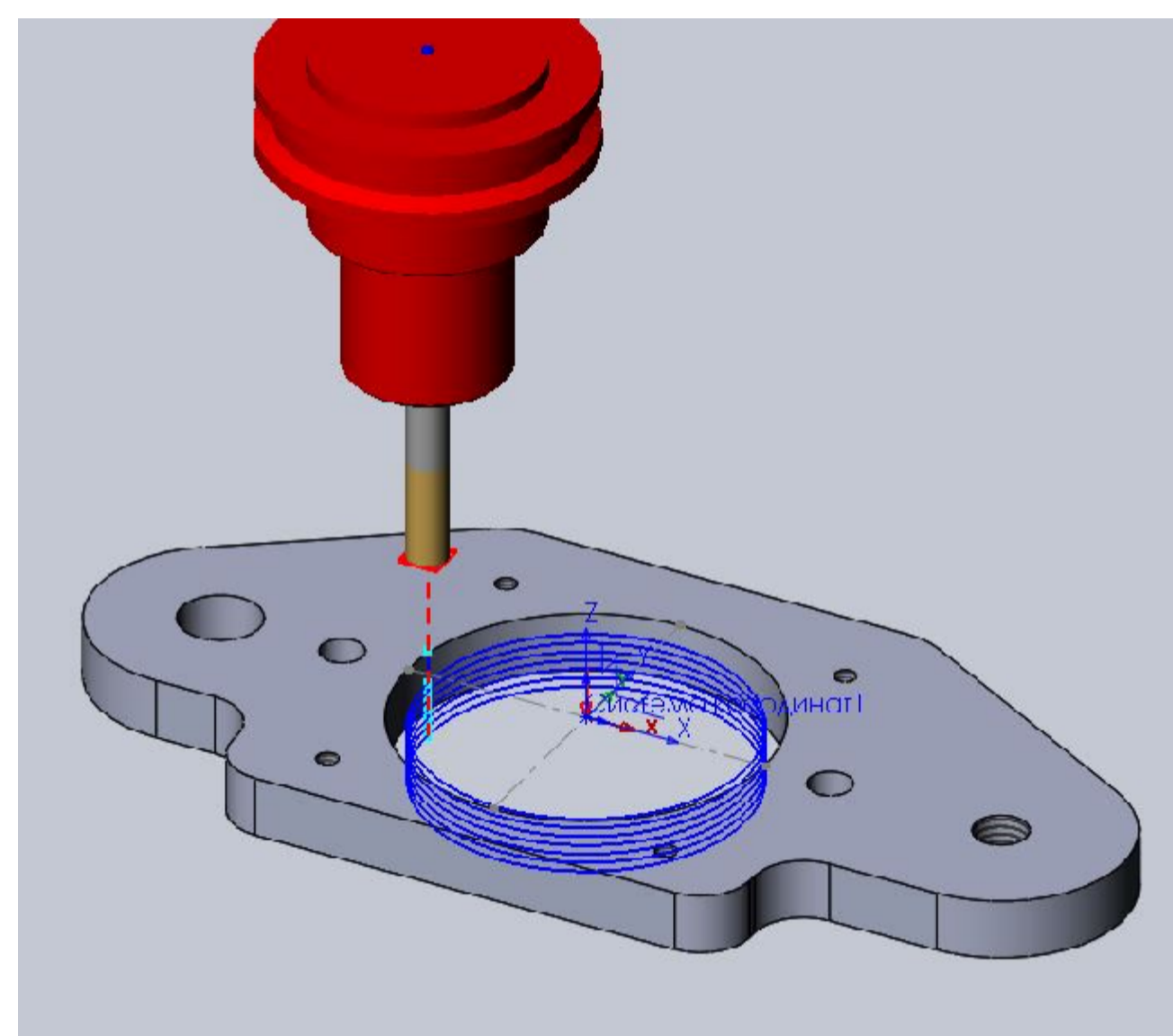
Свердління отворів діаметром 4,2 мм



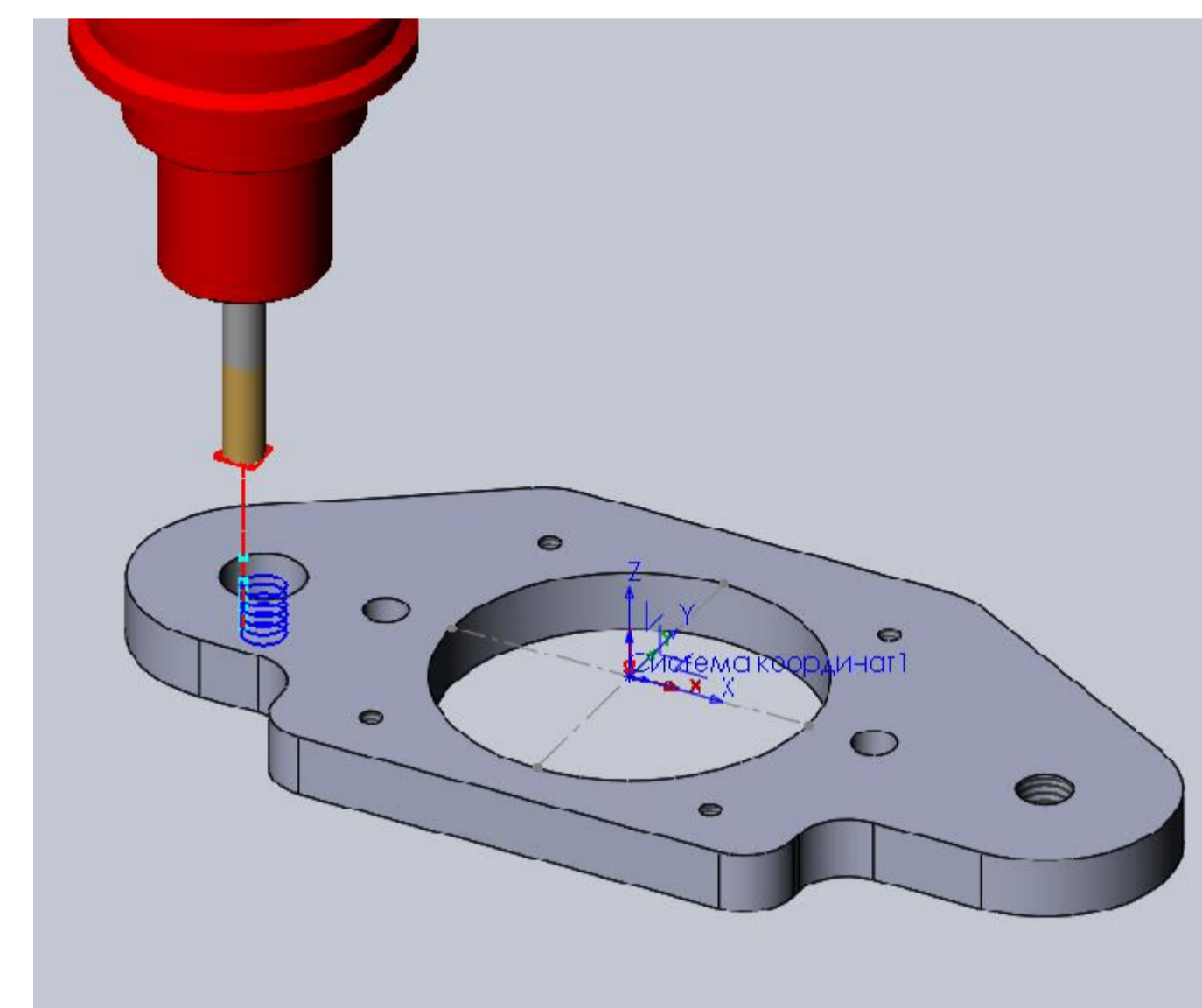
Свердління отвору діаметром 10,5 мм



Фрезерування по зовнішньому контуру деталі



Фрезерування отвору діаметром 73 мм



Фрезерування отвору діаметром 16 мм

Програма для обробки на верстаті з ЧПК

```

O0001
N1 G21
N2 G91 G28 X0 Y0 Z0

N3 ( Center Drill1 )
N4 (8MM X 60DEG HSS
CENTERDRILL)
N5 T04 M06
N6 S12000 M03
N7 G90 G54 G00 X-34.75
Y34.75
N8 G43 Z25. H04 M08
N9 G98 G82 Z-12. P1000 R3.
F200.
N10 Y-34.75
N11 X34.75
N12 Y34.75
N13 G80 Z25.

N14 ( I25@;5=851 )
N15 X85. Y0
N16 G98 G82 Z-6. P1000 R3.
F200.
N17 G80 Z25. M09
N18 G91 G28 Z0

N19 ( I25@;5=851 )
N20 (4.2mm JOBBER DRILL)
N21 T02 M06
N22 S4000 M03

N23 G90 G54 G00 X85. Y0
N24 X-34.75 Y34.75
N25 G43 Z25. H02 M08
N26 G98 G81 Z-16. R5. F40.
N27 Y-34.75
N28 X34.75
N29 Y34.75
N30 G80 Z25. M09
N31 G91 G28 Z0

N32 ( Drill12 )
N33 (10.5mm JOBBER DRILL)
N34 T06 M06
N35 S4000 M03
N36 G90 G54 G00 X85. Y0
N37 G43 Z25. H06 M08
N38 G98 G83 Z-16. Q2. R3.
F40.
N39 G80 Z25. M09
N40 G91 G28 Z0

N41 ( >=BC@=001 )
N42 (10MM CRB 4FL 22 LOC)
N43 T03 M06
N44 S5000 M03
N45 G90 G54 G00 X0 Y-52.
N46 G43 Z50. H03 M08
N47 Z5.
N48 G01 Z-2. F15.
N49 G17 X43. F60.

N50 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N51 G01 Y-35.
N52 G02 X63. Y-30. I5. J0
N53 G01 X85.
N54 G03 X99.742 Y26.128 I0
J30.
N55 G01 X47.828 Y55.419
N56 G03 X38. Y58. I-9.828 J-
17.418
N57 G01 X-38.
N58 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N59 G01 X-92.163 Y24.606
N60 G03 X-75. Y-30. I17.162
J-24.606
N61 G01 X-63.
N62 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N63 G01 Y-37.
N64 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N65 G01 X0
N66 Z-3.833 F15.
N67 X43. F60.
N68 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N69 G01 Y-35.
N70 G02 X63. Y-30. I5. J0
N71 G01 X85.
N72 G03 X99.742 Y26.128 I0
J30.
N73 G01 X47.828 Y55.419
N74 G03 X38. Y58. I-9.828 J-
17.418
N75 G01 X-38.
N76 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N77 G01 X-92.163 Y24.606
N78 G03 X-75. Y-30. I17.162
J-24.606
N79 G01 X-63.
N80 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N81 G01 Y-37.
N82 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N83 G01 X0
N84 Z-5.667 F15.
N85 X43. F60.
N86 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N87 G01 Y-35.
N88 G02 X63. Y-30. I5. J0
N89 G01 X85.
N90 G03 X99.742 Y26.128 I0
J30.
N91 G01 X47.828 Y55.419
N92 G03 X38. Y58. I-9.828 J-
17.418
N93 G01 X-38.
N94 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N95 G01 X-92.163 Y24.606
N96 G03 X-75. Y-30. I17.162
J-24.606
N97 G01 X-63.
N98 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N99 G01 Y-37.
N100 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N101 G01 X0
N102 Z-7.5 F15.
N103 X43. F60.
N104 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N105 G01 Y-35.
N106 G02 X63. Y-30. I5. J0
N107 G01 X85.
N108 G03 X99.742 Y26.128
I0 J30.
N109 G01 X47.828 Y55.419
N110 G03 X38. Y58. I-9.828
J-17.418
N111 G01 X-38.
N112 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N113 G01 X-92.163 Y24.606
N114 G03 X-75. Y-30.
I17.162 J-24.606
N115 G01 Y-35.
N116 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N117 G01 Y-37.
N118 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N119 G01 X0
N120 Z-9.333 F15.
N121 X43. F60.
N122 G03 X58. Y-37. I0 J15.

N123 G01 Y-35.
N124 G02 X63. Y-30. I5. J0
N125 G01 X85.
N126 G03 X99.742 Y26.128
I0 J30.
N127 G01 X47.828 Y55.419
N128 G03 X38. Y58. I-9.828
J-17.418
N129 G01 X-38.
N130 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N131 G01 X-92.163 Y24.606
N132 G03 X-75. Y-30.
I17.162 J-24.606
N133 G01 X-63.
N134 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N135 G01 Y-37.
N136 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N137 G01 X0
N138 Z-11.167 F15.
N139 X43. F60.
N140 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N141 G01 Y-35.
N142 G02 X63. Y-30. I5. J0
N143 G01 X85.
N144 G03 X99.742 Y26.128
I0 J30.
N145 G01 X47.828 Y55.419
N146 G03 X38. Y58. I-9.828
J-17.418
N147 G01 X-38.
N148 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N149 G01 X-92.163 Y24.606
N150 G03 X-75. Y-30.
I17.162 J-24.606
N151 G01 X-63.
N152 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.
N153 G01 Y-37.
N154 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N155 G01 X0
N156 Z-13. F15.
N157 X43. F60.
N158 G03 X58. Y-37. I0 J15.
N159 G01 Y-35.
N160 G02 X63. Y-30. I5. J0
N161 G01 X85.
N162 G03 X99.742 Y26.128
I0 J30.
N163 G01 X47.828 Y55.419
N164 G03 X38. Y58. I-9.828
J-17.418
N165 G01 X-38.
N166 G03 X-49.442 Y54.404
I0 J-20.
N167 G01 X-92.163 Y24.606
N168 G03 X-75. Y-30.
I17.162 J-24.606
N169 G01 X-63.
N170 G02 X-58. Y-35. I0 J-5.

N171 G01 Y-37.
N172 G03 X-43. Y-52. I15. J0
N173 G01 X0
N174 G00 Z5.
N175 Z50. M09
N176 G91 G28 Z0

N177 ( >=BC@=002 )
N178 (8MM CRB 4FL 20 LOC)
N179 T05 M06
N180 S12000 M03
N181 G90 G54 G00 X-32.5
Y0
N182 G43 Z25. H05 M08
N183 Z5.
N184 G01 Z-2. F125.
N185 G03 I32.5 J0 F500.
N186 G01 Z-3.833 F125.
N187 G03 I32.5 J0 F500.
N188 G01 Z-5.667 F125.
N189 G03 I32.5 J0 F500.
N190 G01 Z-7.5 F125.
N191 G03 I32.5 J0 F500.
N192 G01 Z-9.333 F125.
N193 G03 I32.5 J0 F500.
N194 G01 Z-11.167 F125.
N195 G03 I32.5 J0 F500.
N196 G01 Z-13. F125.
N197 G03 I32.5 J0 F500.
N198 G00 Z5.

N199 Z25.

N200 ( Contour Mill3 )
N201 X-79.
N202 Z3.
N203 G01 Z-2. F125.
N204 G03 I4. J0 F500.
N205 G01 Z-4. F125.
N206 G03 I4. J0 F500.
N207 G01 Z-6. F125.
N208 G03 I4. J0 F500.
N209 G01 Z-8. F125.
N210 G03 I4. J0 F500.
N211 G01 Z-10. F125.
N212 G03 I4. J0 F500.
N213 G01 Z-12. F125.
N214 G03 I4. J0 F500.
N215 G00 Z3.
N216 Z25. M09
N217 G91 G28 Z0
N218 G28 X0 Y0
N219 M30
    
```

БР.ПМ-303.06.000				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Технологія виготовлення деталі "Куліса каретки Y" на верстаті з ЧПК	
Розроб.	Добровольський				Лист 1	Листов 1
Пров.	Панчук А.Г.				ІФНТУНГ ПМ-22-1К	
Т. контр.	Панчук А.Г.				Формат А1	
Н. контр.	Панчук А.Г.				Копировал	
Затв.	Панчук В.Г.					