

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-48.00.00.000.ПЗ

Група ПМ-20-1

Абрам Дмитро

Ярославович

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 – Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 20__ року

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

Абраму Дмитру Ярославовичу

1. Тема роботи: **Проектування механізму обертання та кріплення заготовок 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 та проектування механізму

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- Актуальність роботи
- Огляд існуючих конструкцій механізмів
- Конструкторська частина (проектування механізму згідно теми роботи)
- Технологічна частина

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
1-5	Панчук А. Г. доцент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Актуальність роботи	12.03.2024	
2	Огляд існуючих конструкцій механізмів	14.03.2024	
3	Конструкторська частина (проекування механізму згідно теми роботи)	28.03.2024	
4	Підбір комплектуючих для конструкції 4-ої осі	09.04.2024	
5	Проектування опор верстату	14.05.2024	
6	Захист бакалаврської роботи	17.06.2024	

Студент _____ Абрам Д.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Панчук.А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ ___ ” _____ 2024 р.

Реферат

Бакалаврська робота виконана на тему «Проектування механізму обертання та кріплення заготовок верстату плазмового різання профільного прокату». Робота складається з 59 аркушів, 57 рисунків. В роботі було використано 6 бібліографічних найменувань.

Графічна частина – 8 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – процес плазмового різання металу.

Предмет дослідження – механізм обертання та кріплення заготовок верстату плазмового різання профільного прокату

Мета роботи – проектування механізму обертання та кріплення заготовок верстату плазмового різання профільного прокату.

Головною метою моєї роботи є проектування та конструкція механізму обертання і кріплення заготовок верстату плазмового різання профільного прокату. Також зазначається актуальність використання металоконструкцій та огляд існуючих конструкцій верстатів плазмового різання. Крім того розглянута компоновка конструкції 4-ої осі, було підібрано комплектуючі для конструкції 4-ої осі та проектування опор верстату плазмового різання профільного прокату.

Ключові слова: механізм обертання, кріплення, плазмове різання, профільний прокат.

Студент

Абрам Д. Я.

Summary

The bachelor's thesis was carried out on the topic "Design of the mechanism of rotation and fastening of workpieces of the plasma cutting machine of profile rolled products". The work consists of 59 sheets, 57 drawings. 6 bibliographic names were used in the work.

The graphic part is 8 sheets of A1 format.

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

The subject of the study is the mechanism of rotation and fastening of blanks of a plasma cutting machine for profile rolled products

The purpose of the work is to design a mechanism for rotating and fastening blanks of a plasma cutting machine for profile rolled products.

The main goal of my work is the design and construction of the mechanism for rotating and fastening the blanks of the plasma cutting machine for profile rolled products. The relevance of the use of metal structures and an overview of the existing structures of plasma cutting machines are also noted. In addition, the layout of the structure of the 4th axis was considered, the components for the structure of the 4th axis and the design of the supports of the plasma cutting machine of profile rolled products were selected.

Key words: rotation mechanism, fastening, plasma cutting, profile rolling.

Student

Abram D.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Актуальність використання металоконструкцій.....	8
2. Огляд існуючих конструкцій верстатів плазмового різання профільного прокату.....	18
2.1 Верстат для обробки труб Vend-Tech Dragon A400.....	18
2.2 Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда (Rob Broomfield).....	20
2.3 Верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4.....	22
2.4 Верстат для обробки металу RIMKO Rotator серія “Barramundi” RA.....	23
3. Компоновка конструкції 4-ої осі	25
4. Підбір комплектуючих для конструкції 4-ої осі	30
4.1 Моделювання крокового двигуна	30
4.2 Моделювання редуктора	33
4.3 Моделювання зубчастої шестерні.....	35
5. Проектування опор верстату плазмового різання профільного прокату	37
5.1. Проектування опори для двотавра.....	37
5.2. Проектування опори для швелера.....	42
5.3. Проектування опори для кутика.....	47
5.4. Проектування опори для прямокутної труби.....	52
Висновки.....	57

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>						
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснювальна записка</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>		<i>Абрам Д.Я.</i>								6	59
<i>Перевір.</i>		<i>Панчук А.Г.</i>									
		<i>Панчук А.Г.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Панчук В.Г.</i>						<i>ІФНТУНГ ПМ-20-1</i>			

ВСТУП

Сучасне життя важко уявити без металоконструкцій. Існує велика кількість її обробки але найбільш практичним та дешевим є обробка металу на верстаті плазмового різання.

Верстат плазмового різання профільного прокату є спеціалізованим обладнанням, яке використовує плазмову дугу для точного різання металевих профілів різних форм і розмірів. Такі верстати застосовуються для обробки металевих матеріалів, як-от сталь, алюміній, нержавіюча сталь та інші метали зі складним перерізом. Вони можуть різати різноманітні профілі, включаючи куточки, труби, швелери, двотаврові балки та інші. Вони застосовуються в різних галузях промисловості таких як: машинобудування, будівництво, автомобільна промисловість, та інші.

Принцип роботи верстату плазмового різання заключається в наступному:

- Підготовка профілю: Матеріал фіксується на верстаті.
- Запуск плазмової дуги: Іонізований газ генерує плазму, яка направляється на матеріал.
- Різання: Плазма проходить через матеріал, виплавляючи метал вздовж заданої траєкторії.
- Закінчення процесу: Після завершення різання верстат зупиняється, а оброблений матеріал знімається.

Перевагами плазмових верстатів є його висока швидкість обробки, точність і якість, універсальність та економічність. Плазмові верстати є важливими у багатьох промислових процесах, забезпечуючи ефективність і високу якість обробки металевих профілів.

Тоді можна зробити висновок, що плазмові верстати для різання профільного прокату є незамінними в сучасній промисловості завдяки їхній високій ефективності, точності і гнучкості. Вони є незамінними для багатьох виробничих процесів, забезпечуючи швидке і якісне оброблення металів.

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Актуальність використання металоконструкцій

Сучасне життя неможливо уявити без металоконструкцій. Ця тенденція чітко проявляється в Україні. Розширюється виробництво сендвіч панелей, профнастилу, тощо. Як наслідок все більшої популярності набирає будівництво легкозбірних споруд. Прикладом може бути будівництво сміттєспалювального заводу з виготовлення електроенергії яке реалізовує ТОВ “Калушстальбуд” (рис 1.1 - 1.3).



Рисунок 1.1 - Будівництво сміттєспалювального заводу



Рисунок 1.2 - Будівництво сміттєспалювального заводу

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

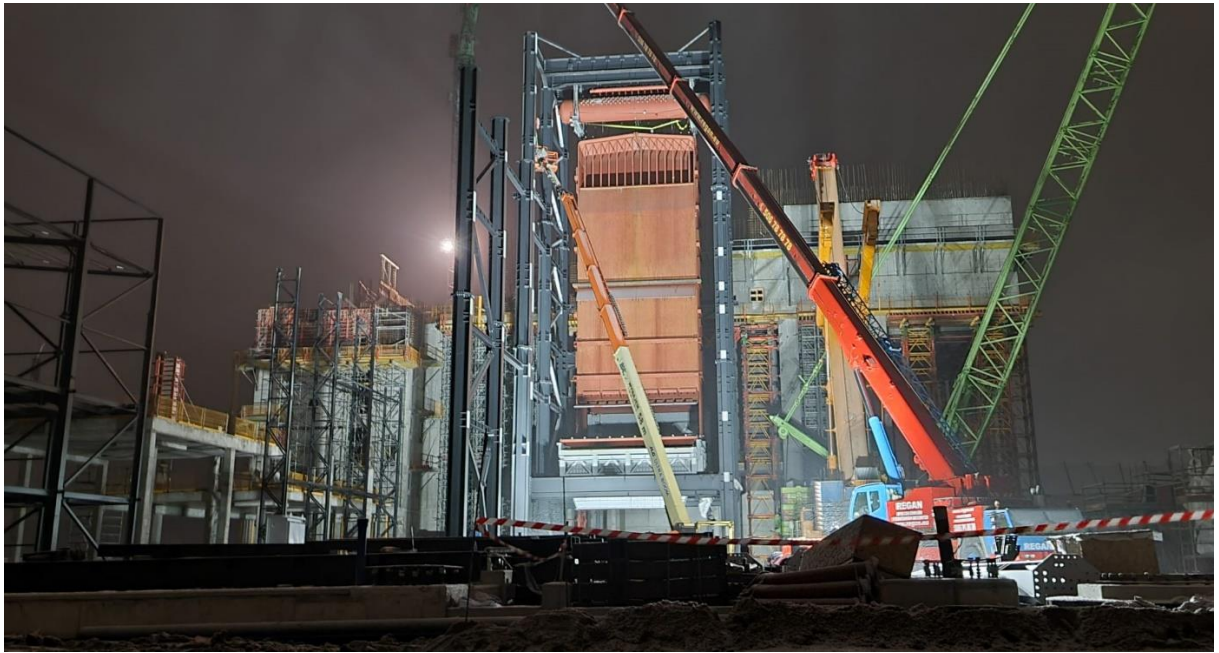


Рисунок 1.3 - Будівництво сміттєспалювального заводу

Також часто, у вигляді металоконструкцій виготовляють мости, естакади, шляхопроводи (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 - Металоконструкція моста

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Фільтри

Номер профілю

- 6.5
- 8
- 10
- 12
- 14
- 16
- 18

Товщина

- 3
- 4
- 5

Ширина

- 50
- 60

Довжина

- 6000
- 9000
- 12000

Марка сталі

- ст1-Зпс/сп

Сортовий і фасонний прокат

- Арматура
- Балка двотаврова
- Катанка
- Квадрат
- Круг сталевий

Швелер

Ціни актуальні на 20.03.2024 для регіону: Київ

☰







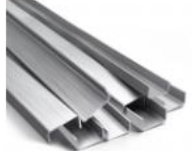

<p>Швелер 6.5 L=6000 мм 6.5 6000 мм</p>  <p>В дорозі</p> <p>239.00 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Швелер 6.5 L=9000 мм 6.5 9000 мм</p>  <p>В дорозі</p> <p>239.00 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Швелер 6.5 L=12000 мм 6.5 12000 мм</p>  <p>На складі</p> <p>239.00 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Швелер 8 L=12000 мм 8 12000 мм</p>  <p>В дорозі</p> <p>278.80 грн</p> <p>Купити</p>
<p>Швелер 10 L=12000 мм 10 12000 мм</p>  <p>На складі</p> <p>340.00 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Швелер 12 L=12000 мм 12 12000 мм</p>  <p>На складі</p> <p>412.50 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Швелер гнутий 120 3x50xL=12000 мм 120 12000 мм</p>  <p>В дорозі</p> <p>197.90 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Швелер гнутий 120 4x60xL=12000 мм 120 12000 мм</p>  <p>В дорозі</p> <p>285.10 грн</p> <p>Купити</p>

Рисунок 1.6 – Сортамент швелерів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

11

Фільтри

Номер профілю

- 15x15
- 20x20
- 25x25
- 30x20
- 30x30
- 40x20
- 40x75

Товщина

- 1.8
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- Я

Довжина

- 6000
- 12000

Марка сталі

- ст1-3пссп

Тип перерізу

- Прямокутник
- Квадрат

Сортовий і фасонний прокат
Арматура
Балка двотаврова

Профільна труба

Ціни актуальні на 20.03.2024 для регіону: Київ

140x140x6 100x100x6 80x80x5 140x140x5 100x100x5 80x80x4 80x60x4 60x60x4 60x40x4 50x50x4 40x40x4

<p>Труба профільна 15x15x1.8 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>15x15 1.8 мм 6000 мм</p> <p>В дорозі</p> <p>31.60 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Труба профільна 15x15x2 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>15x15 2 мм 6000 мм</p> <p>На складі</p> <p>33.70 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Труба профільна 20x20x1.8 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>20x20 1.8 мм 6000 мм</p> <p>На складі</p> <p>43.50 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Труба профільна 20x20x2 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>20x20 2 мм 6000 мм</p> <p>На складі</p> <p>47.60 грн</p> <p>Купити</p>
<p>Труба профільна 25x25x1.8 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>25x25 1.8 мм 6000 мм</p> <p>На складі</p> <p>55.60 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Труба профільна 25x25x2 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>25x25 2 мм 6000 мм</p> <p>В дорозі</p> <p>61.10 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Труба профільна 30x20x1.8 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>30x20 1.8 мм 6000 мм</p> <p>На складі</p> <p>55.60 грн</p> <p>Купити</p>	<p>Труба профільна 30x20x2 L=6000 мм ст1-3...</p> <p>30x20 2 мм 6000 мм</p> <p>На складі</p> <p>61.10 грн</p> <p>Купити</p>

Рисунок 1.7 – Сортамент профільних труб

Легко побачити що поставка профільного прокату здійснюється у вигляді заготовок довжиною 12 або 6 метрів, проте в металоконструкціях використовуються заготовки різної довжини і конфігурації, на багатьох із них знаходяться отвори, вирізи, тощо. Тобто профільний прокат необхідно різати по якихось заданих розмірах, фактично його необхідно додатково обробляти.

Методи різання прокату можна розділи на дві групи - методи термічного різання (газо-кисневе , плазмове, лазерне) та методи механічного різання (абразивне, дисковими та стрічковими пилами)

Проаналізуємо кожен метод термічного різання:

Газокисневе різання (рис 1.8)

Переваги:

- Дешево обладнання
- Практично необмежена товщина різання
- Простота процесу

Недоліки:

- Низька швидкість різання
- небезпека використання газів посудин з високими тисками
- Велика термічна зона
- Низка якість якій поверхні різі



Рисунок 1.8 – Газокисневе різання

Плазмове різання (рис 1.9)

Переваги:

- Відносно висока точність різання
- Простота реалізації процесу (потрібні джерело плазми, плазмотрон і компресор)
- Легко піддається автоматизації
- Висока швидкість різання

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Недоліки:

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



Рисунок 1.9 – Плазмове різання

Лазерне різання (рис 1.10)

Переваги:

- Висока точність і якість поверхні різання
- Висока швидкість процесу

Недоліки:

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

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.10 – Лазерне різання

Аналогічно проаналізуємо методи механічного різання:

Абразивне різання (рис 1.11)

Переваги:

- Простота процесу
- Дешевизна обладнання (від 5000 грн)
- Дешевизна інструменту(вартість абразивного круга від 200 грн.)
- Можливість різання деталей з високою твердістю (HRC 60)

Недоліки:

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



Рисунок 1.11 – Абразивне різання

Різання дисковими пилами (рис 1.12)

Переваги:

- Висока точність різання
- Простота обладнання
- Висока продуктивність різання

Недоліки:

- Висока вартість інструменту як наслідок висока вартість процесу різання

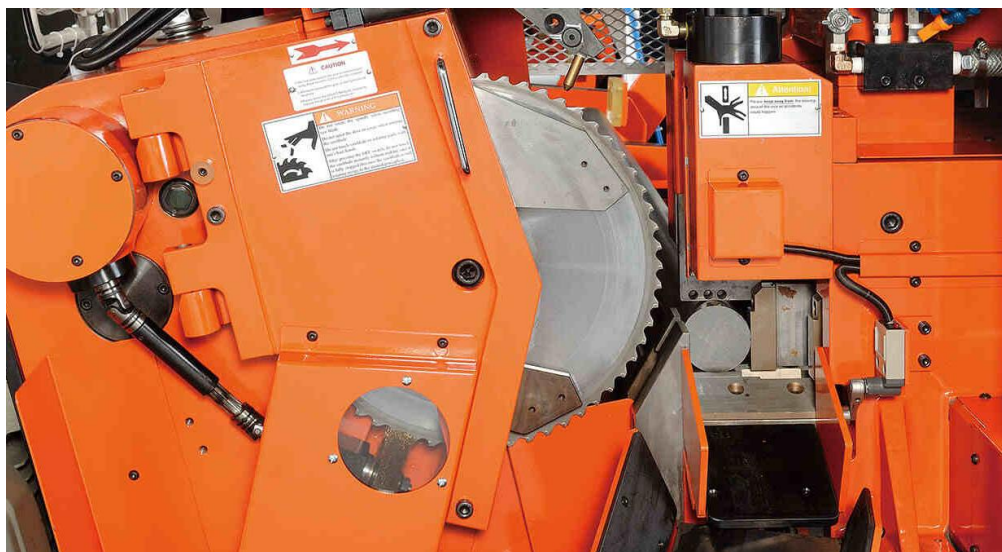


Рисунок 1.12 – Різання дисковою пилою

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Різання стрічковими пилами (рис 1.13)

Переваги:

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

Недоліки:

- Висока вартість обладнання
- Невисока продуктивність

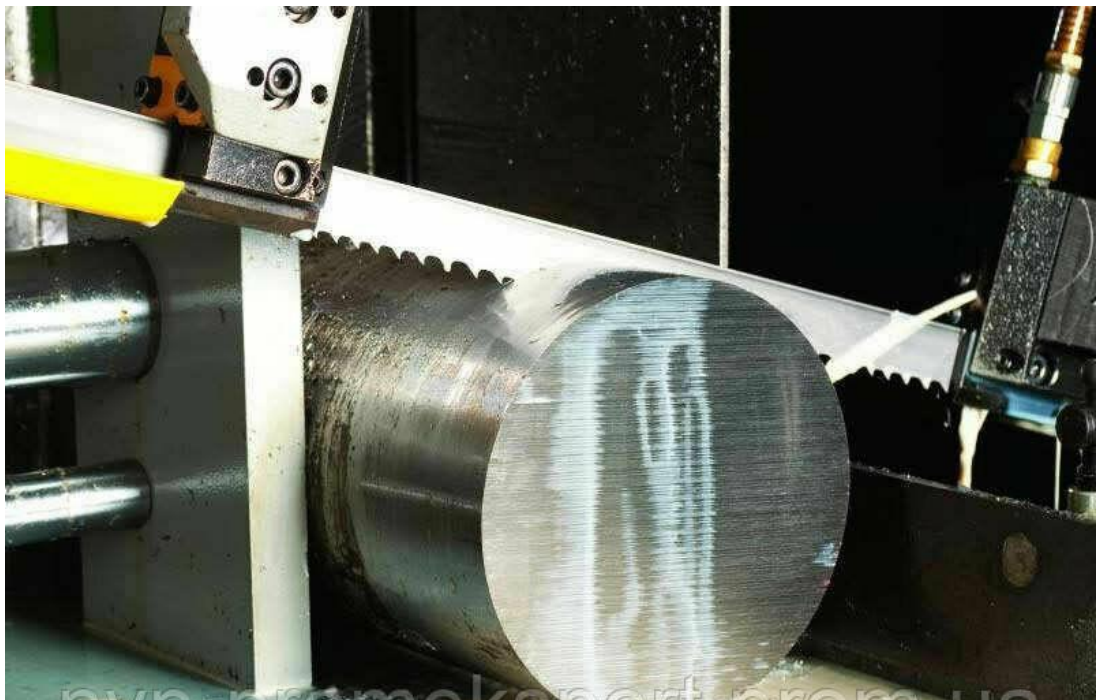


Рисунок 1.13 – Різання стрічковою пилою

Висновок:

Недоліком всіх методів механічного різання прокату є можливість виконання тільки прямолінійного різку, проте в сучасних металоконструкціях необхідно суміщати профілі складних конфігурацій в різноманітних положеннях, цього найпростіше досягти методами термічного різання. Найбільш доступним методом 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.

										Арк.
										17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ					

2.Огляд існуючих конструкцій верстатів плазмового різання профільного прокату.

Існує велика різноманітність верстатів плазмового різання профільного прокату, проте в своїй роботі я розгляну декілька найбільш типових варіантів.

2.1 Верстат для обробки труб Bend-Tech Dragon A400



Рисунок 2.1 - Верстат для обробки труб Bend-Tech Dragon A400

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ				

Особливістю верстата є те що заготовка кріпиться в двох опорах, передня опора є нерухомою вздовж координат X,Y,Z проте обертається навколо осі Y і має самоцентруючий механізм позиціонування труби з можливістю її осьової подачі. Обертний рух і подача вздовж осі Y здійснюється за рахунок задньої опори, яка рухається вздовж станини верстата. Плазмний різак знаходиться перед передньою опорою. Він може рухатися в напрямку осей X і Z,

Частина труби що обробляється консольно висувається з передньої опори, зрозуміло, що довжина висування є обмеженою тому що під своєю вагою заготовка може деформуватися або відламатися. По такій схемі працює більшість сучасних верстатів по обробці профільного прокату як плазмного так і лазерного різання. Розглянемо переваги і недоліки такої конструкції

Переваги:

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

Недоліки:

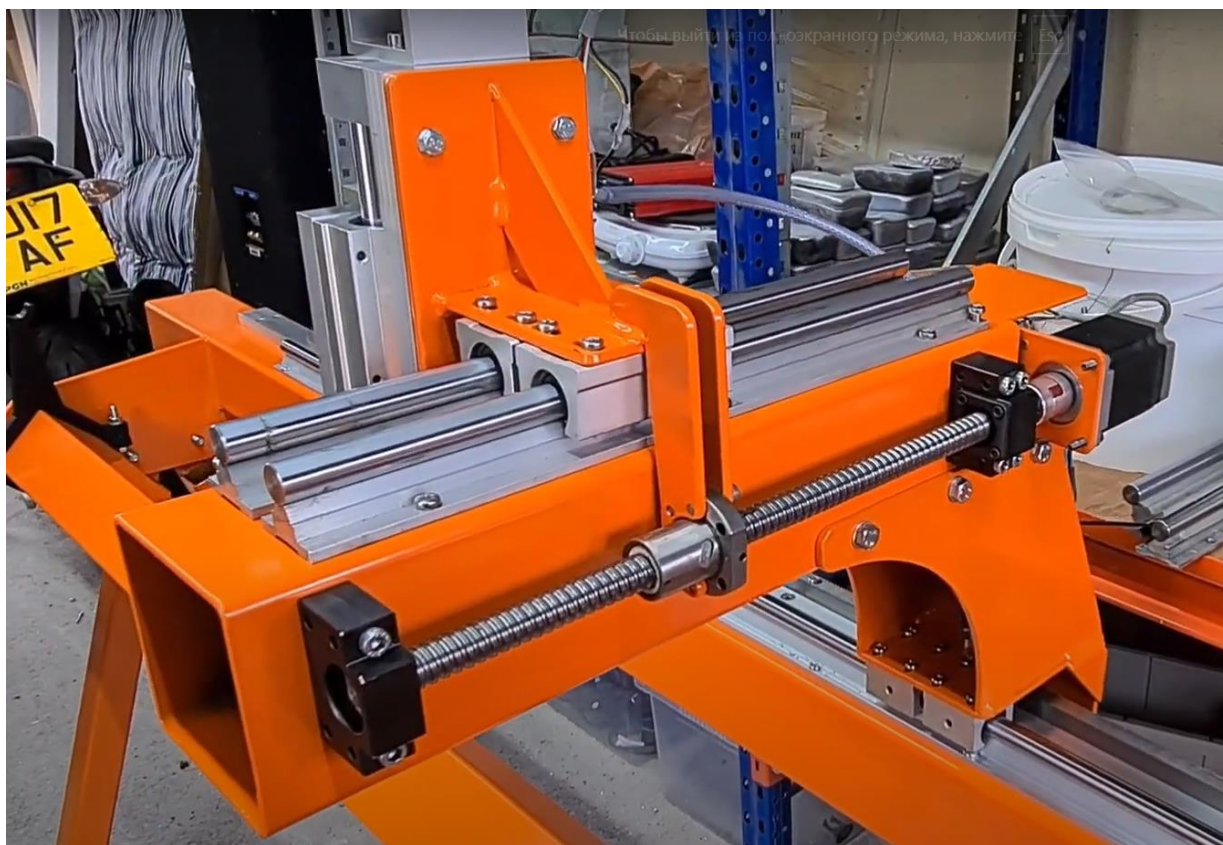
- Різання відносно не великих деталей (тобто деталі обмежені по своїй довжині і масі)
- Висока складність і як, наслідок висока вартість верстату такої конструкції

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.2 Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда (Rob Broomfield)



а



б

а – верстат, б – каретка верстата

Рисунок 2.2 – Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

Труборіз з ЧПК Роба Брумфілда передбачає нерухоме розміщення заготовки що обробляється, відносно станини верстата. Плазмовий різак розміщений на рухомій каретці яка рухається відносно станини по трьох координатах – вздовж станини, в поперечному напрямку і ввєрх-вниз. Така конструкція дозволяє обробляти заготовки будь-якої довжини за рахунок відсутності консольного навантаження на заготовку.

Переваги:

- Жорстке і надійне розміщення заготовок будь-якої довжини

Недоліки:

- Відсутність обертання деталей
- Неможливо обробляти заготовки складної конфігурації

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

2.3. Верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4

Особливістю даного верстата є простота конструкції передньої опори, в якості якої використовується сталевий диск з вирізом, який відповідає профілю заготовки, що обробляється. Диск обертається на 4-ох 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 2.3 – Верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4

Переваги:

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

Недоліки:

- Відносно невисока точність позиціонування заготовки що обробляється
- Необхідність виготовлення передньої опори для кожного профілю прокату що обробляється

										Арк.
										22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

2.4. Верстат для обробки металу RIMKO Rotator серія “Barramundi” RA

В даному верстаті для нас цікавим є механізм обертання заготовки що обробляється. Заготовка кріпиться в двох опорах, які розміщені вздовж осі деталі і можуть обертатися. По зовнішньому периметру диска знаходиться зубчастий вінець. На опорі закріплений привід у вигляді електродвигуна з редуктором на вихідному валу якого, закріплена зубчаста шестерня, яка входить в зачеплення з зубчастим вінцем опори.



Рисунок 2.4 – Верстат для обробки металу RIMKO Rotator “Barramundi” RA

Переваги:

- Висока точність позиціонування заготовки
- Можливість закріплення широкого діапазону заготовок з різними профілями і розмірами

Недоліки:

- Складність конструкції опор

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ				

Огляд конструкцій верстату плазмового різання профільного прокату представлено на аркуші 1.

Висновок:

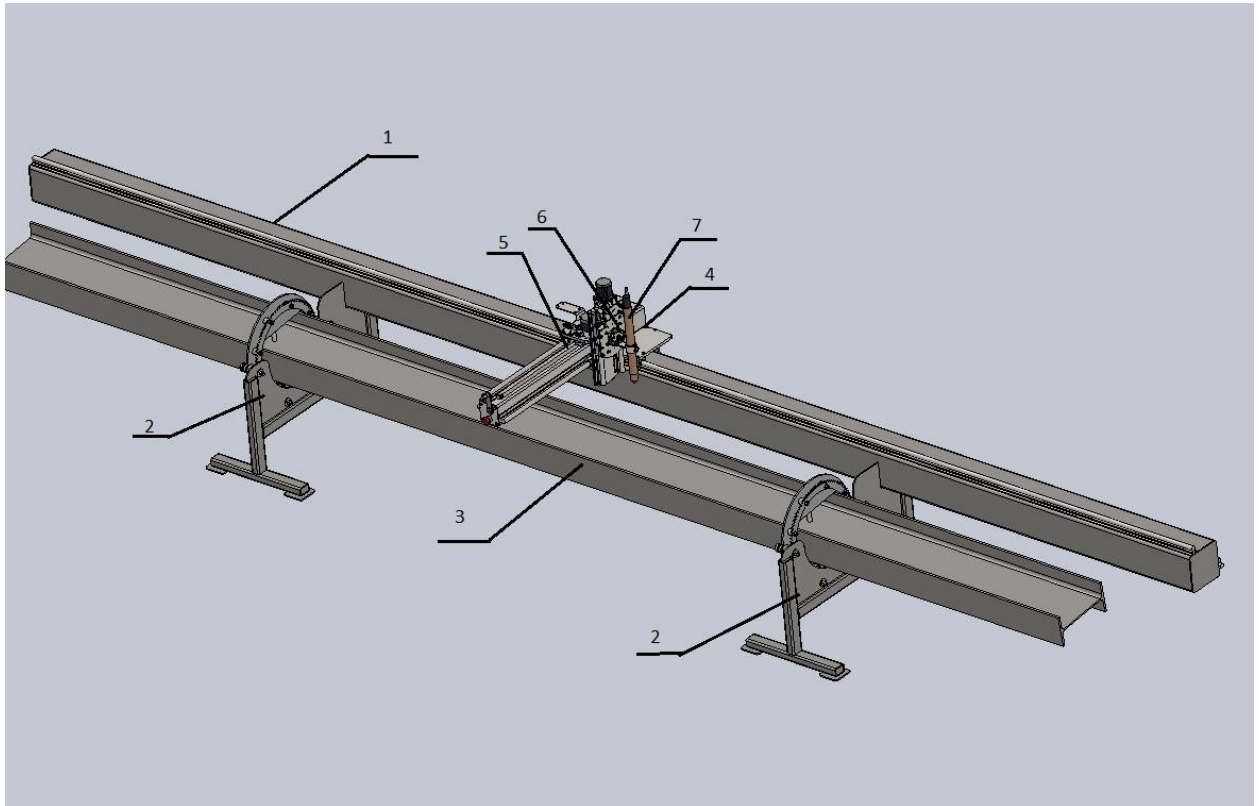
Після аналізу вище згаданих конструкцій я вирішив взяти декілька ідей. Використати принцип позиціонування заготовки як у верстату RUBIOS CNC Rotary D4, проте заготовку розміщувати в двох опорах з механізмом примусового обертання як у верстату RIMKO Rotator “Barramundi” RA. Каретку з плазмовим різакром позиціонувати як у верстаті Роба Брумфілда – по трьох координатах (вздовж станини, в поперечному напрямку і вверх-вниз). Такі рішення дозволять обробляти заготовки великої маси і габаритів.

Систему переміщення каретки буде розробляти в своїй бакалаврській роботі мій колега студент групи ПМ-22-1К Назарій Добровольський. Я в своїй роботі спроектую механізм обертання заготовки вздовж 4-ої осі. Його компоновку розглянемо в наступному розділі.

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

3.Компоновка конструкції 4-ої осі

Враховуючи висновок попереднього розділу була розроблена конструкція верстату плазмового різання профільного прокату.



1 – станина, 2 – опори-обертачі, 3 – заготовка, 4 - каретка Y,
5 - каретка X, 6 - каретка Z, 7 - плазмовий різак

Рисунок 3.1 - Верстат плазмового різання профільного прокату

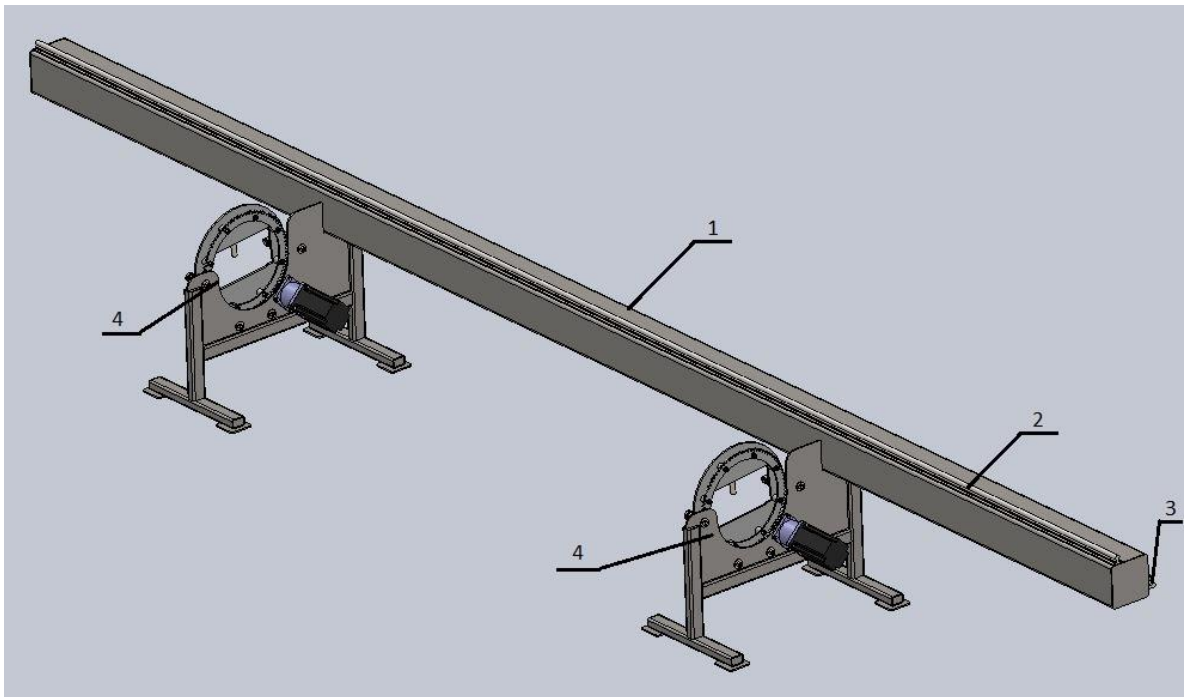
Його загальний вигляд представлений на рисунку 3.1. Основу верстату складає станина 1, яка розміщена на двох опорах-обертачах 2. В опорах кріпиться заготовка 3, яка має можливість обертатися навколо своєї осі. Вдovж станини рухається каретка Y (поз. 4) на якій рухається каретка X (поз. 5) з кареткою Z (поз. 6). Каретка Z рухається ввeрх-вниз, на ній розміщений плазмовий різак 7

Конструкція каретки Z і каретки X не розроблялася, так як була використана конструкція з верстату плазмового різання Навчально-наукового центру професійної підготовки і практики.

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ				

Конструкцію каретки Y розробив мій колега студент групи ПМ-22-1К Добровольський Назарій.

Мною була спроектована станина верстату з опорами-обертачами (рис. 3.2). Основою станини верстату є квадратна труба 180x180x6 мм довжиною 6.5 метрів (поз. 1). На трубі розміщені дві лінійні напрямні 2 з зубчастою рейкою 3, що забезпечують лінійне переміщення каретки Y. Заготовка базується в двох опорах-обертачах (поз.4). Креслення станини верстату з опорами-обертачами представлено на аркуші 2.



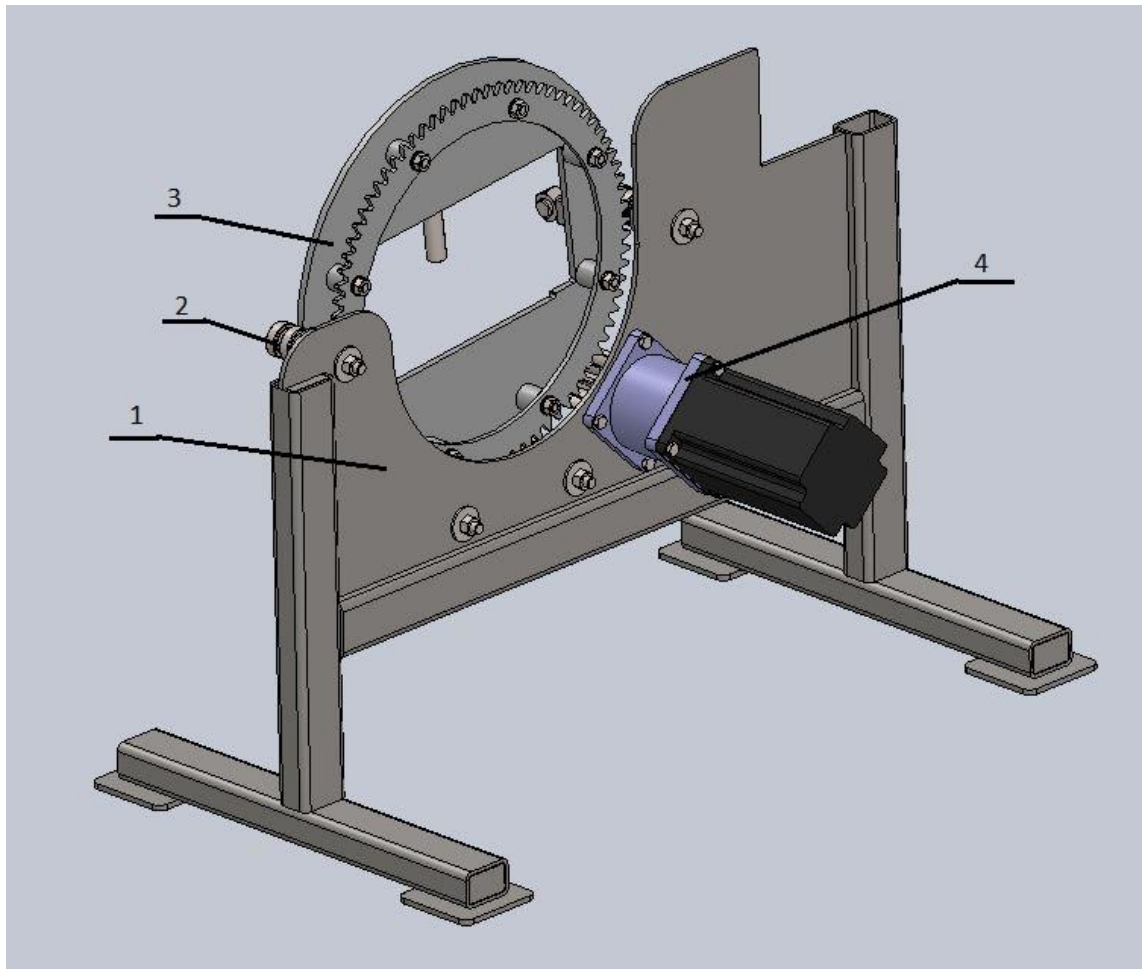
1 – квадратна труба, 2 – лінійні напрямні, 3 – зубчаста рейка, 4 – опори-обертачі

Рисунок 3.2 – Станина верстату з опорами-обертачами

Опора-обертач представлена на рисунку 3.3. Корпус опори 1 виконаний у вигляді зварної конструкції. До пластини по контуру, для більшої жорсткості приварений трубчастий каркас з ніжками. До корпусу кріпляться підшипникові опори 2, на яких обертається позиціонер 3. Обертання

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

здійснюється за рахунок приводу 4. Креслення опори-обертача представлено на аркуші 3.



1 – корпус опори, 2 – підшипникові опори, 3 – позиціонер, 4 – привід

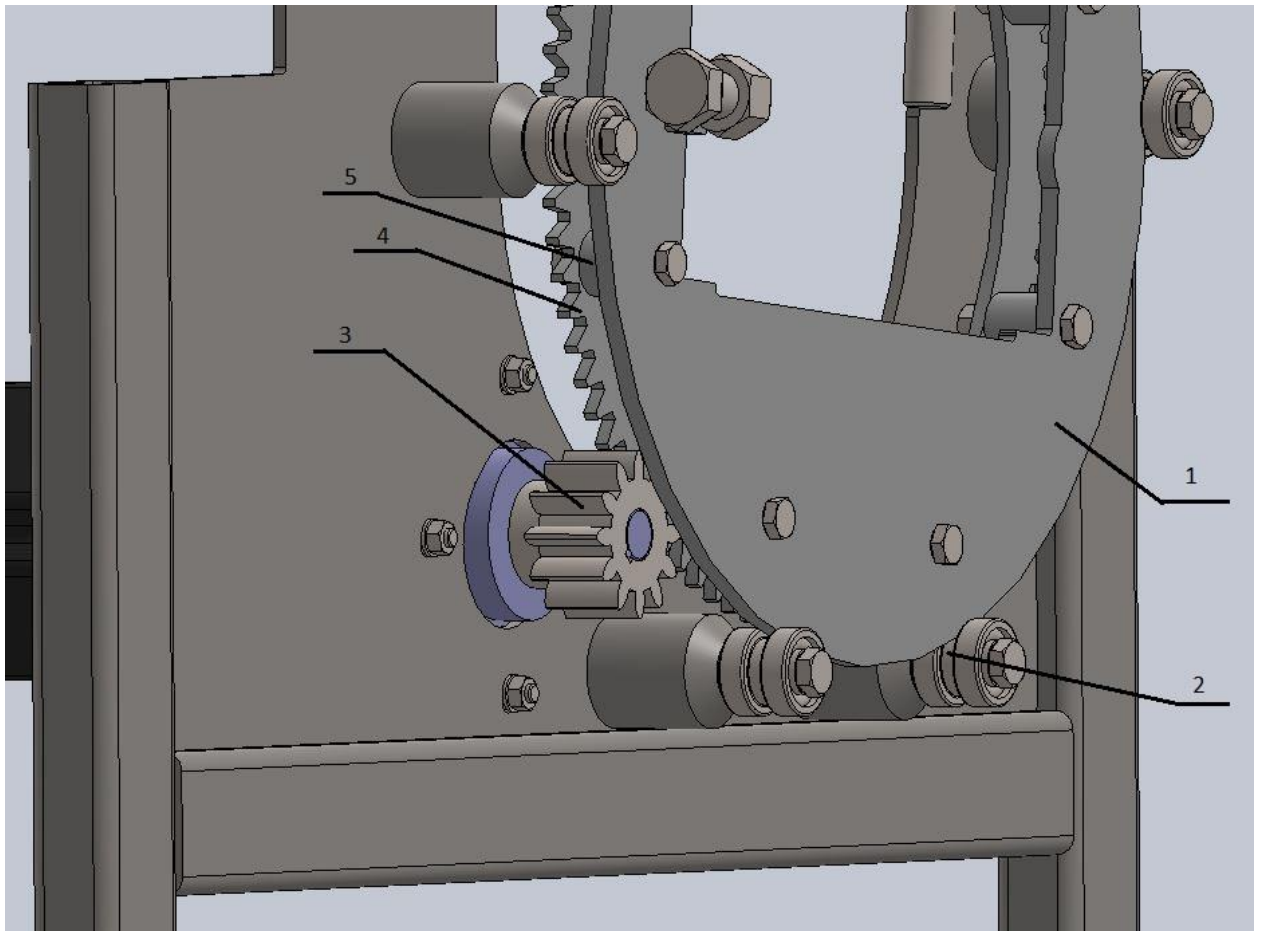
Рисунок 3.3 – Опора-обертач

Конструкція приводу більш детально представлена на рисунку 3.4. Позиціонер заготовки виконаний у вигляді сталюого диска 1 з отвором певної конфігурації що відповідає профілю заготовки. Кріплення заготовки відбувається за рахунок механізму затиску, що також є індивідуальним.

Позиціонер обертається в чотирьох підшипникових опорах 2 які розміщені в нижній півсфері опори-обертача. Кожна з підшипникових опор виготовлена у вигляді циліндра з канавкою, в канавку входить диск позиціонера і фіксується в осьовому напрямку, тобто він може тільки обертатися і не може рухатися вперед-назад, вбік, тощо. Обертаний рух

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ				

позиціонера здійснюється за рахунок зубчастої пари у вигляді шестерні 3 закріпленої на валу приводу і зубчастого вінця 4 закріпленого на восьми опорах 5 вздовж периметру позиціонера.



1 – позиціонер, 2 – підшипникові опори, 3 – зубчата шестерня, 4 – зубчастий вінець, 5 – опори

Рисунок 3.4 – Привід позиціонера опори-обертача

Така конструкція приводу 4-ої осі верстату дозволяє закріплювати заготовки з великою масою наприклад: двотаври, швелери, тощо. Спочатку майбутня заготовка піднімається за допомогою вантажопідіймального пристрою, далі на неї встановлюється два позиціонери і вся конструкція подається зверху у напрямку станини верстата. У процесі опускання працівники коректують положення позиціонерів таким чином щоб вони опустилися в пази підшипникових опор. За рахунок своєї маси заготовка з

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

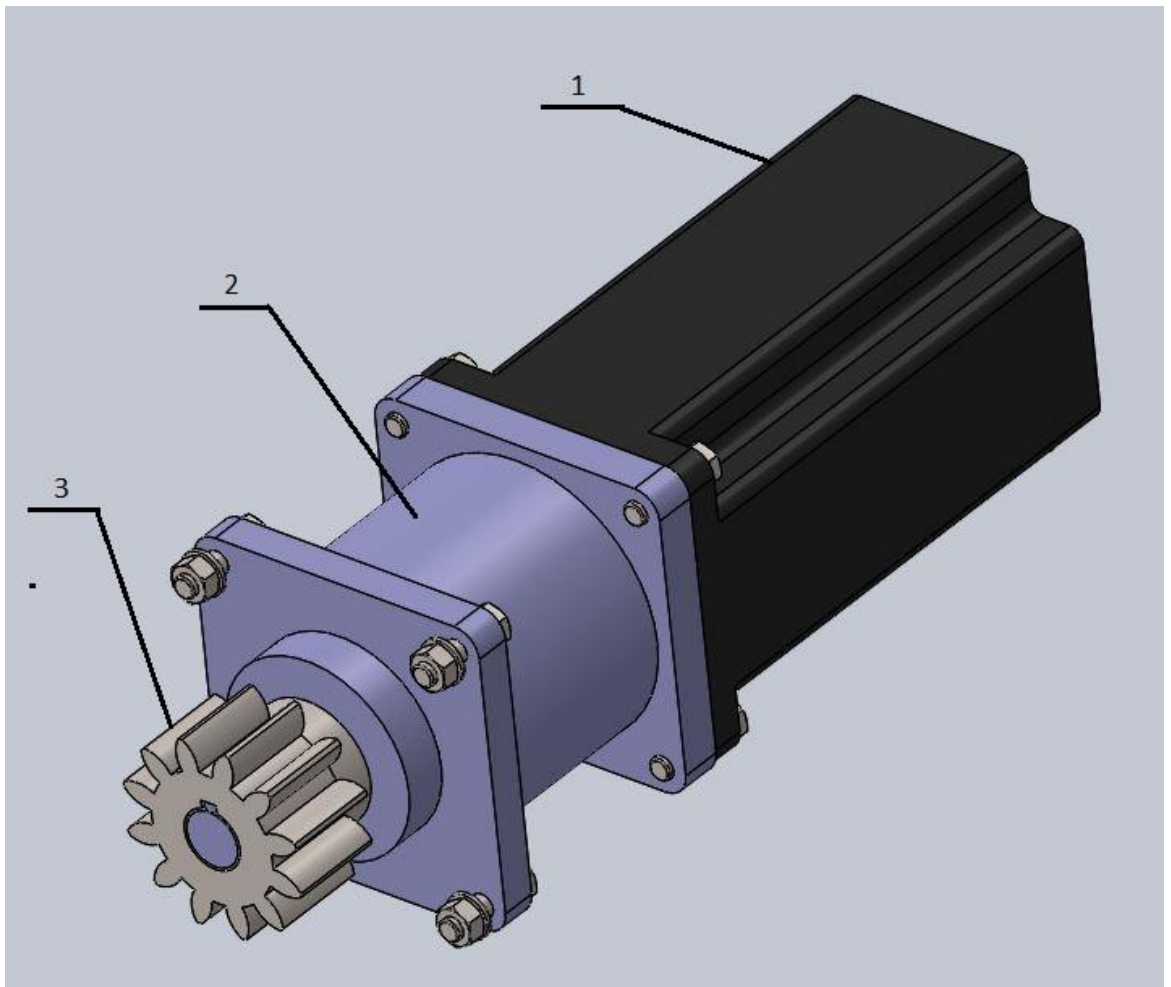
Арк.

28

позиціонерами надійно встановлюється на опори. Зубчастий вінець при цьому входить в зачеплення з шестернею приводу.

Після закінчення обробки відбувається зворотній процес, за рахунок вантажопідіймального пристрою, підіймаємо заготовку з позиціонерами вгору.

Привід позиціонера представлений на рисунку 3.5. Він складається з осьового крокового двигуна 1, планетарного редуктора 2 і шестерні 3 одітої на його вал.



1 – Кроковий двигун, 2 – планетарний редуктор, 3 – зубчаста шестерня

Рис 4.5 – Привід позиціонера

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

29

4. Підбір комплектуючих для конструкції 4-ої осі

4.1. Моделювання крокового двигуна

Для верстату необхідно обрати двигун. Я вирішив обрати кроковий двигун який є дешевшим чим серводвигун. Обираю кроковий двигун 110BYG250D-19 (рис 4.1.1)



Рисунок 4.1.1. - Кроковий двигун 110BYG250D-19

Кроковий двигун—електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається неперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.

Кут повороту двигуна під впливом одного імпульсу може мати різні значення, залежні від конструкції двигуна, — як правило це значення в діапазоні від декількох градусів до декілька десятків градусів. Крокові двигуни, залежно від призначення пристосовані до виконання від частки оберту на хвилину, до декількох тисяч обертів на хвилину.

Переваги і недоліки крокового двигуна:

Переваги 110BYG250D-19:

- Високий момент утримання
- Можливість задавати потрібний кут повороту валу двигуна
- Можливість фіксування становище ротора струмом утримання

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ				

- Висока точність кроку
- Висока швидкість старту, зупинки та зміни напрямки обертання
- Не вимагає зворотного зв'язку для точного позиціонування
- Низька ціна (у порівнянні з серводвигунами)
- Висока надійність і тривалий термін служби

Недоліки 110BYG250D-19:

- Значні втрати моменту на високих швидкостях
- Є можливість пропуску кроків при перевантаженні
- Висока температура поверхні двигуна під час роботи

Основні характеристики:

- Кількість фаз: 2
- Струм: 7.0 А
- Момент утримання: 22.0 Нм
- Кутовий крок: 1.8° (200 крок/об)
- Точність кроку: 5%
- Швидкість обертання: залежить від драйвера (середнє значення 700-800 об/хв)
- Опір фази: 0.95 Ом
- Індуктивність фази: 7.7 мГн
- Інерція ротора: 18.3 кг см²
- Опір ізоляції: 100 МОм (500 V DC)
- Рекомендована напруга драйвера: 220 V AC
- Кількість виводів: 4
- Клас ізоляції: В
- Довжина дроту: ~3 м
- Переріз кабелю: 1 мм²
- Робоча температура двигуна: 0...+80 °С
- Температура навколишнього середовища: -20...+50 °С

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

4.2. Моделювання редуктора.

У своєму верстаті я вибрав редуктор планетарний PX110N010SO (1:10) для крокового двигуна 110 мм. (рис 4.2.1)



Рисунок 4.2.1. - Редуктор планетарний PX110N010SO

Планетарний (диференціальний) редуктор PX110N010SO - це механізм, який шляхом планетарної передачі передає і перетворює крутний момент. Маючи високу жорсткість на скручування, редуктор такого типу може передавати великий обертальний момент, вхідний і вихідний вали при цьому співвісні. В даному редукторі використовуються потовщені зубчасті колеса і шліфовані високоточні високоміцні підшипники. Але через те, що серія PX належать до бюджетного сегмента редукторів вона має один істотний мінус - великий люфт, тому використовувати редуктор даної моделі прецизійному обладнанню не рекомендується. PX110N010SO призначений для крокових двигунів з фланцем 110 мм і валом 19 мм (при необхідності, можна використовувати перехідні втулки під вал).

Переваги і недоліки планетарного редуктора:

Переваги:

- Великий обертальний момент
- Висока жорсткість на скручування
- Високий ККД
- Співвісність вхідного і вихідного валів
- Низький рівень шуму

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- Тривалий термін служби

Недоліки:

- Відносно великий люфт

Основні характеристики:

- Ступені редукції: 2
- Передавальне відношення (коефіцієнт зменшення): 1:10
- Номінальний вихідний крутний момент 140 Нм
- Максимальний вихідний крутний момент 170 Нм
- Номінальна вхідна швидкість: 3000 об/хв
- Люфт: ≤ 22 arcmin
- Шум: ≤ 60 дБ
- Ефективність: 86%
- Клас захисту: IP65
- Тривалість життя: ≈ 20000 годин

Габарити редуктора:

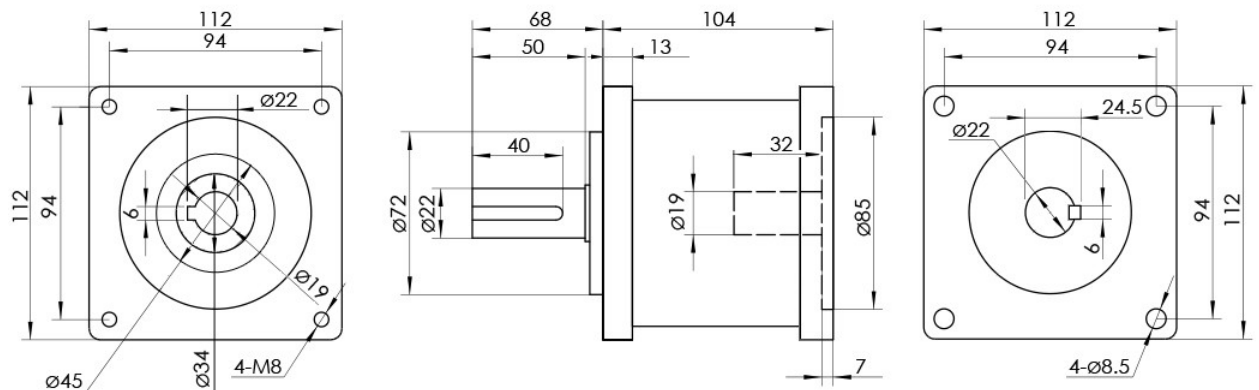


Рисунок 4.2. - Креслення редуктора планетарного PX110N010SO

У спроектованому верстаті використовуємо редуктор планетарний PX110N010SO (рис 4.3.3).

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4.3. Моделювання зубчастої шестерні.

У своєму верстаті я вирішив вибрати зубчасту шестерню з серцевиною РМ32012.



Рисунок 4.3.1 – Зубчаста шестерня РМ32012

У спроектованому верстаті використовуємо зубчасту шестерню РМ32012 яка має модуль (М5), кількість зубів дорівнює 12. (рис. 4.3.2)

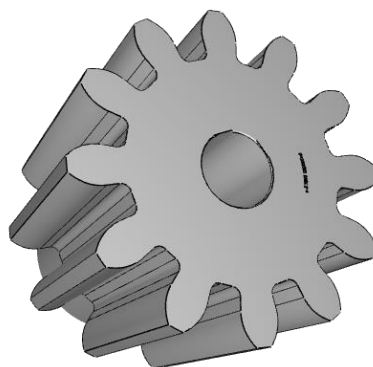


Рисунок 4.3.2. – Тривимірна модель зубчастої шестерні РМ32012 (М5)

Таким чином я вибрав всі стандартні комплектуючі для верстата а саме:

- 1- Зубчаста шестерня РМ32012
- 2- Редуктор планетарний РХ110N010SO
- 3- Кроковий двигун 110BYG250D-19

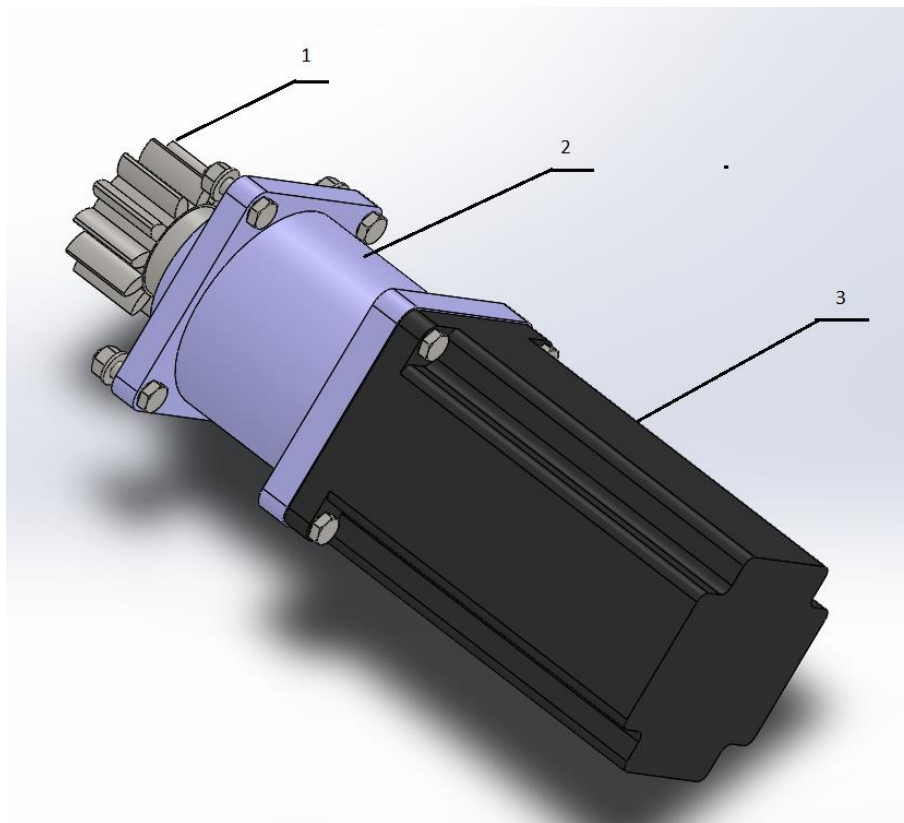


Рисунок 4.3.3. - Тривимірний модель стандартних комплектуючих виконана в середовищі CAD SolidWorks

Загальне моделювання верстата здійснюємо в середовищі CAD SolidWorks. Креслення верстату представлено на аркуші 4.

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 1 — Номінальні розміри та довідкові параметри двотаврів

Номер двотавра	Розміри, мм						Площа поперечного перерізу, см ²	Маса 1 м, кг	Довідкові значення для осей						
	h	b	s	t	R	r			X-X			Y-Y			
					не більше				I_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_{rx} , см ³	I_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

Примітка 1. Площа поперечного перерізу і маса 1 м двотавра обчислені за номінальними розмірами; густина сталі прийнята рівною 7,85 г/см³.
 Примітка 2. Ухил внутрішніх граней полиць двотаврів — від 6 % до 12 %.
 Примітка 3. Величини радіусів заокруглення, товщини полиць та ухилу внутрішніх граней полиць вказані в таблиці 1, наведено для побудови калібрів і на готовому прокаті їх не контролюють.

ДСТУ 8768:2018

6

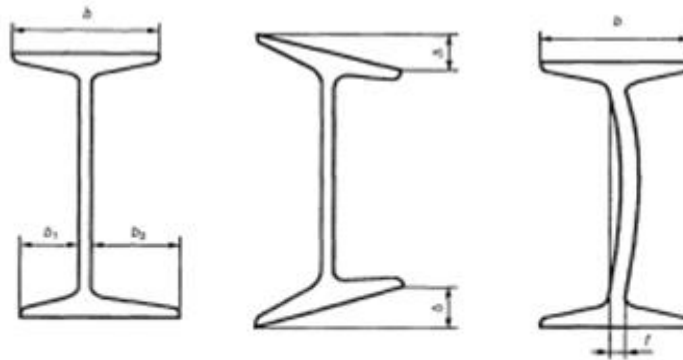
Рисунок 5.2 - Номінальні розміри та довідкові параметри двотаврів
 Але на практиці реальний профіль двотавра має певні відхилення, ці відхилення також визначаються вище заданим стандартом (рис. 5.3).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

38



Указні позначки:
 b_1 — ширина укороченого фланця;
 b_2 — ширина подовженого фланця;
 b — переки голця;
 t — утол стени.

Рисунок 2 — Відхилення за розмірами та формою поперечного перерізу двотавра

Таблиця 2 — Розміри, граничні відхилення за розмірами та формою поперечного перерізу двотавра

Параметр двотавра, позначки місця	Розмір	Граничні відхилення за точністю виготовлення	
		б	в
Висота h	До 140 вкл.	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$
	Понад 140 до 180 вкл.	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
	Від 180 до 300 вкл.	$\pm 3,0$	$\pm 3,0$
	Понад 300 до 360 вкл.	$\pm 3,5$	$\pm 3,5$
	$\times 360 \times 600 \times$	$\pm 4,0$	$\pm 4,0$
Ширина голця b	До 75 вкл.	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$
	Понад 75 до 90 вкл.	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
	$\times 90 \times 135 \times$	$\pm 3,0$	$\pm 3,0$
	$\times 135 \times 155 \times$	$\pm 3,5$	$\pm 3,5$
	Понад 155	$\pm 4,0$	$\pm 4,0$
Товщина голця t	До 7,5 вкл.	-0,4	-0,7
	Понад 7,5 до 8,9 вкл.	-0,5	-0,7
	$\times 8,9 \times 10,7 \times$	-0,6	-0,8
	Понад 10,7 до 12,3 вкл.	-0,7	-1,0
	$\times 12,3 \times 14,2 \times$	-0,8	-1,0
	$\times 14,2 \times 15,2 \times$	-0,9	-1,0
	Понад 15,2	-1,0	-1,2

У міліметрах

Параметр двотавра, позначки місця	Розмір	Граничні відхилення за точністю виготовлення	
		б	в
Переки голця δ за шириною b	Від 55 до 190 вкл.	Не більше ніж 0,0125 b	Не більше ніж 0,02 b
Відхилення від симетричності $\delta = \frac{b_1 - b_2}{2}$ за шириною b	До 75 вкл.	2,0	2,0
	Понад 75 до 90 вкл.	2,5	2,5
	$\times 90 \times 135 \times$	3,0	3,0
	Понад 135 до 145 вкл.	3,5	3,5
	Понад 145	4,0	4,0
Довжина	До 8 м вкл.	± 40	± 40
	Понад 8 м	До допуску ± 40 додавати по 3 мм на кожний метр довжини понад 8 м	± 80

* Поздовжні відхилення обмежують граничними відхиленнями за масою.

Рисунок 5.3 - Граничні відхилення параметрів двотавра

Враховуючи ці відхилення необхідно спроектувати опору двотавра так щоб в будь-якому випадку позиціонування заготовки було максимально визначеним відносно системи координат верстата. На рис. 5.4 розглянемо сумарну похибку профіля.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

39

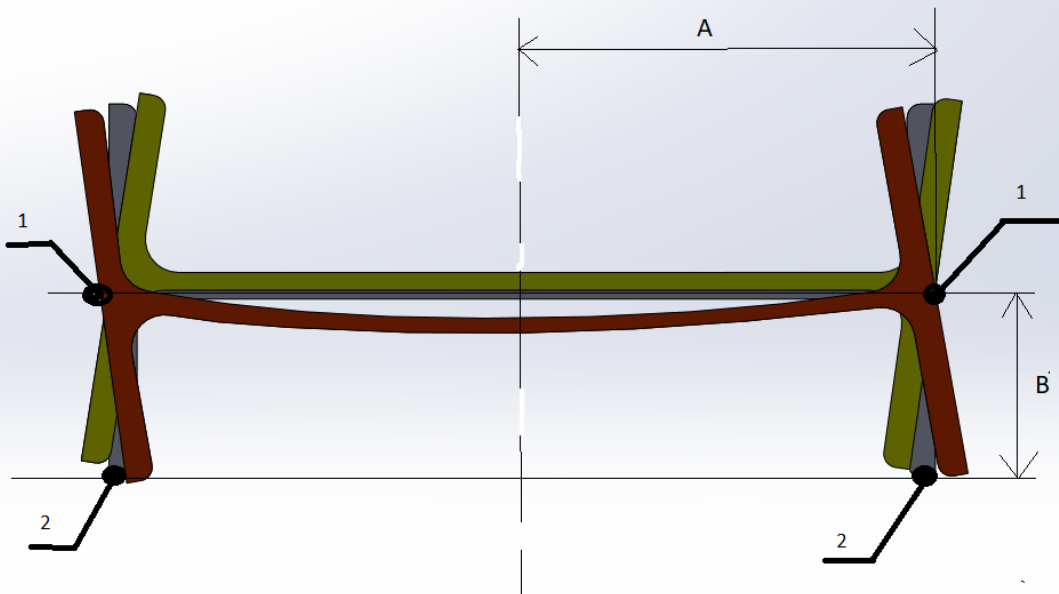


Рисунок 5.4 – Сумарна похибка профілю двотавра

Неважко побачити що найбільш визначеними є точки 1 для розміру А, і точки 2 для розміру В. Саме їх використаємо для позиціювання двотавра в опорі верстата. Конструкція опори представлена на рис. 5.5

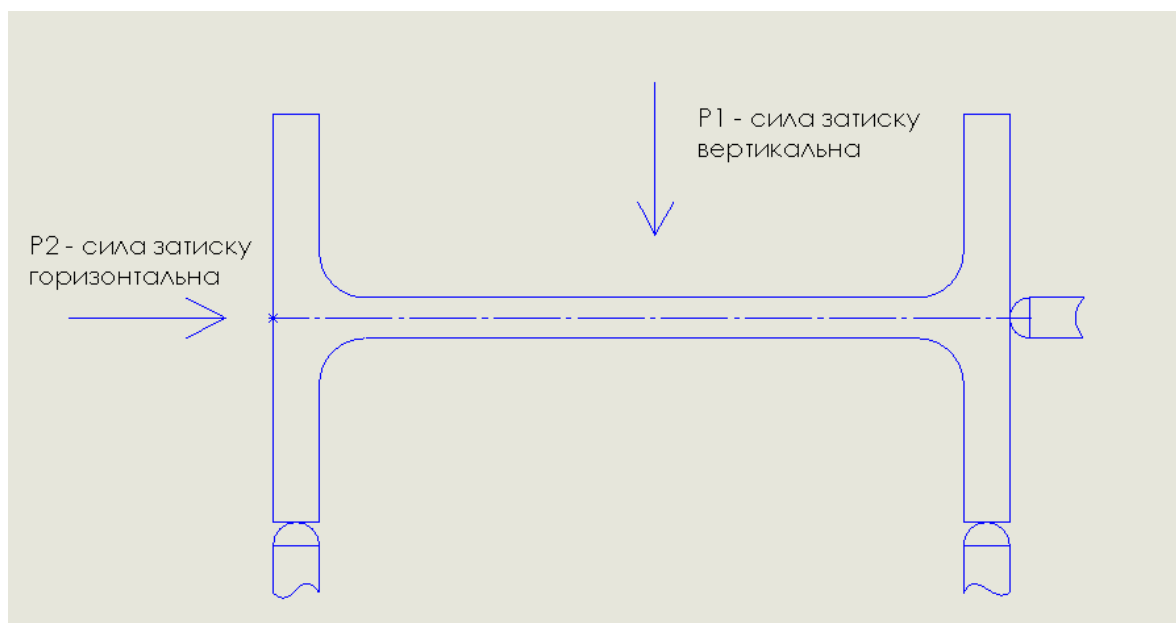


Рисунок 5.5 - Конструкція опори двотавра

В опорі двотавр необхідно розміщувати з врахуванням його центру ваги, тобто вісь обертання двотавра повинна проходити через перетин осей x-x і у-у (рис. 5.6).

Позиціонер для двотавра представлений на рис. 5.6. а на рис. 5.7 представлений двотавр 30 затиснутий в двох позиціонерах для подальшої установки на верстаті. Креслення позиціонера для двотавра представлено на аркуші 5.

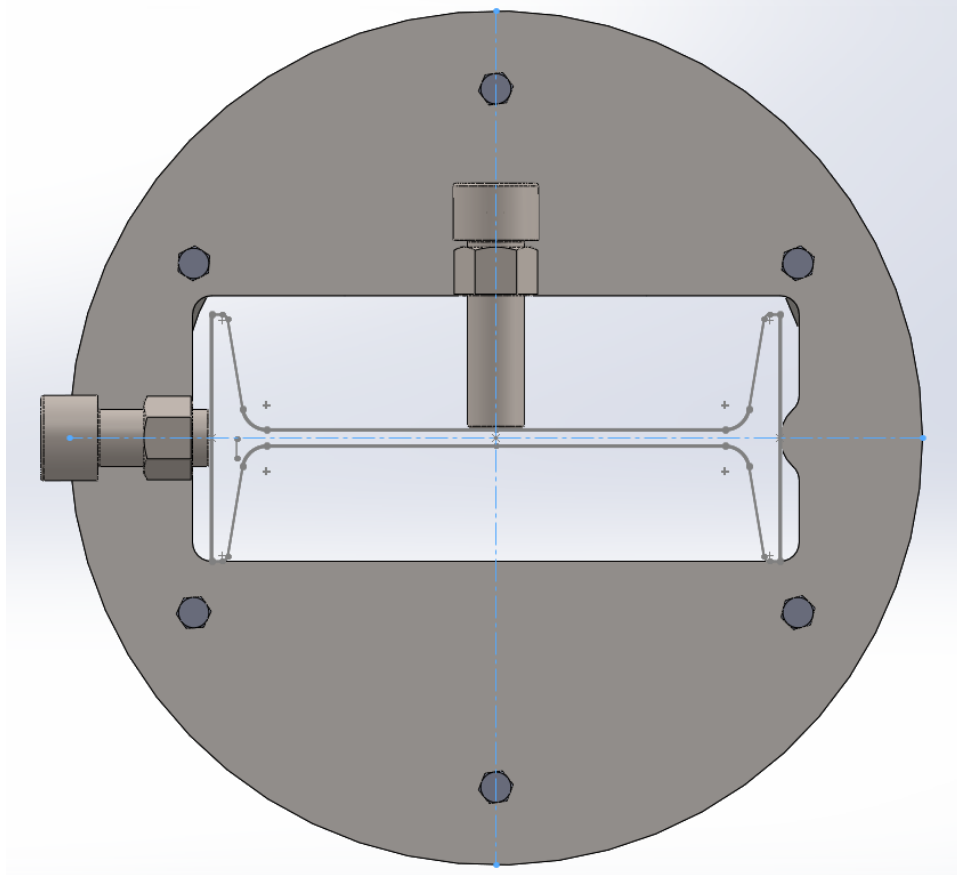


Рисунок 5.6 – Позиціонер для двотавра

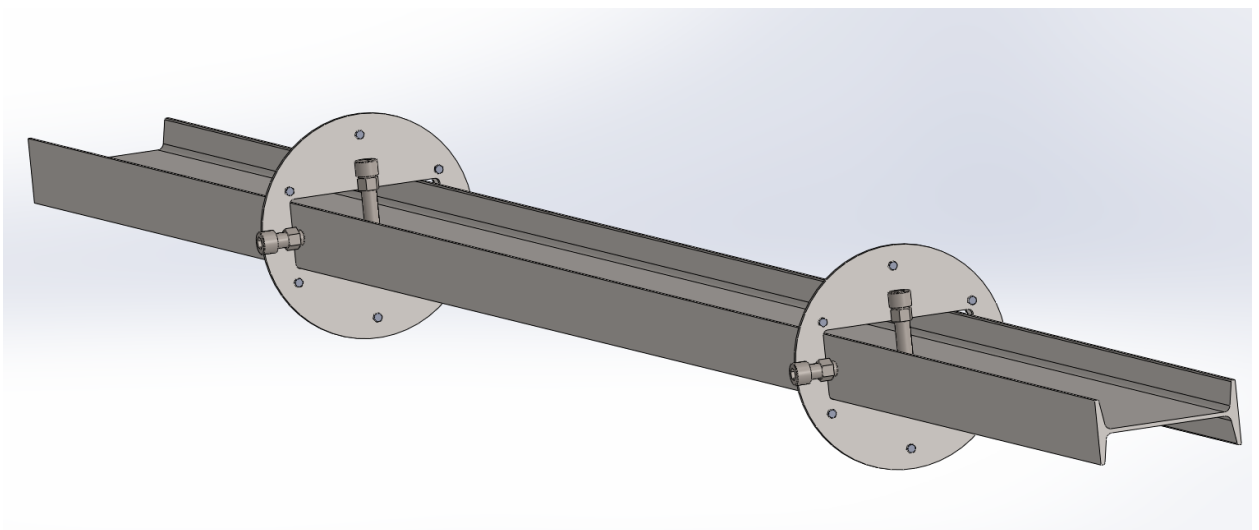


Рисунок 5.7 – Двотавр на двох Позиціонер

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

5.2. Проектування опори для швелера

Параметри швелерів визначаються ДСТУ 3436-96 (ГОСТ 8240-97) (рис 5.8-5.10).

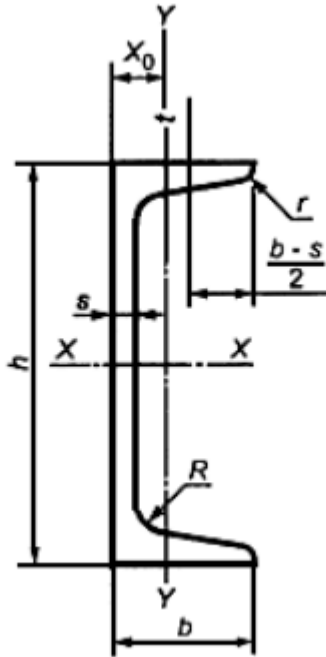


Рисунок 5.8 – Поперечний переріз швелера

Таблиця 1 — Швеллери с уклоном внутренних граней полок

Номер швеллера серии у	h	b	s	t	R		Площадь поперечного сечения F , см ²	Масса 1 м, кг	Справочные значения для осей							$X_{0'}$, см
					не более				X-X				Y-Y			
					мм				$i_{x'}$, см	$W_{x'}$, см ³	$S_{x'}$, см ³	$i_{y'}$, см	$W_{y'}$, см ³	$i_{r'}$, см		
5У	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16
6,5У	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51	5,90	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8У	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	23,30	12,80	4,75	1,19	1,31
10У	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,90	8,59	174,0	34,8	3,99	20,40	20,40	6,46	1,37	1,44
12У	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,30	10,40	304,0	50,6	4,78	29,60	31,20	8,52	1,53	1,54
14У	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,60	12,30	491,0	70,2	5,60	40,80	45,40	11,00	1,70	1,67
16У	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,10	14,20	747,0	93,4	6,42	54,10	63,30	13,80	1,87	1,80
16аУ	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,50	15,30	823,0	103,0	6,49	59,40	78,80	16,40	2,01	2,00
18У	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,70	16,30	1090,0	121,0	7,24	69,80	86,00	17,00	2,04	1,94
18аУ	180	74	5,1	9,3	9,0	3,5	22,20	17,40	1190,0	132,0	7,32	76,10	105,00	20,00	2,18	2,13
20У	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	18,40	1520,0	152,0	8,07	87,80	113,00	20,50	2,20	2,07
22У	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	21,00	2110,0	192,0	8,89	110,00	151,00	25,10	2,37	2,21
24У	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	24,00	2900,0	242,0	9,73	139,00	208,00	31,60	2,60	2,42
27У	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	27,70	4160,0	308,0	10,90	178,00	262,00	37,30	2,73	2,47
30У	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	31,80	5810,0	387,0	12,00	224,00	327,00	43,60	2,84	2,52
33У	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0	46,50	36,50	7980,0	484,0	13,10	281,00	410,00	51,80	2,97	2,59
36У	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0	53,40	41,90	10820,0	601,0	14,20	350,00	513,00	61,70	3,10	2,68
40У	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,50	48,30	15220,0	761,0	15,70	444,00	642,00	73,40	3,23	2,75

ГОСТ 8240-97

Рисунок 5.7 - Швеллери з ухилом внутрішніх граней полиць

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

42

Таблица 2 — Швеллеры с параллельными гранями полок

Номер швеллера серии П	h	b	s	t	R	r	Площадь поперечного сечения F, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные значения для осей								X ₀ , см				
									не более				X-X					Y-Y			
									мм									I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³
5П	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,61	5,95	2,99	0,98	1,21					
6,5П	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90	48,8	15,0	2,55	9,02	9,35	4,06	1,12	1,29					
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05	89,8	22,5	3,16	13,30	13,90	3,31	1,24	1,38					
10П	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59	175,0	34,9	3,99	20,50	22,60	7,37	1,44	1,53					
12П	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40	305,0	50,8	4,79	29,70	34,90	9,84	1,62	1,66					
14П	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30	493,0	70,4	5,61	40,90	51,50	12,90	1,81	1,82					
16П	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20	750,0	93,8	6,44	54,30	72,80	16,40	2,00	1,97					
16аП	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30	827,0	103,0	6,51	59,50	90,50	19,60	2,15	2,19					
18П	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30	1090,0	121,0	7,26	70,00	100,00	20,60	2,20	2,14					
18аП	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40	1200,0	133,0	7,34	76,30	123,00	24,30	2,35	2,36					
20П	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40	1530,0	153,0	8,08	88,00	134,00	25,20	2,39	2,30					
22П	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00	2120,0	193,0	8,90	111,00	178,00	31,00	2,58	2,47					
24П	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00	2910,0	243,0	9,75	139,00	248,00	39,50	2,85	2,72					
27П	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70	4180,0	310,0	10,90	178,00	314,00	46,70	2,99	2,78					
30П	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80	5830,0	389,0	12,00	224,00	393,00	54,80	3,12	2,83					
33П	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50	8010,0	486,0	13,10	281,00	491,00	64,60	3,25	2,90					
36П	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90	10850,0	603,0	14,30	350,00	611,00	76,30	3,38	2,99					
40П	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30	15260,0	763,0	15,80	445,00	760,00	89,90	3,51	3,05					

ГОСТ 824

Рисунок 5.9 - Швеллери з паралельними гранями полиць

Проте на практиці реальний профіль швелера має певні відхилення, ці відхилення також визначаються вище заданим стандартом (рис. 5.10).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

43

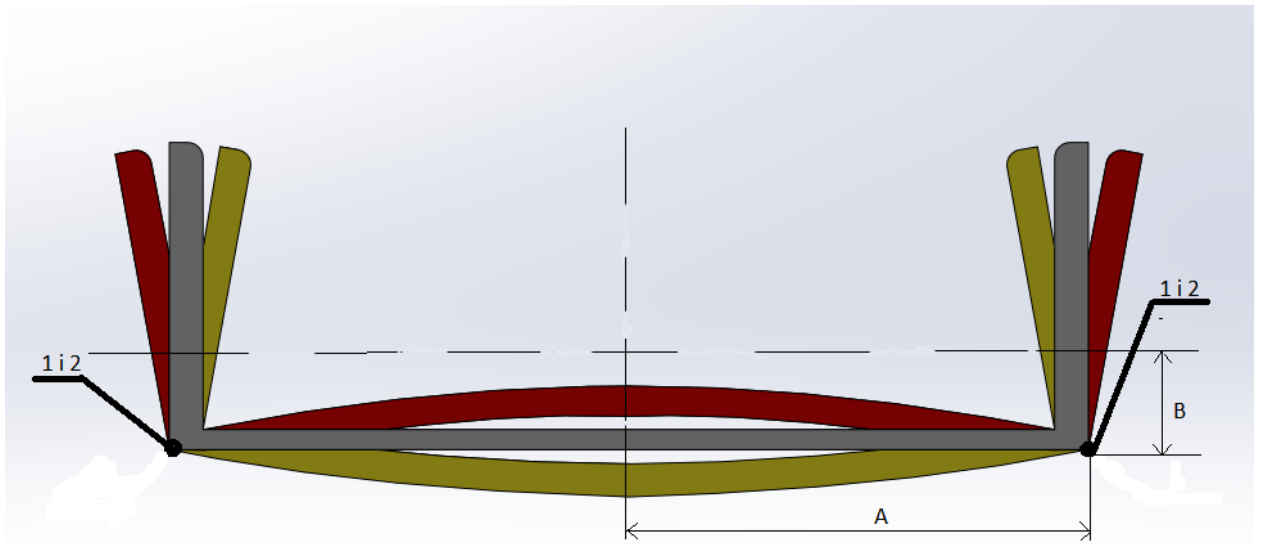


Рисунок 5.11 – Сумарна похибка профілю швелера

Неважко побачити що найбільш визначеними є точки 1 для розміру А, і точки 2 для розміру В. Ці точки зливаються для швелера. Проте їх реалізація на практиці буде відрізнятись. Точка 1 буде реалізовуватись опорою розміщеною збоку (рис. 5.12) а точки 2 будуть реалізовуватись опорами знизу (рис. 5.12).

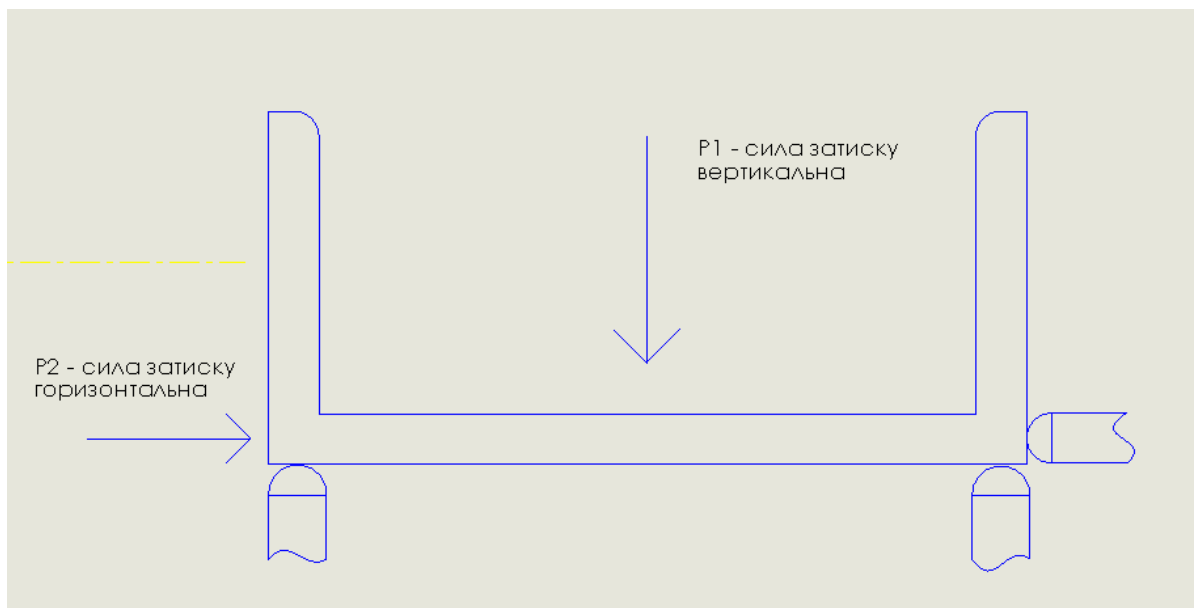


Рисунок 5.12 - Конструкція опори швелера

В опорі швелер необхідно розміщувати з врахуванням його центру ваги, тобто вісь обертання швелера повинна проходити через перетин осей x-x і у-у (рис. 5.13).

Позиціонер для швелера представлений на рис. 5.13. а на рис. 5.14 представлений швелер 30 затиснутий в двох позиціонерах для подальшої установки на верстаті. Креслення позиціонера для швелера представлено на аркуші 6.

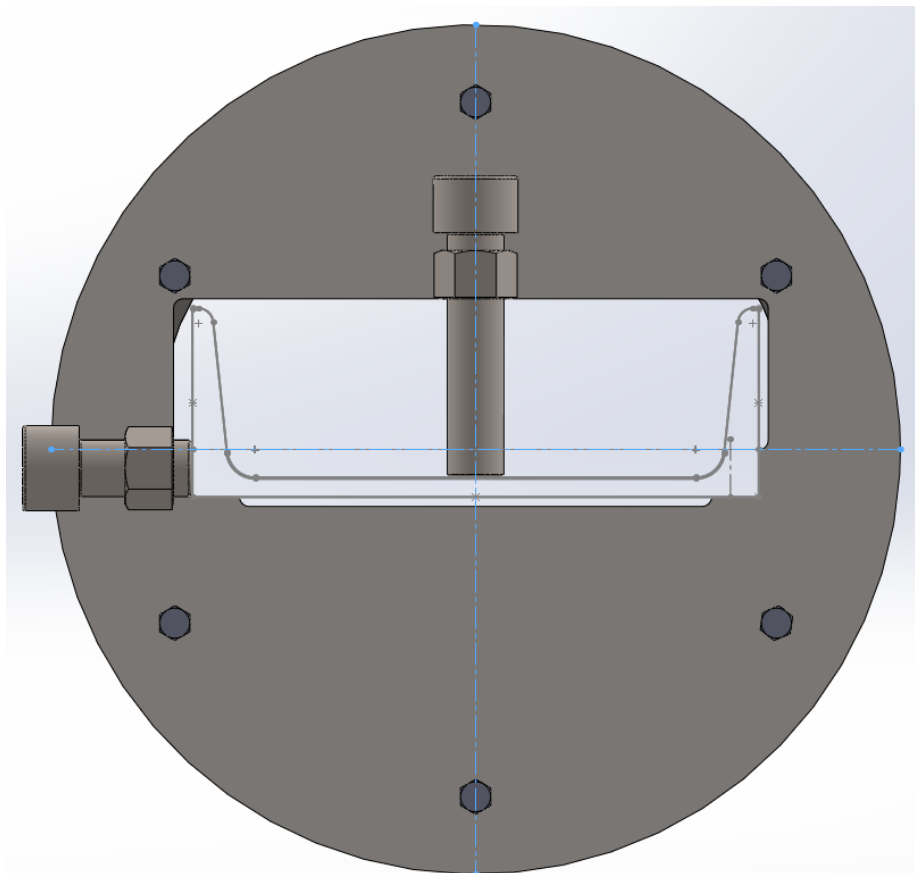


Рисунок 5.13 –Позиціонер для швелера

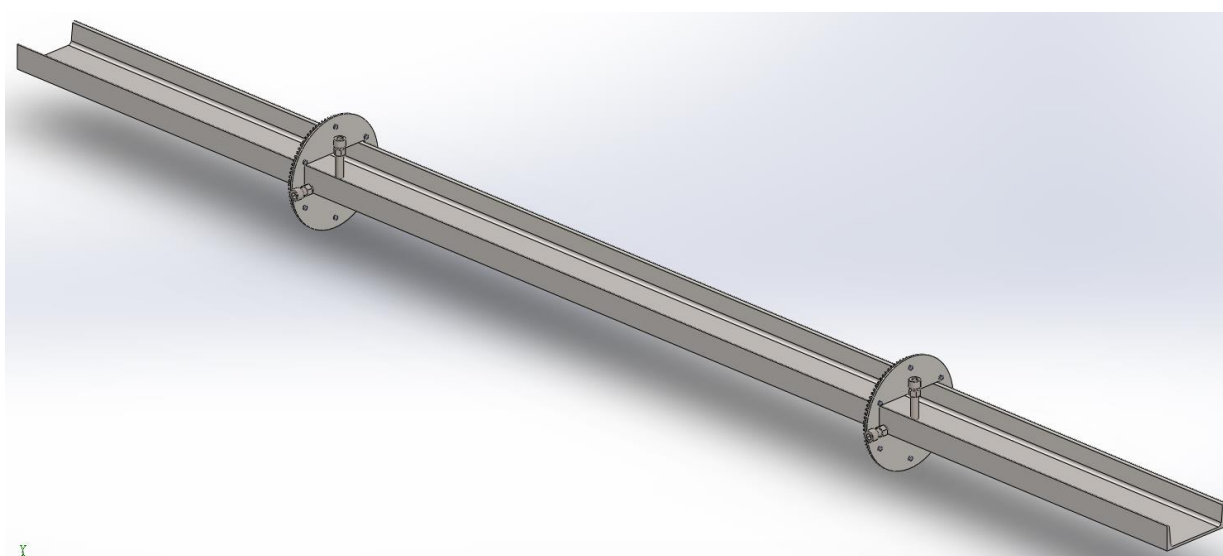


Рисунок 5.14 – Швелер на двох позиціонерах

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

70-70-4.5	70	4.5	8.0	2.7	6.20	29.04	5.87	2.18	48.03	2.72	12.04	4.53	1.39	17.00	1.88	4.87
70-70-5	70	5	8.0	2.7	6.88	31.94	6.27	2.18	50.67	2.72	13.22	4.92	1.39	18.70	1.90	5.38
70-75-6	70	6	8.0	2.7	8.15	37.56	7.43	2.15	58.64	2.71	15.52	5.06	1.38	22.10	1.94	6.38
70-75-7	70	7	8.0	2.7	9.42	42.98	8.57	2.14	68.19	2.69	17.77	5.21	1.37	25.20	1.99	7.38
70-75-8	70	8	8.0	2.7	10.67	48.15	9.68	2.12	78.35	2.68	19.97	5.39	1.37	28.30	2.02	8.37
75-75-6	75	5	9.0	3.0	7.39	39.53	7.21	2.21	62.65	2.91	16.41	5.74	1.49	23.10	2.02	5.80
75-75-6	75	6	9.0	3.0	8.78	46.57	8.57	2.30	73.67	2.90	19.28	6.02	1.48	27.30	2.06	6.59
75-75-7	75	7	9.0	3.0	10.15	53.34	9.89	2.29	84.61	2.88	22.07	7.43	1.47	31.20	2.10	7.96
75-75-8	75	8	9.0	3.0	11.50	59.84	11.18	2.28	94.69	2.87	24.80	8.16	1.47	35.00	2.15	9.02
75-75-9	75	9	9.0	3.0	12.83	66.10	12.43	2.27	104.72	2.86	27.48	8.91	1.46	38.60	2.18	10.07
75-75-10	75	10	9.0	3.0	14.13	72.11	13.66	2.26	114.13	2.84	30.09	9.57	1.46	42.02	2.22	11.10
80-80-5.5	80	5.5	9.0	3.0	8.63	52.66	9.03	2.47	83.58	3.11	21.80	7.10	1.59	30.90	2.17	6.78
80-80-6	80	6	9.0	3.0	9.38	56.97	9.80	2.47	90.40	3.11	23.54	7.60	1.58	33.40	2.19	7.36
80-80-7	80	7	9.0	3.0	10.85	63.31	11.32	2.46	103.60	3.08	26.87	8.55	1.58	36.30	2.23	8.51
80-80-8	80	8	9.0	3.0	12.30	73.36	12.80	2.44	116.39	3.06	30.32	9.46	1.57	43.00	2.27	9.65
90-90-6	90	6	10.0	3.3	10.81	82.10	12.49	2.79	130.00	3.50	33.97	9.88	1.79	48.10	2.43	8.33
90-90-7	90	7	10.0	3.3	12.28	94.30	14.45	2.77	149.67	3.49	38.94	11.15	1.78	55.40	2.47	9.64
90-90-8	90	8	10.0	3.3	13.93	109.11	16.36	2.76	168.42	3.48	43.80	12.34	1.77	62.30	2.51	10.93
90-90-9	90	9	10.0	3.3	15.60	118.00	18.26	2.75	185.00	3.46	48.60	13.48	1.77	68.00	2.55	12.20
90-90-10	90	10	10.0	3.3	17.17	128.6	20.07	2.74	203.96	3.45	53.23	14.61	1.76	73.37	2.59	13.48
100-100-6.5	100	6.5	12.0	4.0	12.82	122.10	16.69	3.09	193.46	3.89	50.73	13.38	1.99	71.40	2.68	10.06
100-100-7	100	7	12.0	4.0	13.75	130.99	17.90	3.09	207.01	3.88	54.16	14.13	1.98	76.40	2.71	10.79
100-100-8	100	8	12.0	4.0	15.80	147.19	20.30	3.07	233.46	3.87	60.92	15.66	1.98	86.30	2.75	12.25
100-100-9	100	9	12.0	4.0	17.43	163.31	22.95	3.06	259.13	3.86	67.93	17.03	1.97	94.80	2.79	13.68
100-100-10	100	10	12.0	4.0	19.24	179.85	24.97	3.05	293.83	3.84	74.98	18.51	1.96	110.00	2.83	15.00
100-100-11	100	11	12.0	4.0	21.03	194.15	27.24	3.04	307.85	3.83	80.44	19.79	1.96	113.71	2.87	16.51
100-100-12	100	12	12.0	4.0	22.80	208.90	29.47	3.03	330.95	3.81	88.94	21.10	1.95	122.00	2.91	17.90
100-100-13	100	13	12.0	4.0	24.55	223.23	31.67	3.02	363.41	3.79	90.04	22.29	1.95	130.19	2.95	19.27
100-100-14	100	14	12.0	4.0	26.28	237.15	33.83	3.00	374.96	3.78	96.32	23.49	1.94	138.00	2.99	20.63
100-100-15	100	15	12.0	4.0	27.99	250.85	35.95	2.99	395.94	3.76	105.41	24.63	1.94	145.26	3.03	21.97
100-100-16	100	16	12.0	4.0	29.68	263.82	38.04	2.98	416.04	3.74	111.61	25.79	1.94	152.00	3.06	23.30
110-110-7	110	7	12.0	4.0	15.75	175.81	21.83	3.40	278.54	4.29	72.88	17.36	2.19	105.00	2.96	11.89
110-110-8	110	8	12.0	4.0	17.20	188.17	24.77	3.39	314.61	4.27	81.63	19.23	2.18	118.00	3.03	13.29
120-120-8	120	8	14.0	4.6	19.89	259.31	29.58	3.71	411.31	4.67	107.41	23.49	2.38	151.90	3.23	14.82
120-120-9	120	9	14.0	4.6	21.12	268.36	33.06	3.69	457.52	4.65	119.20	25.71	2.38	169.16	3.28	16.58
120-120-10	120	10	14.0	4.6	23.33	316.70	36.49	3.68	502.59	4.64	130.80	27.85	2.37	185.90	3.32	18.31
120-120-11	120	11	14.0	4.6	25.52	344.34	39.88	3.67	548.46	4.63	142.23	29.91	2.36	202.12	3.36	20.03
120-120-12	120	12	14.0	4.6	27.89	371.31	43.19	3.66	589.13	4.61	153.49	31.90	2.35	217.82	3.40	21.74
125-125-8	125	8	14.0	4.6	19.69	294.36	32.20	3.67	496.76	4.67	121.98	26.67	2.49	172.00	3.36	15.40
125-125-9	125	9	14.0	4.6	22.00	327.48	36.00	3.66	529.00	4.66	135.88	28.26	2.48	182.00	3.40	17.20
125-125-10	125	10	14.0	4.6	24.33	359.82	39.74	3.65	571.04	4.64	148.59	30.45	2.47	211.00	3.46	19.10
125-125-12	125	12	14.0	4.6	28.89	422.23	47.06	3.62	676.02	4.62	174.43	34.94	2.46	248.00	3.53	22.64
125-125-14	125	14	14.0	4.6	33.37	481.76	54.17	3.60	763.90	4.78	199.62	39.10	2.45	283.00	3.61	26.30
125-125-16	125	16	14.0	4.6	37.77	538.96	61.09	3.78	862.64	4.75	224.29	43.10	2.44	315.00	3.68	29.85
130-130-8	130	8	14.0	4.6	20.49	332.48	34.90	4.03	627.38	5.07	137.48	27.92	2.59	194.95	3.48	16.58
130-130-9	130	9	14.0	4.6	22.92	369.98	39.06	4.02	683.28	5.06	152.69	30.61	2.58	217.30	3.53	17.99
130-130-10	130	10	14.0	4.6	25.33	406.88	43.13	4.01	746.72	5.05	167.65	33.21	2.57	239.03	3.57	19.88
130-130-11	130	11	14.0	4.6	27.72	442.55	47.14	4.00	792.71	5.03	182.38	36.71	2.56	260.15	3.61	21.76
130-130-12	130	12	14.0	4.6	30.09	447.81	51.08	3.98	794.28	5.02	196.92	38.13	2.56	290.66	3.65	23.62
130-130-13	130	13	14.0	4.6	32.44	511.87	54.99	3.97	812.47	5.00	211.28	40.46	2.55	300.00	3.69	25.46
130-130-14	130	14	14.0	4.6	34.77	547.37	58.84	3.96	865.28	4.99	225.46	42.73	2.54	319.81	3.73	27.34
130-130-15	130	15	14.0	4.6	37.08	578.12	62.64	3.95	916.75	4.97	239.49	44.92	2.54	338.63	3.77	29.11
130-130-16	130	16	14.0	4.6	39.37	610.14	66.38	3.94	966.89	4.96	253.40	47.05	2.54	366.74	3.81	30.90
130-130-17	130	17	14.0	4.6	41.64	641.45	70.06	3.92	1015.73	4.94	267.18	49.12	2.53	374.27	3.85	32.69
130-130-18	130	18	14.0	4.6	43.89	672.08	73.73	3.91	1069.29	4.92	280.87	51.13	2.53	391.21	3.88	34.45
140-140-8	140	8	14.0	4.6	22.09	418.15	40.72	4.36	883.63	5.48	172.68	32.72	2.80	246.47	3.73	17.34
140-140-9	140	9	14.0	4.6	24.72	465.72	45.55	4.34	936.42	5.47	192.03	36.92	2.79	274.00	3.76	19.41
140-140-10	140	10	14.0	4.6	27.33	512.29	50.32	4.33	913.62	5.46	210.96	39.05	2.78	301.00	3.82	21.45
140-140-11	140	11	14.0	4.6	29.92	557.87	55.02	4.32	996.25	5.45	229.48	41.12	2.77	329.39	3.87	23.59
140-140-12	140	12	14.0	4.6	32.49	602.49	59.66	4.31	966.98	5.43	248.01	44.97	2.76	354.00	3.90	25.50
140-140-13	140	13	14.0	4.6	35.04	648.18	64.34	4.29	1028.31	5.41	266.06	47.72	2.76	380.13	3.94	27.51
140-140-14	140	14	14.0	4.6	37.57	688.95	68.77	4.28	1083.80	5.40	284.00	50.44	2.75	404.91	3.98	29.49
140-140-15	140	15	14.0	4.6	40.08	730.83	73.23	4.27	1159.91	5.38	301.76	53.07	2.74	429.07	4.02	31.46
140-140-16	140	16	14.0	4.6	42.57	771.84	77.64	4.26	1224.34	5.36	319.34	56.64	2.74	452.50	4.06	33.42
150-150-8	150	10	14.0	4.6	23.33	634.76	46.67	4.66	1008.69	5.86	280.84	46.33	2.99	373.92	4.07	23.02
150-150-11	150	11	14.0	4.6	32.12	691.85	63.52	4.64	1069.31	5.85	294.05	48.86	2.97	407.83	4.11	25.21
150-150-12	150	12	14.0	4.6	34.89	747.48	68.80	4.63	1187.99	5.83	306.98	52.28	2.97	440.52	4.15	27.39
150-150-13	150	13	14.0	4.6	37.64	802.17	74.22	4.62	1274.77	5.82	339.58	56.00	2.96	472.80	4.19	29.55
150-150-14	150	14	14.0	4.6	40.37	859.89	79.47	4.60	1358.67	5.80	351.93	59.81	2.95	503.87	4.23	31.69
150-150-15	150	15	14.0	4.6	43.08	907.38	84.66	4.59	1442.72	5.79	374.04	61.84	2.95	534.34	4.27	33.82
150-150-16	150	16	14.0	4.6	45.77	959.94	89.79	4.58	1523.95	5.77	395.90	64.97	2.94	564.01	4.31	35.83
150-150-17	150	17	14.0	4.6	48.44	1010.50	94.88	4.57	1603.38	5.76	417.61	67.23	2.93	592.89	4.35	38.02
150-150-18	150	18	14.0	4.6	51.09	1060.08	99.86	4.56	1681.05	5.74	438.11	70.81	2.93	620.97	4.38	40.11
150-150-19	150	19														

Проте на практиці реальний профіль кутика має певні відхилення, ці відхилення також визначаються вище заданим стандартом (рис - 5.17).

Таблиця 2

Познака кутика	Граничні відхили, мм						
	За шириною полиці	За товщиною полиці					
		до 6,0 включно		від 6,5 до 9,0 включно		понад 9,0	
		А	В	А	В	А	В
Від 20×20×3 до 45×45×5 включно	±1,0	+0,2 -0,3	+0,3 -0,4	—	—	—	—
Від 50×50×3 до 90×90×10 включно	±1,5	+0,2 -0,4	+0,3 -0,5	+0,2 -0,5	+0,3 -0,6	+0,3 -0,5	+0,4 -0,6
Від 100×100×6,5 до 150×150×20 включно	±2,0	—	—	+0,3 -0,5	+0,4 -0,6	+0,3 -0,6	+0,4 -0,7
Від 160×160×10 до 200×200×30 включно	±3,0	—	—	—	—	+0,4 -0,7	+0,5 -0,8
Від 220×220×14 до 250×250×35 включно	±4,0	—	—	—	—	+0,4 -0,8	+0,5 -0,9

Рисунок 5.17– Граничні відхилення параметрів кутика

Враховуючи ці відхилення необхідно спроектувати опору кутика так, щоб в будь-якому випадку позиціювання заготовки було максимально визначеним відносно системи координат верстата. На рис. 5.18 розглянемо сумарну похибку профіля.

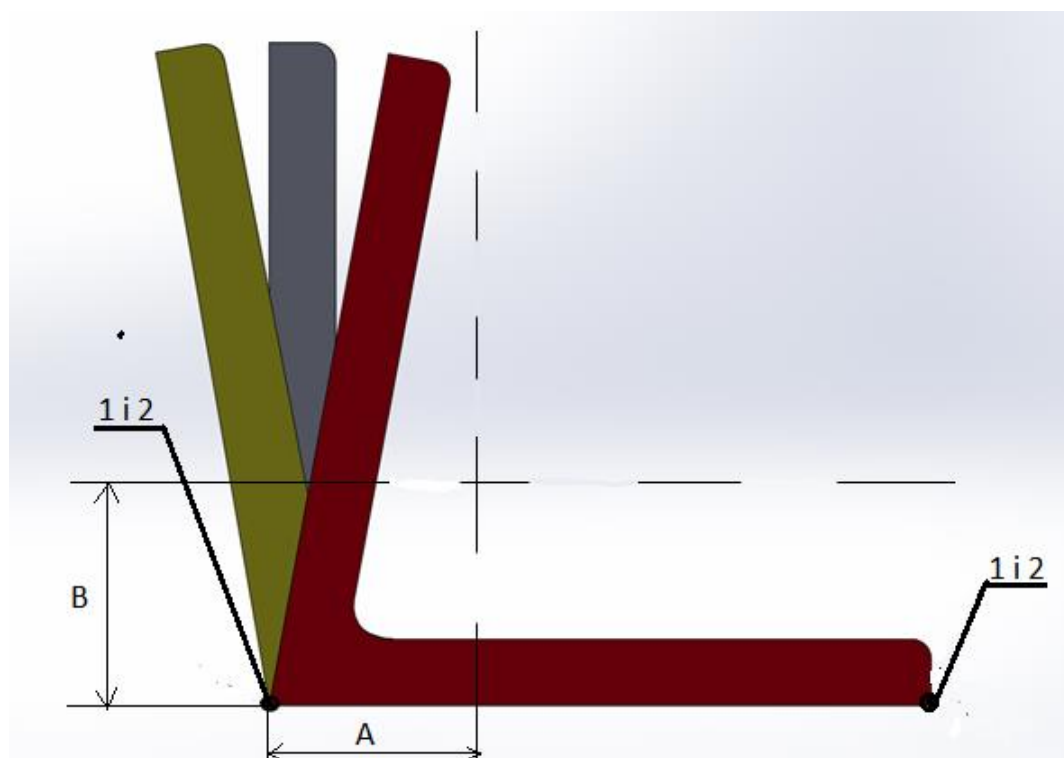


Рисунок 5.18 - Сумарна похибка профілю кутика

Неважко побачити що найбільш визначеними є точки 1 для розміру А, і точки 2 для розміру В. Ці точки зливаються. Проте їх реалізація на практиці буде відрізнятись. Точка 1 буде реалізовуватись опорою розміщеною збоку (рис. 5.19) а точки 2 будуть реалізовуватись опорами знизу (рис. 5.19).

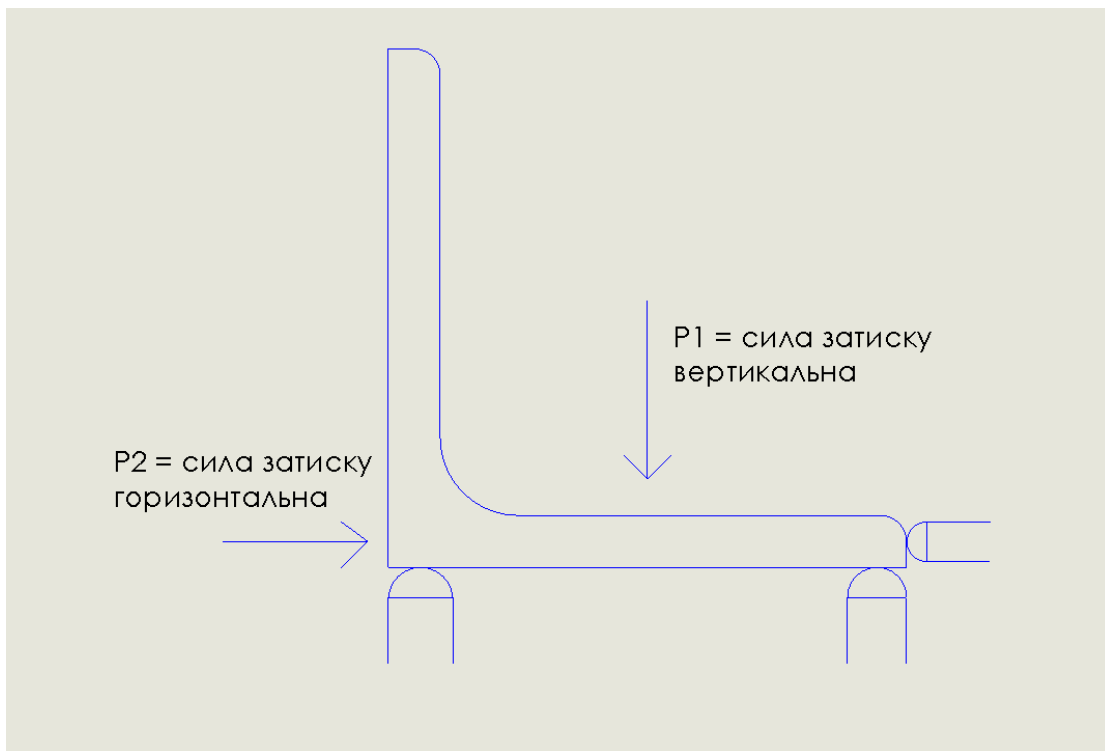


Рисунок 5.19 – Конструкція опори кутика

В опорі кутик необхідно розміщувати з врахуванням його центру ваги, тобто вісь обертання кутика повинна проходити через перетин осей x-x і у-у (рис. 5.20).

Позиціонер для кутика представлений на рис. 5.20. а на рис. 5.21 представлений кутик 200x200x16 затиснутий в двох позиціонерах для подальшої установки на верстаті. Креслення позиціонера для кутика представлено на аркуші 7.

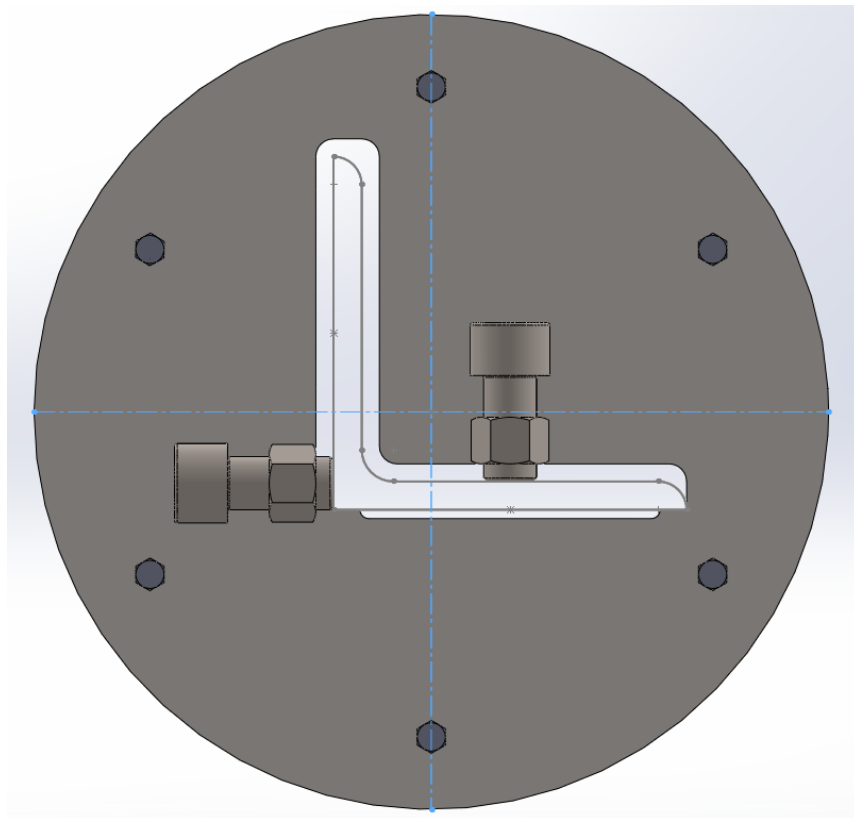


Рисунок 5.20 – Позиціонер для кутика

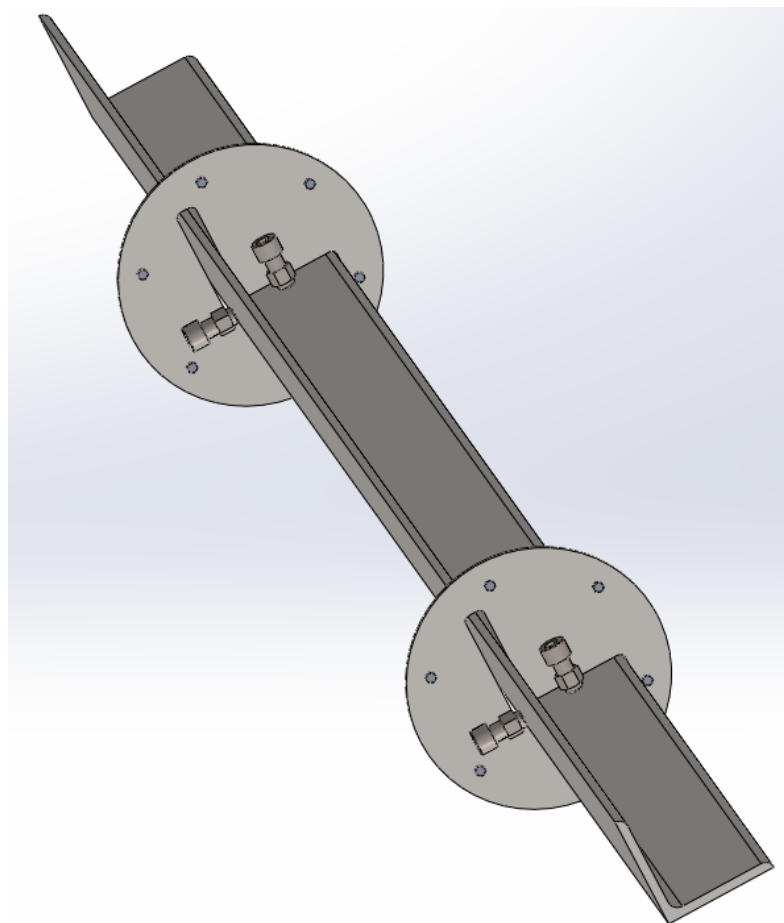


Рисунок 5.21 – Куттик на двох позиціонерах

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5.4. Проектування опори для прямокутної труби.

Параметри прямокутних труб визначаються ДСТУ 8940:2019 (рис. 5.22 і 5.23)

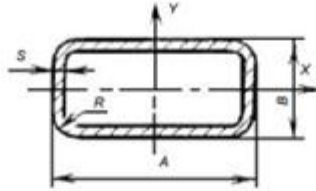


Рисунок Б.1 — Форма профілю прямокутних труб

Таблиця Б.1 — Розміри прямокутних труб

A	B	S	Площа перерізу F, см ²	Маса M 1 м, кг	Момент інерції, см ⁴		Момент опору, см ³			
					I_x	I_y	W_x	W_y		
15	10	1	0,443	0,348	0,065	0,126	0,131	0,167		
		1,5	0,621	0,488	0,082	0,160	0,164	0,214		
		2	0,771	0,605	0,099	0,179	0,179	0,239		
20	10	1	0,543	0,426	0,086	0,261	0,172	0,261		
		1,2	0,638	0,501	0,097	0,298	0,193	0,298		
		1,5	0,771	0,605	0,109	0,344	0,218	0,344		
	15	2	0,971	0,762	0,122	0,398	0,245	0,398		
		1	0,643	0,505	0,224	0,352	0,298	0,352		
		1,2	0,758	0,595	0,256	0,404	0,341	0,404		
		1,5	0,921	0,723	0,297	0,472	0,397	0,472		
		2	1,17	0,919	0,350	0,561	0,466	0,561		
		2,5	1,39	1,09	0,383	0,620	0,510	0,620		
25	10	1	0,643	0,505	0,106	0,465	0,212	0,372		
		1,5	0,921	0,723	0,137	0,623	0,237	0,499		
		2	1,17	0,919	0,155	0,738	0,310	0,590		
	15	2,5	1,39	1,09	0,163	0,813	0,326	0,650		
		1	0,743	0,583	0,273	0,609	0,364	0,487		
		1,2	0,878	0,689	0,313	0,704	0,418	0,563		
		1,5	1,07	0,841	0,366	0,831	0,488	0,665		
		2	1,37	1,08	0,435	1,003	0,580	0,803		
		2,5	1,64	1,29	0,482	1,130	0,642	0,904		
		30	10	1	0,743	0,583	0,126	0,749	0,253	0,499
				1,5	1,07	0,841	0,164	1,02	0,328	0,679
				2	1,37	1,08	0,188	1,22	0,375	0,816
2,5	1,64			1,29	0,199	1,37	0,399	0,915		
15	3		1,88	1,48	0,201	1,46	0,402	0,977		
	1		0,843	0,661	0,322	0,959	0,429	0,639		
	1,2		0,998	0,783	0,371	1,11	0,494	0,742		
	1,5		1,22	0,959	0,435	1,32	0,580	0,882		
	2		1,57	1,23	0,520	1,62	0,693	1,08		

Рисунок 5.22 - Параметри прямокутних труб

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

52

150	100	6	27,94	21,93	451,6	851,6	90,32	131,5	
		7	32,20	25,28	509,2	964,2	101,8	128,6	
		8	36,34	28,53	562,3	1 069	112,5	142,5	
		9	40,37	31,69	611,0	1 166	122,2	155,5	
180	80	10	44,28	34,76	655,4	1 256	131,1	167,5	
		7	33,60	26,37	357,7	1 306	89,42	145,1	
		8	37,94	29,78	393,4	1 449	98,35	161,1	
		9	42,17	33,10	425,7	1 583	106,4	175,9	
	100	10	46,28	36,33	454,7	1 107	113,7	189,7	
		12	54,17	42,52	503,6	1 926	125,9	214,0	
		8	41,14	32,29	664,1	1 686	132,8	187,4	
		9	45,77	35,93	723,1	1 846	144,6	205,2	
		10	50,28	39,47	777,4	1 996	155,5	221,8	
		12	58,97	46,29	872,3	2 265	174,5	251,7	
		150	8	49,14	38,57	1 714	2 279	228,7	253,2
			9	54,77	42,99	1 883	2 505	251,1	278,3
10	60,28		47,32	2 041	2 720	272,2	302,2		
12	70,97		55,71	2 331	3 114	310,8	346,0		
Труби спеціальних розмірів									
28	25	0,8	0,811	0,637	0,810	0,964	0,648	0,689	
28	25	0,9	0,908	0,713	0,898	1,07	0,719	0,764	
28	25	1,0	1,00	0,787	0,984	1,17	0,787	0,837	
28	25	1,2	1,19	0,934	1,15	1,37	0,917	0,976	
28	25	1,5	1,46	1,15	1,37	1,64	1,10	1,2	
28	25	2	1,89	1,49	1,69	2,03	1,35	1,45	
28	25	2,5	2,29	1,80	1,96	2,35	1,56	1,68	
40	25	1,5	1,82	1,43	1,87	3,90	1,49	1,95	
40	28	1,5	1,91	1,50	2,43	4,23	1,73	2,11	
40	28	2,0	2,49	1,95	3,04	5,34	2,17	2,67	
40	28	2,5	3,04	2,39	3,57	6,31	2,55	3,15	
70	50	7	14,0	10,99	46,33	80,65	18,53	23,04	
90	50	3	7,88	6,19	33,20	83,38	13,28	18,53	
140	60	3	11,48	9,02	74,83	281,8	24,94	40,26	
150	60	7	26,60	20,88	152,7	677,7	50,90	90,36	
160	130	8	42,74	33,55	1 107	1 533	170,3	191,6	
180	145	20	107,13	84,10	2 891	4 131	398,9	459,0	
190	120	12	66,17	51,94	1 429	2 987	238,2	314,5	
196	170	18	113,24	88,99	4 443	5 594	522,8	570,8	
200	120	8	47,54	37,32	1 117	2 495	186,3	249,5	
230	100	8	49,14	38,57	833,8	3 138	166,8	272,8	
Примітка 1. Маса труб обчислено за густини сталі 7,85 г/см ³ .									
Примітка 2. Статичні характеристики труб розраховано для R = 1,5S за формулами, наведеними в додатку В.									
Примітка 3. У разі постачання труб з іншими значеннями радіуса закруглення кутів статичні характеристики розраховують згідно з ДСТУ EN 10219-2.									

Рисунок 5.23 - Параметри прямокутних труб

На практиці реальний профіль труб має деякі відхилення, ці відхилення також визначаються нище заданим стандартом рис 5.24

Параметри труб	Граничні відхилення за точності виготовлення	
	звичайної	підвищеної
Зовнішні розміри, мм: — безшовних гарячедеформованих труб — безшовних холоддеформованих, електрозварних, електрозварних холоддеформованих труб розмірами: до 30 включ. понад 30 » 50 » » 50	±1,5 %	±1,25 %
Товщина стінки: — гарячедеформованих труб — безшовних холоддеформованих та електрозварних холоддеформованих труб за товщини стінки S: ≤3,5 мм >3,5 мм — електрозварних труб	+12,5 % -15,0 % ±12,5 % ±12,5 % ±10,0 %	+12,5 % -15,0 % ±12,5 % ±10,0 % ±10,0 %
Упнутість або опуклість сторін, не більше ніж: — безшовних гарячедеформованих труб зі сторонами розміром: до 50 включ. понад 50 » 70 » » 70 » 100 » » 100 — безшовних холоддеформованих, електрозварних і електрозварних холоддеформованих труб зі сторонами розміром: до 50 включ. понад 50 » 70 » » 70	0,75 мм 1,0 мм 1,5 мм 2,0 мм 0,5 мм 0,75 мм 1,0 мм	0,5 мм 0,8 мм 1,2 мм 1,5 мм 0,5 мм 0,5 мм 0,8 мм
Скручування труб, не більше ніж: — безшовних гарячедеформованих і електрозварних труб — безшовних холоддеформованих і електрозварних холоддеформованих труб	— —	2° на 1 м За узгодженням виробника із замовником

Рисунок 5.24 - Граничні відхилення параметрів труб

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ

Арк.

53

Враховуючи ці відхилення необхідно спроектувати опору прямокутної труби так, щоб в будь-якому випадку позиціювання заготовки було максимально визначеним відносно системи координат верстата. На рис. 5.25 розглянемо сумарну похибку профіля.

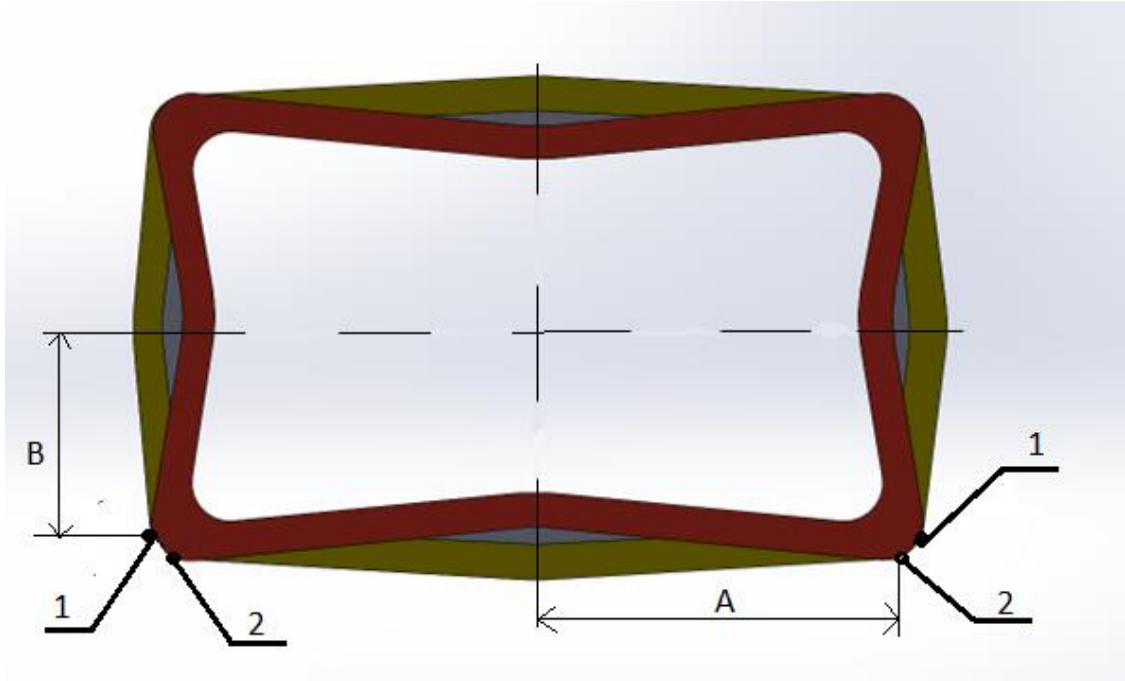


Рисунок 5.25 - Сумарна похибка профілю прямокутної труби

Неважко побачити що найбільш визначеними є точки 1 для розміру B, і точки 2 для розміру A. Точка 1 буде реалізовуватись опорою розміщеною збоку (рис. 5.26) а точки 2 будуть реалізовуватись опорами знизу (рис. 5.26).

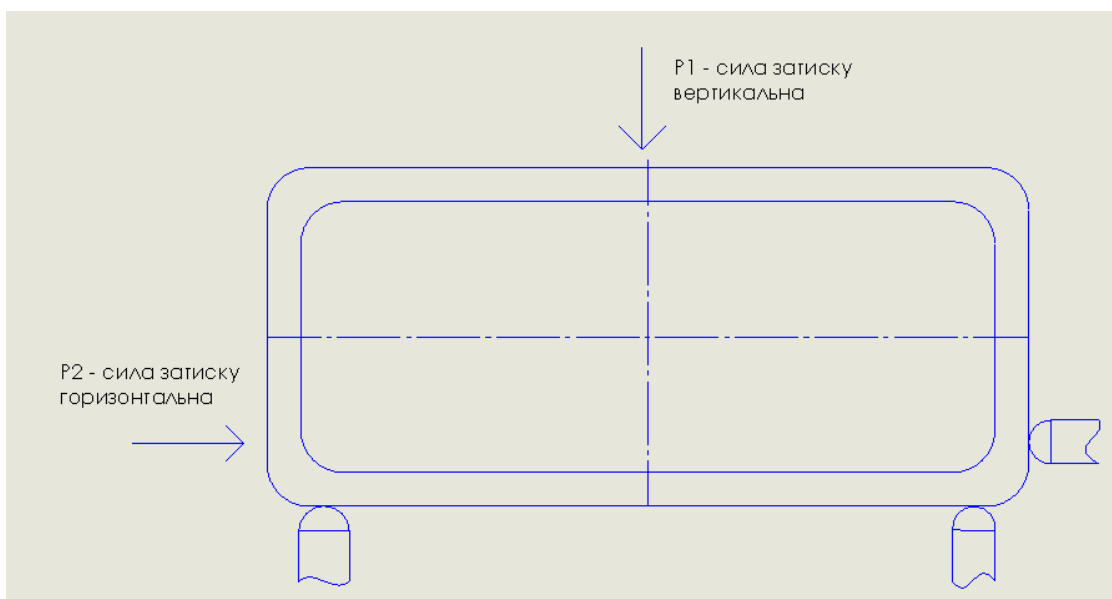


Рисунок 5.26 – Конструкція опори прямокутної балки

										Арк.
										54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ					

В опорі профільну трубу необхідно розміщувати з врахуванням її центру ваги, тобто вісь обертання профільної труби повинна проходити через перетин осей x-x і y-y (рис. 5.27).

Позиціонер для профільної труби представлений на рис. 5.27. а на рис. 5.28 представлена труба профільна 200x120x8 затиснута в двох позиціонерах для подальшої установки на верстаті. Креслення позиціонера для профільної труби представлено на аркуші 8.

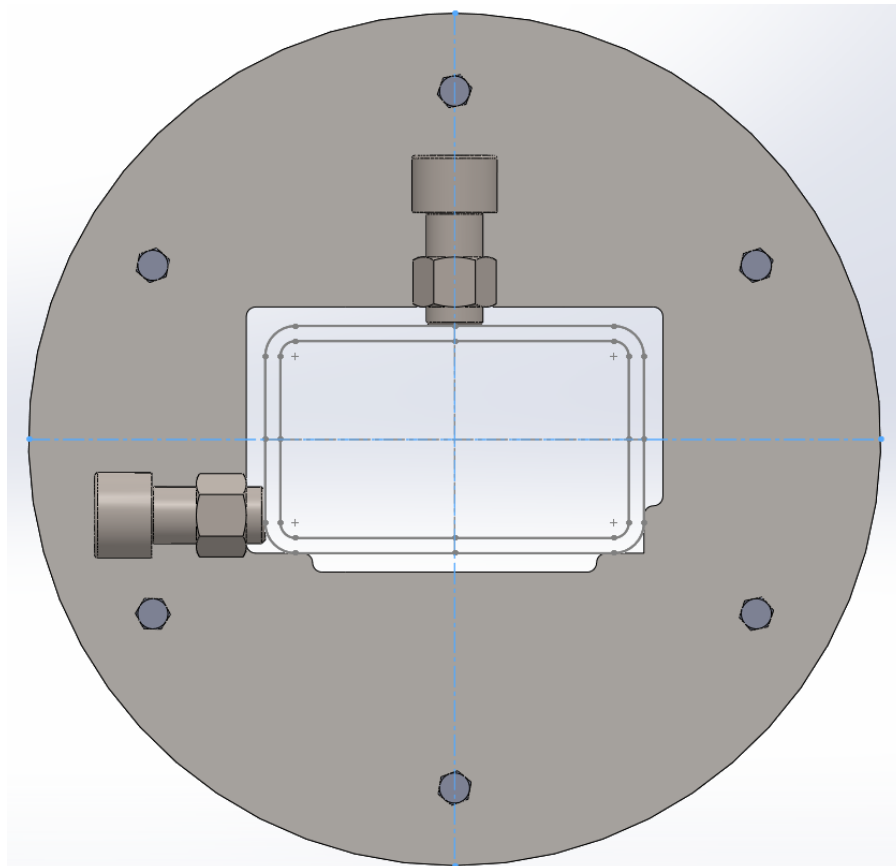


Рисунок 5.27 – Позиціонер для профільної труби

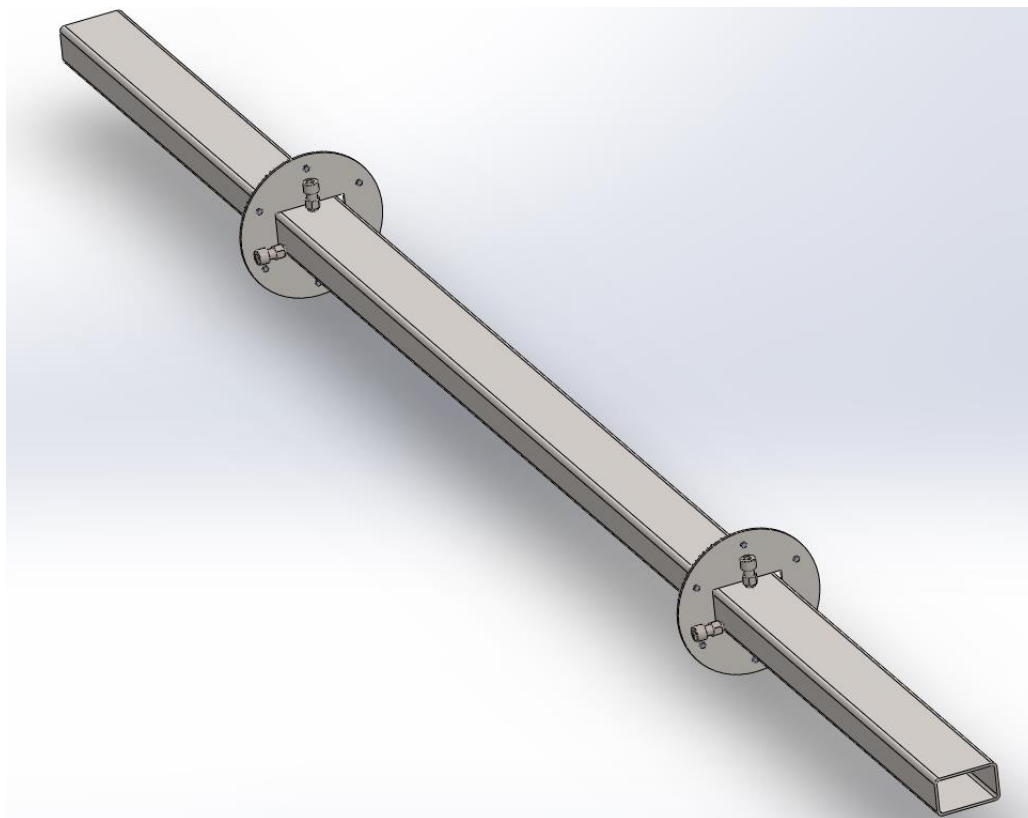


Рисунок 5.28 – Профільна труба на двох позиціонерах

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота складається із пояснювальної записки, графічної частини та виконана згідно із завданням. Було спроектовано конструкцію 4-ої осі верстата плазмового різання профільного прокату. Також був проведений огляд вже існуючих верстатів, таких як: верстат для обробки труб Vend-Tech Dragon A400, труборіз з ЧПК Роба Брумфілда (Rob Broomfield), верстат плазмового різання профільного прокату RUBIOS CNC Rotary D4, верстат для обробки металу RIMKO Rotator серія “Barramundi” RA. Вони стали основою для проектування конструкції мого верстату, з кожного з них було взято 1-2 ідеї.

У четвертому розділі пояснювальної записки я підібрав усі стандартні комплектуючі для конструкції четвертої осі, зосереджуючись на поєднанні якості та доступної ціни. Були розглянуті переваги та недоліки еонструкції, створені 3D моделі кожної комплектуючої та збірне креслення.

У п'ятому розділі спроектовані опори верстату для кожного із профілів прокату, а також створені їх 3D моделі із заготовкою в середовищі CAD SolidWorks.

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт компанії ТОВ КалушСтальБуд
<https://www.kalushstalbud.com.ua>
2. Сайт компанії Метінвест Холдинг <https://metinvestholding.com/ua>
3. <https://cnc.prom.ua/ua/p1329143520-dvigatel-shagovuj-110byg250d.html>
4. <https://cnc.prom.ua/ua/p1288702991-reduktor-planetarnyj-px110n010so.html>
5. <https://powerbelt.ua/shesternya-z-sertsevinoyu-p1445>
6. <https://uk.wikipedia.org/>
7. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М.П - 14. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021.с.
8. Офіційний сайт Bend-Tech <https://www.bend-tech.com>
9. Офіційний сайт RIMKO Rotator <https://rimcorotator.com/>
10. CNC Programming Handbook Peter Smid Industrial Press Inc, 529 с. 2000 р,

					<i>БР.ПМ-48.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

БР. ПМ-048.04.000



Переваги:

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

Недоліки:

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



Переваги:

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

Недоліки:

1. Відносно невисока точність позиціонування заготовки що обробляється
2. Необхідність виготовлення передньої опори для кожного профілю прокату що обробляється



Переваги:

1. Жорстке і надійне розміщення заготовок будь-якої довжини

Недоліки:

1. Відсутність обертання деталей
2. Неможливо обробляти заготовки складної конфігурації



Переваги:

1. Висока точність позиціонування заготовки
2. Можливість закріплення широкого діапазону заготовок з різними профілями і розмірами

Недоліки:

1. Складність конструкції опор

БР. ПМ-048.01.000		Лист	Масштаб
Розроб.	Мобіус Д.Я.	Підп.	Дата
Проєкт.	Панчук А.Г.	Головр.	Панчук А.Г.
Узгодж.	Панчук А.Г.	Лист 1	Листов 1
Рів.	Панчук А.Г.	ІНТУНГ ПМ-20-1	
		Колорвал	
		Формат А2	

БР. ПМ-048.01.000

Огляд конструкції
верстатів плазмового
різання профільного прокату

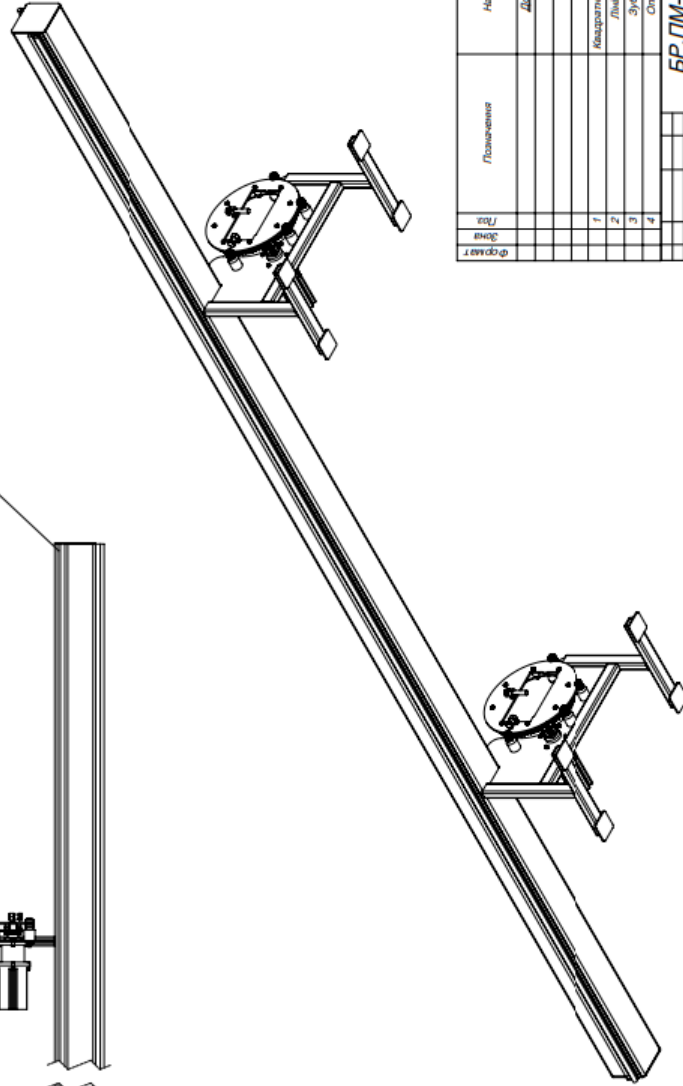
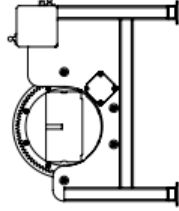
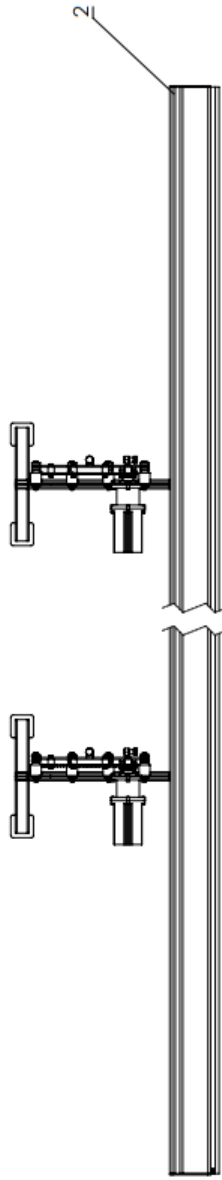
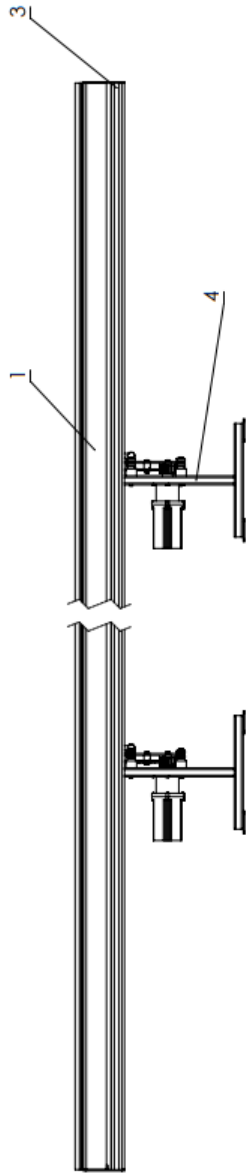
Лит. Масса Масштаб

Лист 1 Листов 1

ІФНТУНГ
ПМ-20-1

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Абрам Д.Я.			
Пров.	Панчук А. Г.			
Г. контр.	Панчук А. Г.			
Н. контр.	Панчук А. Г.			
Утв.	Панчук В. Г.			

БР.ЛМ-048.02.000



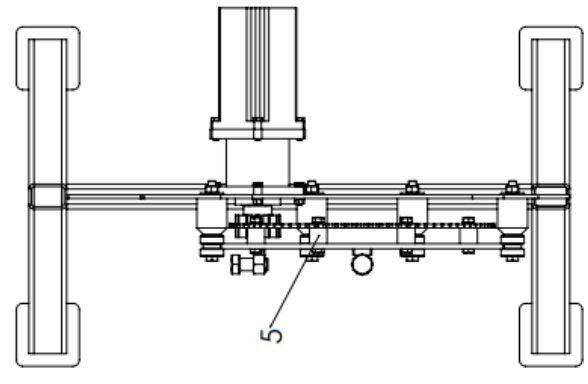
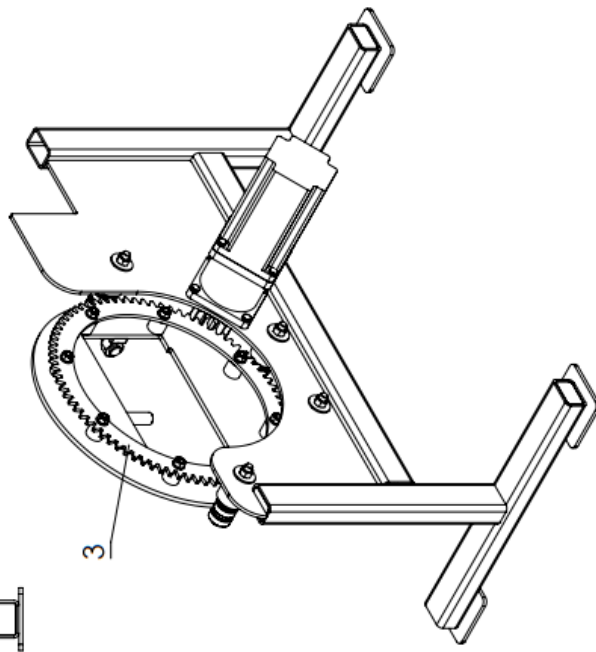
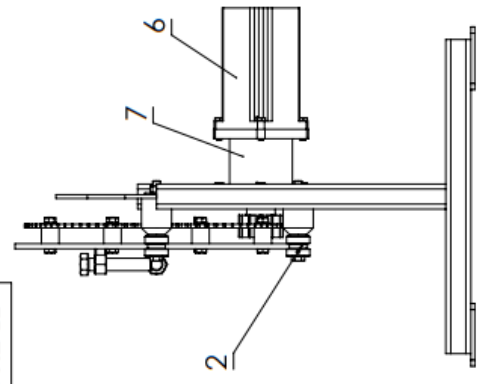
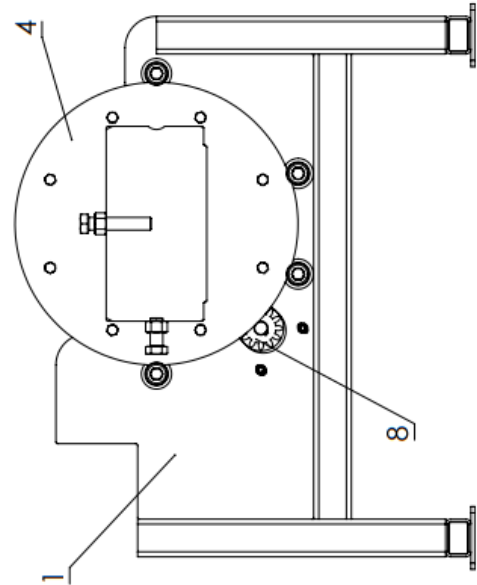
Формат	Число	Дата	Исполнитель	Проверенный	4	Примечание
					К-У	
						Наименование
						Дополнительно
						Детали
						Квадратная труба (50х100х2) 1
						Линейная направляющая 2
						Зубчатая рейка 3
						Опора-оборачиватель 2
БР.ЛМ-048.02.000						
Станина верстака з опорами-оборачивател						
Масштаб 1:20			Лист 1		Листов 1	
Исполнитель			Проверенный		Инструмент	
Дата			Дата		Лист 1	
Исполнитель			Проверенный		Лист 1	
Дата			Дата		Лист 1	
Исполнитель			Проверенный		Лист 1	
Дата			Дата		Лист 1	

БР. ПМ-048.02.000

**Станина верстату
з опорами обертачами**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Розроб.	Абрам Д. Я.						1:20
Пров.	Панчук А. Г.						
Т. контр.	Панчук А. Г.				Лист 1	Листов 1	
Н. контр.	Панчук А. Г.				ІФНТУНГ ПМ-20-1		
Затв.	Панчук В. Г.						

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				Документація		
				Деталі		
		1		Корпус опори	1	
		2		Підшипникові опори	4	
		3		Зубчастий вінець	1	
		4		Позиціонер	1	
		5		Опори	8	
				Стандартні вироби		
		6		Кривоший двигун	1	
		7		Планетарний редуктор	1	
		8		Зубчаста шестерня	1	



БР.ПМ-048.03.000

Лист	Масса	Масштаб
1		1:10
Лист 1		
Листов 1		
ЮФТУНГ		
ПМ-20-1		
Контракт		
Формат А2		

БР.ПМ-048.03.000

Опора-обертач

БР. ГМ-048.03.000

Опора-обертач

Лит. Масса Масштаб

1:10

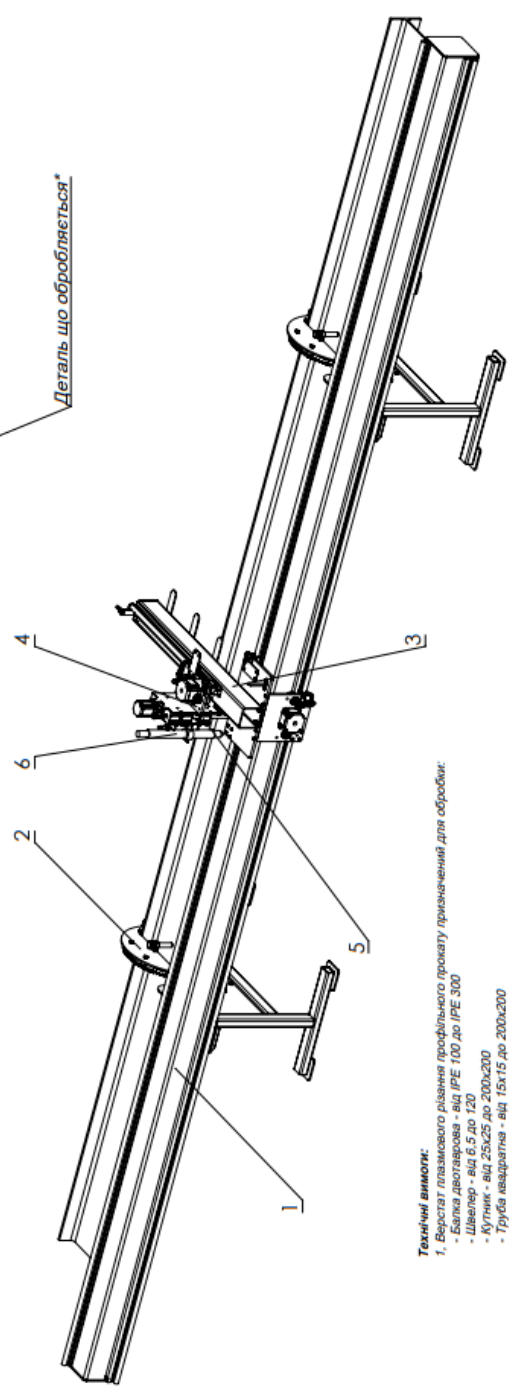
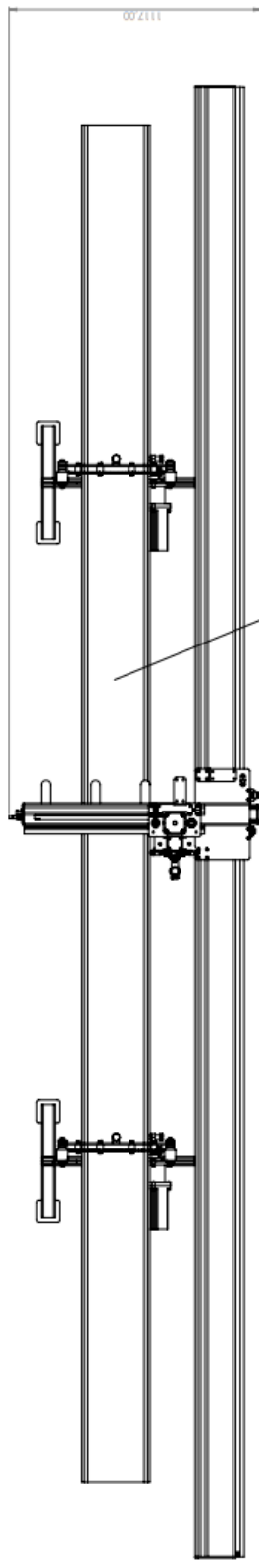
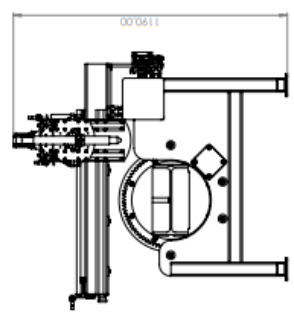
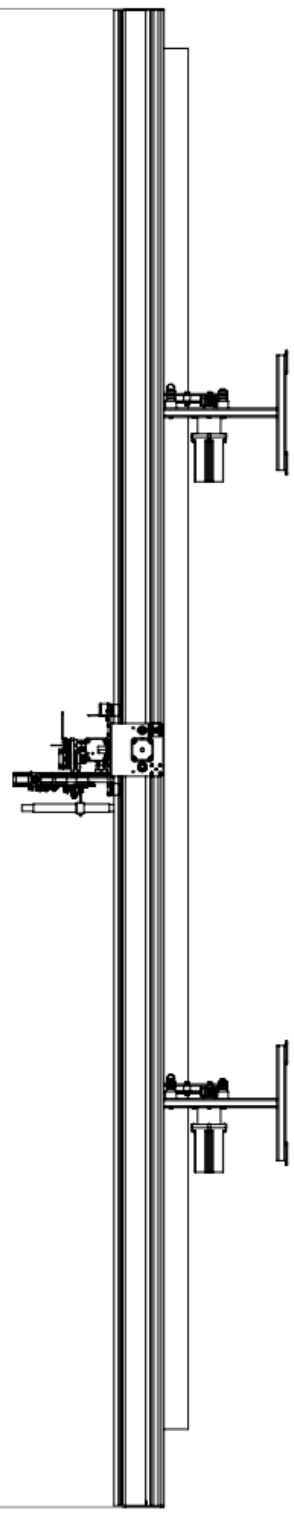
Лист 1 Листов 1

**ІФНТУНГ
ГМ-20-1**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разроб.	Абрам Д. Я.			
Пров.	Панчук А. Г.			
Т. контр.	Панчук А. Г.			
Н. контр.	Панчук А. Г.			
Затв.	Панчук В. Г.			

БР ПМ-303.05.000

4510.00



Деталь що обробляється*

- Технічні вимоги:**
- 1. Верстат глазкового різання профільного прокату призначений для обробки:
 - балки дельта-рекса - від ІРЕ 100 до ІРЕ 300
 - швелер - від 25 до 120х20х200
 - труба - від 25х25 до 15х15 до 200х200
 - труба квадратна - від 30х30 до 200х200
 - 2. Маса деталей що обробляються не повинна перевищувати 500 кг
 - 3. Направляючі та зубчасті рейки в кінці зміни протиграти чистого ганчіркою та змазувати мастилом І20

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	4	Приміт. до 4
				Складовим складом		
		1	БР ПМ-303.05.001	Станина	1	
		2	БР ПМ-303.05.002	Обертон	2	
		3	БР ПМ-303.05.003	Каретка У	1	
		4	БР ПМ-303.05.004	Каретка Х	1	
		5	БР ПМ-303.05.005	Каретка Z	1	
				Складовим складом		
		6		Позначення складових частин	1	
				БР ПМ-303.05.000		
				Верстат глазкового різання профільного прокату		
				ІРПУНГ		
				ПМ-22-К		

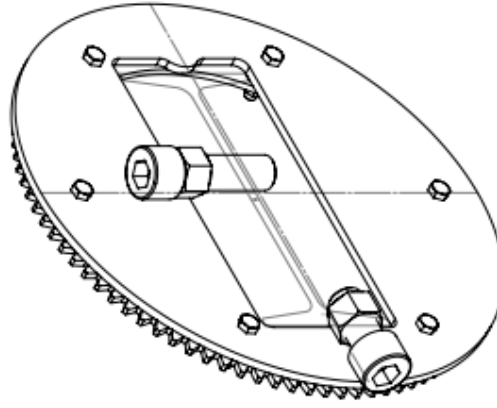
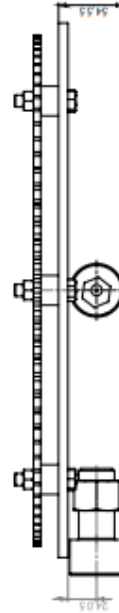
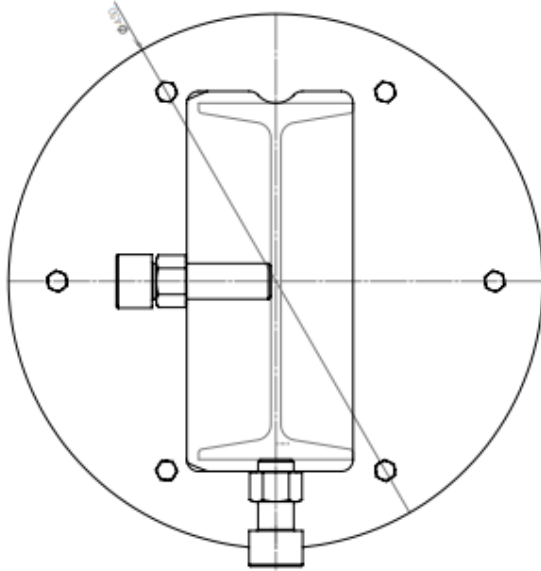
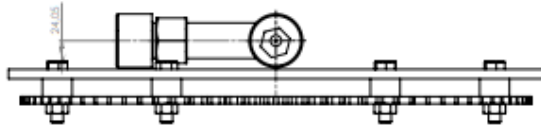
БР. ПМ-303.05.000

**Верстат
плазмового різання
профільного прокату**

Ізм.	Лист	№ докум.	Поди.	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Добровольський						1:20
Пров.	Панчук А.Г.						
Т. контр.	Панчук А.Г.				Лист 1	Листов 1	
Н. контр.	Панчук А.Г.				ІФНТУНГ ПМ-22-1К		
Затв.	Панчук В.Г.						

БР. ПМ-048.05.000

Форм. Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
			<u>Документація</u>		
		БР. ПМ-048.04.000	Збірний креслений		
			<u>Деталі</u>		
А2	1	БР. ПМ-048.04.001	Корпус пристрою	1	
А2	2	БР. ПМ-048.04.002	Зубчасте колесо	1	
			<u>Стандартні вироби</u>		
	3		Гвинт М30х60-60N ISO4762	1	
	4		Гвинт М30х100-100NISO4762	1	
	5		Болт М10х45 ISO4016	6	
	6		Гайка М10 ISO4032	6	
	7		Гайка М30 ISO4032	2	



1. Опора призначена для установки двотавра 30.
2. Зварні шви виготовити за технічних умов АСТУ.
3. Опору фарбувати фарбою "акрилова Вауліс PROFI ROOF PAINT".

БР. ПМ-048.05.000	
Двотавр 30	1.2
ІНТЕНС ПМ-20-1	

БР. ПМ-048.05.000

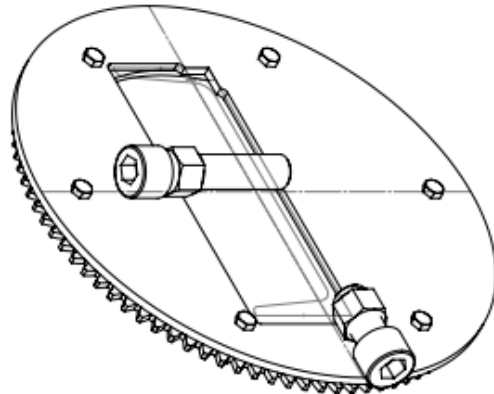
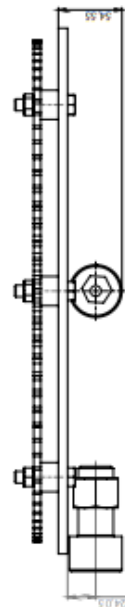
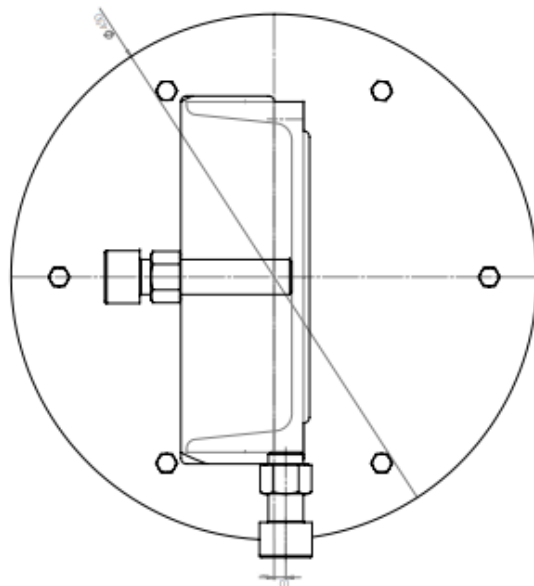
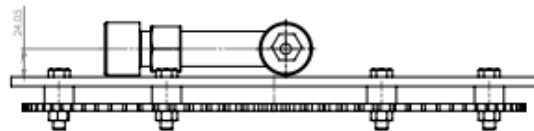
Двотавр 30

1:2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Абрам Д.Я.						
Пров.	Панчук А. Г.						
Т. контр.	Панчук А. Г.				Лист 1	Листов 1	
Н. контр.	Панчук А. Г.				ІФНТУНІГ ПМ-20-1		
Утв.	Панчук В. Г.						

БР. ПМ-048.06.000

Форм. Знач.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
			Документація		
		БР. ПМ-048.05.000	Збірний кресленник		
			Деталі		
A2	1	БР. ПМ-048.05.001	Корпус пристрою	1	
A2	2	БР. ПМ-048.05.002	Зубчасте колесо	1	
			Стандартні вироби		
	3		Гвинт M30x80-60N ISO4762	1	
	4		Гвинт M30x130-72N ISO4762	1	
	5		Болт M10x45 ISO4016	6	
	6		Гайка M10 ISO4032	6	
	7		Гайка M30 ISO4032	2	



1. Опора призначена для установки швеллера 30.
2. Зварні шви виготовити за технічк умов АСТУ
3. Опору фарбувати фарбою "акрилова Boyis PROFi ROOF PAINT"

БР. ПМ-048.06.000	
Швеллер 30	1,2
Гайка M30 ISO4032	2
Болт M10x45 ISO4016	6
Гайка M10 ISO4032	6
Гвинт M30x130-72N ISO4762	1
Гвинт M30x80-60N ISO4762	1
Корпус пристрою	1
Зубчасте колесо	1

БР. ГМ-048.06.000

Швөлөр 30

1:2

Лит. Масса Масштаб

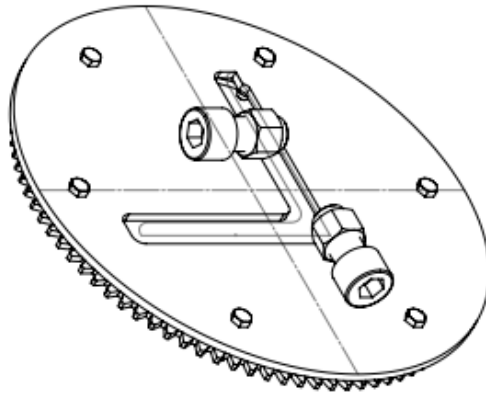
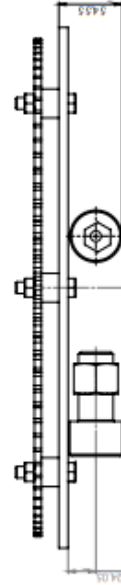
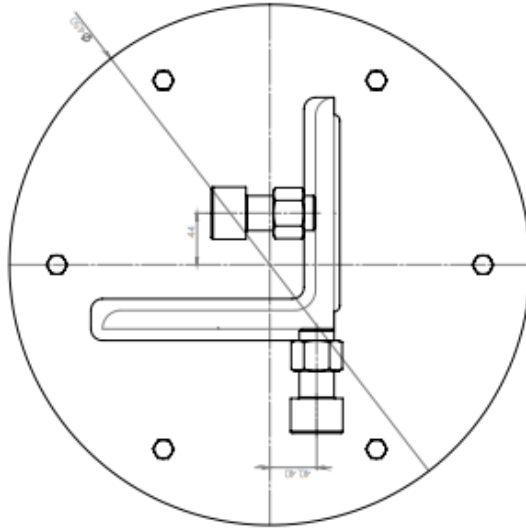
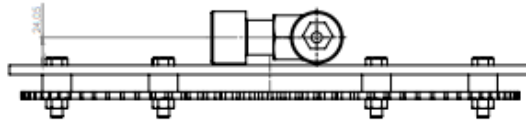
Лист 1 Листов 1

**ФНТУНГ
ГМ-20-1**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Абрам Д.			
Пров.	Панчук А.			
Т. контр.	Панчук А. Г.			
Н. контр.	Панчук А. Г.			
Утв.	Панчук В. Г.			

БР. ПМ-048.07.000

Форм. Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Клп.	Прим.
			<i>Документація</i>		
		БР. ПМ-048.06.000	Збірний кресленік		
			<i>Деталі</i>		
A2	1	БР. ПМ-048.06.001	Корпус пристрою	1	
A2	2	БР. ПМ-048.06.002	Зубчасте колесо	1	
			<i>Стандартні вироби</i>		
	3		Гвинт M30x60-60N ISO4762	2	
	4		Болт M10x45 ISO4016	6	
	5		Гайка M10 ISO4032	6	
	6		Гайка M30 ISO4032	2	



1. Опора призначена для установки кулика з габаритами 200x200x16 мм.
2. Зварні шви виготовити за технічних умов АСТУ
3. Опору фарбувати фарбою "акрилова Бауіс PROFi ROOF PAINT"

БР. ПМ-048.07.000			
Клп.	Маса	Класифікація	
Кулик 200x200x16			1,2
№	Вид	Вид	Вид
№	Вид	Вид	Вид
№	Вид	Вид	Вид
№	Вид	Вид	Вид

БР. ПМ-048.07.000

Куттик 200x200x16

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листов 1	

**ІФНТУНГ
ПМ-20-1**

Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Абрам Д.			
Пров.	Панчук А.			
Т. контр.	Панчук А.			
Н. контр.	Панчук А.			
Утв.	Панчук В.Г.			

БР. ПМ-048.08.000

**Опора для профільної
труби 200x120**

1:2

Лист.	Масса	Масштаб

Лист 1	Листов 1

**ІФНТУНГ
ПМ-20-1**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Абрам Д. Я.		
Пров.		Панчук А. Г.		
Т. контр.		Панчук А. Г.		
Н. контр.		Панчук А. Г.		
Утв.		Панчук В. Г.		