

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Інститут Інженерної механіки і робототехніки  
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування  
Багриновський Віталій Андрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус КС-3575А.14.101-2»  
(назва роботи)

для умов середньосерійного типу виробництва

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

131 Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)



В.А. Багриновський

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Пітулей Лоліта Дмитрівна, к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступень, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф.  
(посада) (підпис) (дата)

В.Г. Панчук  
(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата)

Врюкало В.В.  
(ініціали та прізвище)

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

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процесу виготовлення деталі “Корпус КС-3575А.14.101-2” для умов середньосерійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка 76 сторінок, і містить: 32 рисунки, 13 таблиць, 21 посилання на літературу та додатки на 11 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушах формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь «Корпус КС-3575А.14.101-2».

Мета роботи – розробити, на базі заводського технологічного процесу виготовлення корпусу КС-3575А.14.101-2 проектний технологічний процес, що здешевить собівартість виготовлення корпусу при цьому дозволить отримати необхідну точність та якість поверхонь, а також розробити конструкцію пристрою на механообробну операцію та на контрольну, з допомогою програмного продукту SolidWorks оптимізувати конструкцію притискних ланок верстатного пристрою.

Згідно поставленій задачі в роботі проведений аналіз базової технології, що включає аналіз конструкції деталі, її призначення та функцій у виробі, аналіз існуючого способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. На основі результатів аналізу та рекомендацій навчальної технічної літератури, вимог серійності виробництва, розроблено проектний маршрут механічної обробки корпусу, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, розраховано припуски, режими різання та норм часу на механообробні операції. Для закріплення деталі на фрезерній операції (015), верстат мод. 6604, розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою із пневмоприводом, та перевірено його працездатність проведеними розрахунками в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

***Ключові слова:** деталь, заготовка, операція, технологічний процес, обладнання, оснастка, маршрут, режими різання, сила різання.*

Студент: Багриновський В.А.

## SUMMARY

qualifying master's thesis on the topic: Technological process of the production of the "Body KC-3575A.14.101-2" part for the conditions of the medium-series type of production".

The calculation and explanatory note is 76 pages, and contains: 32 figures, 13 tables, 21 references to the literature and appendices on 11 pages.

Graphic part: 7 sheets of A1 format.

The object of research is the process of mechanical processing.

The subject of the research is the detail " Body KC-3575A.14.101-2".

The purpose of the work is to develop, on the basis of the body KC-3575A.14.101-2 factory technological process for the production of the housing, a design technological process that will reduce the cost of manufacturing the housing and at the same time will allow to obtain the necessary accuracy and quality of the surfaces, as well as to develop the design of the device for machining operations and for control, with the help of the SolidWorks software product, optimize the design of the clamping links of the machine tool.

According to the task, the analysis of the basic technology was carried out in the work, which includes the analysis of the design of the part, its purpose and functions in the product, the analysis of the existing method of obtaining the workpiece and the route of mechanical processing. Based on the results of the analysis and recommendations of the educational technical literature, the requirements for serial production, the design route for mechanical processing of the case was developed, the optimal method of obtaining the workpiece was selected, allowances, cutting modes and time standards for machining operations were calculated. To fix the part in the milling operation (015), machine mod. 6604, the design of a special machine tool with a pneumatic drive was developed, and its operability was checked by the calculations carried out in the 2nd and 3rd sections of the explanatory note.

The results of the work can be used in the engineering industry.

**Key words:** *part, workpiece, operation, technological process, equipment, equipment, route, cutting modes, cutting force.*

Student: Bagrynovsky V.A.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки  
(повне найменування закладу вищої освіти)  
Кафедра Комп'ютеризованого машинодування  
Освітній рівень магістр  
Спеціальність 131 - Прикладна механіка  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Гасримовському Віталію Ігорійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі корпусу КС-3575 А, 14.101-2" для умов середньосерійного типу виробництва

керівник роботи Пітушею Дмитро Дмитровичем  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "13" грудня 2023 року № 724/7

2. Строк подання студентом роботи 15.01 2024

3. Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі. 2. Матеріали переддипломної практики. 3. Тип виробництва - середньосерійний. 4

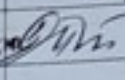
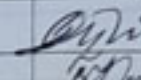
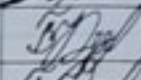
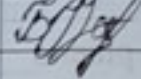
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Технологічна записка. 2. Конструкторська записка. 3. Імітаційне моделювання роботи припускного пристрою.

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

1. Карта намазодження. 2. Графічний аналіз точності. 3. Пристрій фрезерний. 4. Пристрій контрольний. 5. Імітаційне дослідження роботи припускної ланки фрезерного пристрою.

### 6. Консультанти розділів роботи

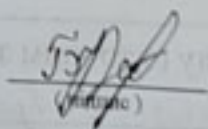
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пітучий Володимир Дмитрович, доцент кафедри КАВ		
2	Пітучий І. П. доцент кафедри КАВ		
3	Пітучий І. П. доцент кафедри КАВ		

7. Дата видачі завдання 21 листопада 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

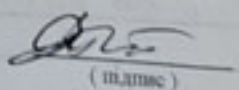
№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технологічна частина	22.12.2023р.	
2.	Конструкторська частина	03.01.2024р.	
3.	Імітаційне моделювання призначеної присітки	09.01.2024р.	
4.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	15.01.2024р.	

Студент

  
(підпис)

Григорівський В.А.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Пітучий І.П.  
(прізвище та ініціали)

Вступ .....	
1. Технологічна частина .....	
1.1 Опис призначення і конструкції деталі .....	
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	
1.2.1 Загальний аналіз технологічності конструкції деталі .....	
1.2.2 Аналіз методів обробки деталі .....	
1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії .....	
1.3.1 Вибір форми організації виробництва .....	
1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології	
1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.....	
1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу.....	
1.4.3 Обґрунтування вибору проектного технологічного процесу.....	
1.5 Розробка операційної технології .....	
1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів .....	
1.5.2 Розрахунок режимів різання .....	
1.5.3 Аналіз точності обробки .....	
1.5.4 Нормування технологічного процесу .....	
2. Конструкторська частина .....	
2.1 Пристрій для фрезерування двох площин в розмір 140 <sub>1</sub> .....	
2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою.....	
2.1.2 Інженерні розрахунки для підвищення точності пристрою .....	
2.1.3 Силовий розрахунок слабкої ланки .....	
2.1.4 Розрахунок точності пристрою .....	
2.2 Розрахунок контрольного пристрою .....	
2.2.1 1 Опис призначення, будова та робота контрольного пристрою .....	

					МР.ПМК-340.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк	№докум	Підпис	Дата	Пояснювальна записка ІФНТУНГ ПМКм-22-1							
Розроб.	Багриновський									Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Пітулей									н	1	
Реценз.												
Н. контр.	Пітулей											
Затв.	Панчук											

2.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою .....	
3 Імітаційне моделювання роботи притискного пристрою .....	
Висновки .....	
Перелік використаних джерел .....	
Додатки .....	

					МР.ПМК-340.00.000 ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Провідне місце в розвитку економіки країни належить машинобудівній галузі, яка забезпечує матеріальну основу НТП всіх галузей народного господарства. Саме тому розвитку машинобудування приділяється велика увага.

Найважливішими умовами прискорення НТП є як зростання продуктивності праці так і покращення якості продукції. Вдосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першочергове значення. Якість машин, їх надійність, довговічність і економічність в експлуатації залежить не тільки від досконалості, але й від технології виробництва.

Використання високопродуктивних прогресивних методів обробки забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей; методів зміцнення робочих поверхонь, які покращують ресурс роботи деталей і машин в цілому; ефективне використання металооброблюючих верстатів, іншої нової техніки і застосування прогресивних форм організації виробничих процесів – все це направлено на вирішення головних завдань підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

В наш час ринкові відносини підсилюють тенденцію випуску високоефективних машин і устаткування, оснащених роботизованими приладами та мікропроцесорами. В сучасних технологічних процесах передбачається: концентрація операцій з використанням багатомісних пристроїв, застосування каліброваного і високопродуктивного різального інструменту, використання багатошпіндельних головок, виключення ручних робіт, застосування групової обробки, використання заготовок, які б максимально наближалися по формі до готового виробу, механізація і автоматизація збірних робіт, здійснення поточного контролю за якістю продукції.

Основні цілі проекту направлені на зниження трудоемкості виготовлення і собівартості продукції.

					МП.ПМК-340.00.000 ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		







### 1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії

#### 1.3.1 Вибір форми організації виробництва

Згідно рекомендацій для середньосерійного типу виробництва величина річної програми випуску знаходиться в межах від 5000 до 10000 шт. [10], с.9, т.1.2.

Приймаємо  $N=5000$  шт.

Визначаємо кількість деталей в партії за формулою:

$$n = \frac{N \times a}{F} = \frac{5000 \times 5}{250} = 100 \text{ шт.},$$

де:  $a$  – число днів на яке необхідно мати запас деталей;  $a=5$ , ([1], с.22);

$F=250$  днів – число робочих днів у році.

Організація виробництва – предметно – потокова. Верстати розміщуються в постійності технологічних операцій для одної, або декількох деталей, які мають подібний порядок обробки. Обробка заготовок на кожній операції здійснюється партіями.

### 1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

#### 1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Метод одержання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Маса деталі  $m=9,3$ кг, матеріал деталі - СЧ20 ДСТУ 8833:2019. Для корпусу КС-3575А.14.101-2 заготовками можуть бути:

- а) вилівка, виготовлена литтям в піщано-глинисті форми з машинною формовкою;
- б) вилівка, виготовлена литтям в кокіль з піщаними стержнями.

#### І варіант

Лиття в піщано-глинисті форми найбільш поширений метод лиття. Заготовки, які одержуються цим методом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і більшими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення виливок мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, ніж зготовок, які одержуються методами лиття. Лиття в піщані форми

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потребує найбільших затрат металу. Цей метод найчастіше застосовують в одиничному і серійному виробництвах.

Встановимо допуски та припуски на механічну обробку.

Таблиця 1.4 – Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі, мм	Допуск	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм
140	2,4	4,6	149,2
75	2,2	4	83
Ø85	2,2	-4	Ø77
Ø33	2,0	-3,8	Ø25,4
120	2,4	-4,6	110,8
72	2,2	-4	62

Лиття в піщані форми забезпечує IT16 та Ra=100 мкм.

### II варіант

Лиття в кокіль найбільш дешевий серед спеціальних методів лиття. Його головна особливість полягає в багаторазовому використанні металічної форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілів при виготовленні чавунного лиття складає 400...8000 виливок. Кокілі дозволяють одержувати виливки із стабільними і точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати Ra=20 мкм.

Таблиця 1.5 – Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі, мм	Допуск	Припуск, мм	Розмір заготовки, мм
140	1,2	3	146
75	1,1	3	81
Ø85	1,1	-3	Ø79
Ø33	1,0	-2,8	Ø27,4
120	1,2	-3	114
72	1,1	-3	66

Висновок: Отже, проаналізувавши вище наведене можна зробити висновок, що економічно вигідніше отримувати заготовку методом лиття в кокіль, так як при литті в кокіль розхід металу, порівняно з литтям в піщані форми, зменшується на 10...20% за рахунок зменшення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в

1,5...2 рази. Лиття в кокіль знижує собівартість виливок приблизно на 30% і підвищує продуктивність праці.

Після лиття вилівка проходить термічну обробку – графітізуючий відпал.

### 1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 1.6 – Заводський технологічний процес

№ оп.	Назва і зміст операції	Тип та модель верстата	Характеристика пристрою	Схема обробки
1	2	3	4	5
005	Вертикально-фрезерна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Фрезерувати пов.1	Вертикально-фрезерний верстат мод.6М13П	Спеціальний	Схема 1
010	Радіально-свердлильна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Свердлити 4 отв. $\varnothing 10,5H14$ напрохід. 2. Свердлити 2 отв. $\varnothing 10H14$ напрохід. 3. Розвернути 2 отв. до $\varnothing 10,5H11$ напрохід.	Радіально-свердлильний мод.2М55	Кондуктор	Схема 2
015	Горизонтально-фрезерна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Фрезерувати пов. 1 і 2 на прохід.	Горизонтально-фрезерний верстат мод.6Р82Г	Спеціальний	Схема3
020	Токарно-гвинторізна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Точити торець в розмір $23_{-0,21}$ . 2. Розточити пов. 1 і 2 до $\varnothing 85H14$ начорно на прохід. 3. Розточити пов. 1 і 2 до $\varnothing 84^{+0,6}$ начисто на прохід. 4. Розточити фаску $1,5 \times 45^\circ$ . В. Переустановити заготовку, закріпити. 5. Підрізати торець в розмір $23_{-0,21}$ . 6. Розточити фаску $1,5 \times 45^\circ$ .	Токарно-гвинторізний мод.16К20	Спеціальний	Схема 4
025	Вертикально-фрезерна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Фрезерувати площину шириною $26^{+1,3}$ в розмір $75_{-0,6}$ на прохід з двох боків.	Вертикально-фрезерний верстат мод.6М13П	Універсальний	Схема 5
030	Вертикально-фрезерна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Фрезерувати лиску 1.	Вертикально-фрезерний верстат мод.6М13П	Універсальний	Схема 6
035	Вертикально-фрезерна А. Встановити і закріпити заготовку. 1. Фрезерувати радіус $R16^{+1,1}$ на глибину $65^{+0,6}$ по розмітці. 2. Фрезерувати поверхню 1 на глибину $65^{+0,6}$ по розмітці в розмір $132^{+1,0}$ . 3. Фрезерувати радіус $R16^{+1,1}$ на глибину $65^{+0,6}$ (пов.2) по розмітці.	Вертикально-фрезерний верстат мод.6М13П	Універсальний	Схема7

Арк.

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

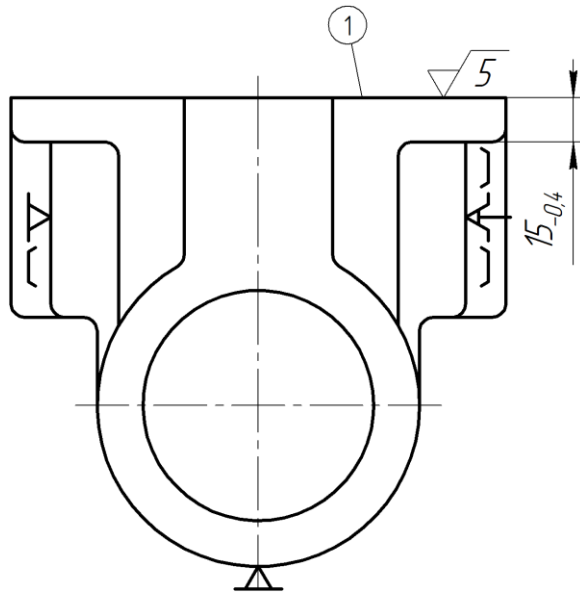


Схема 1

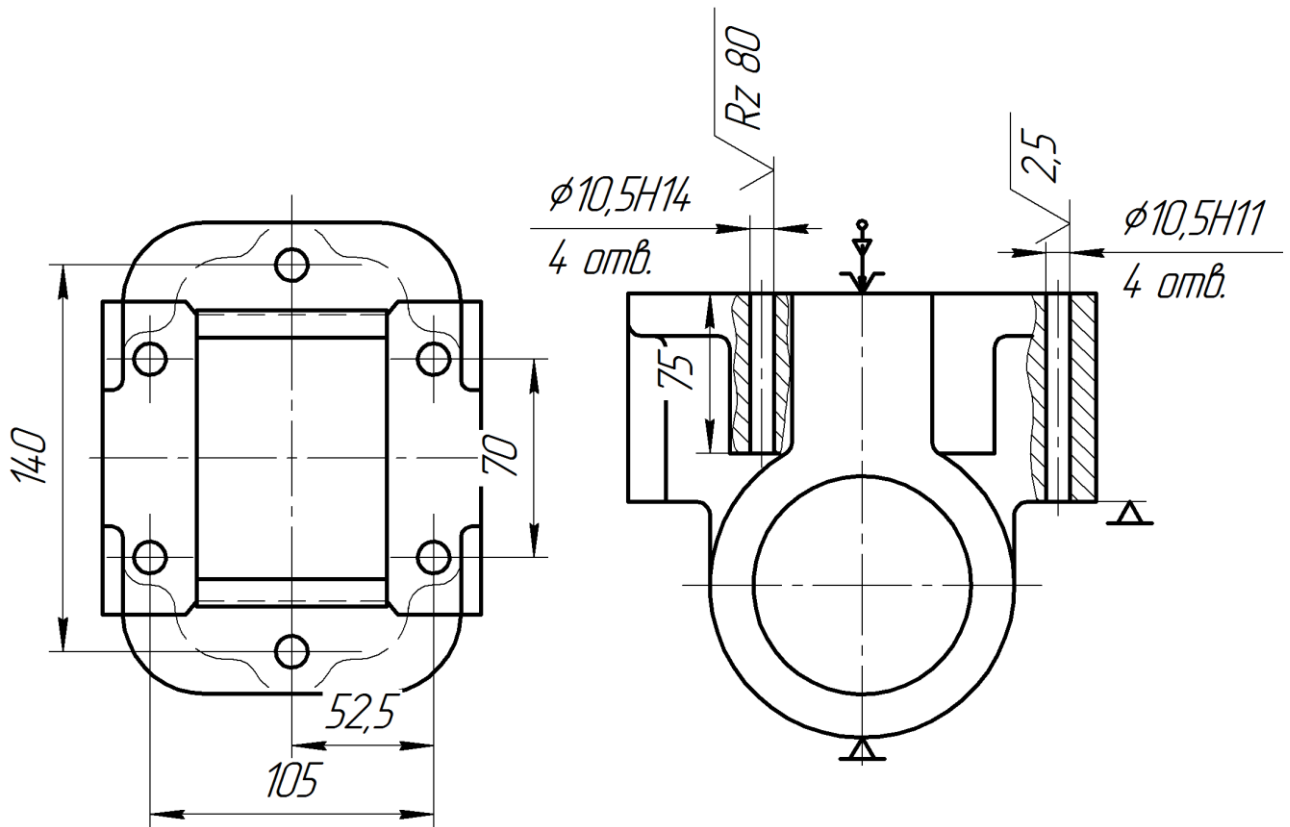


Схема 2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Арк.

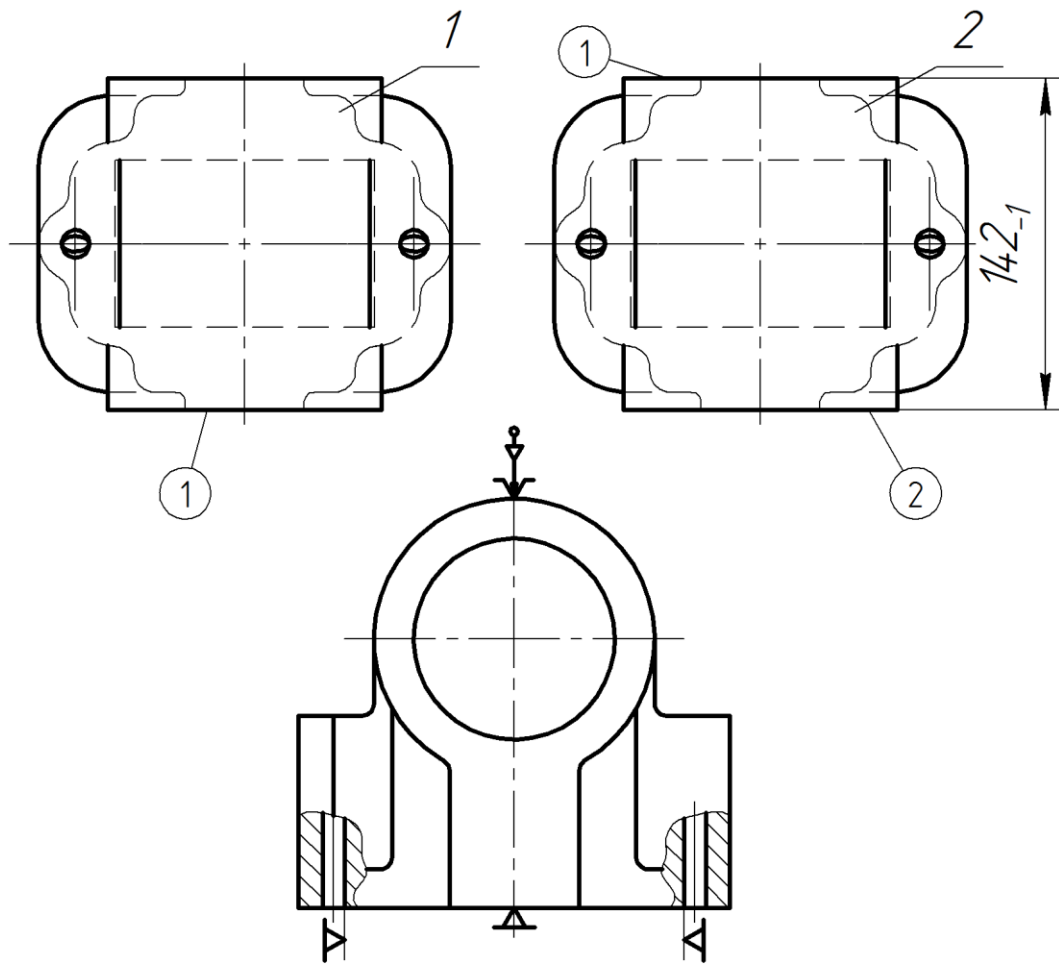


Схема 3

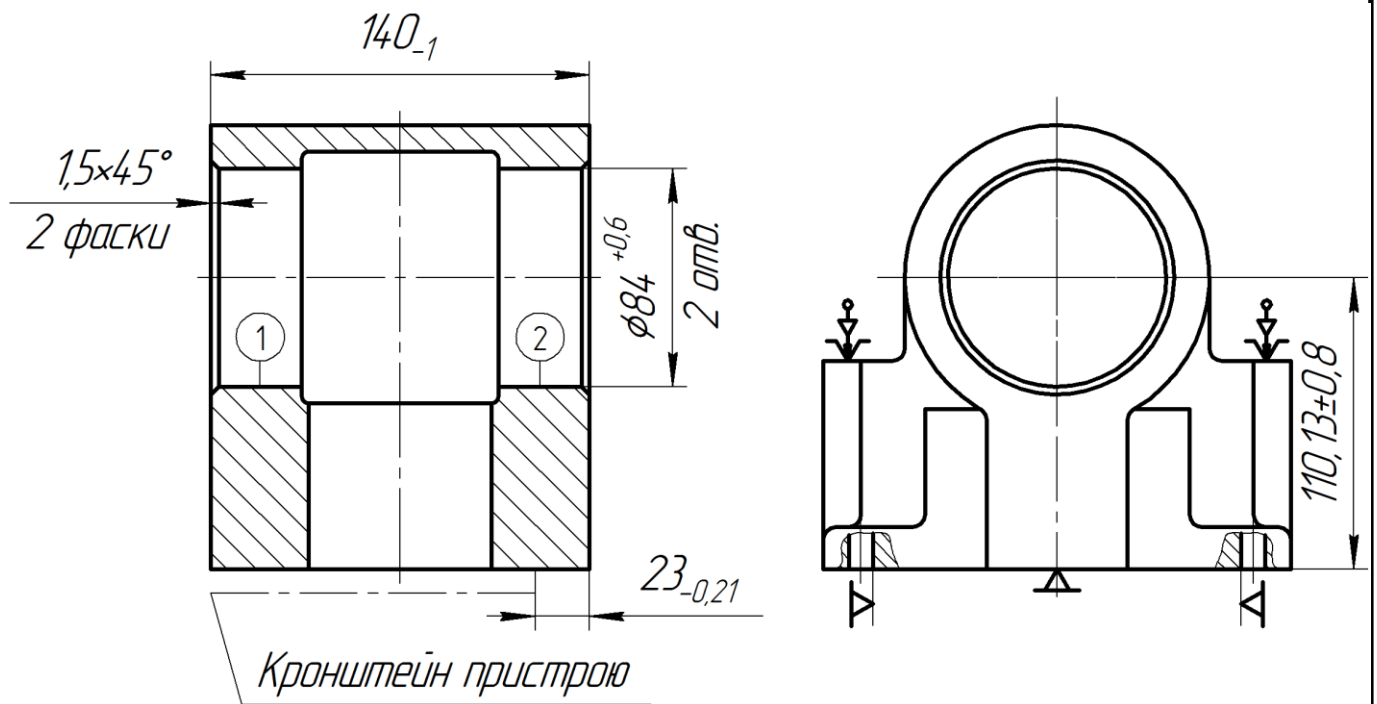


Схема 4

						МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

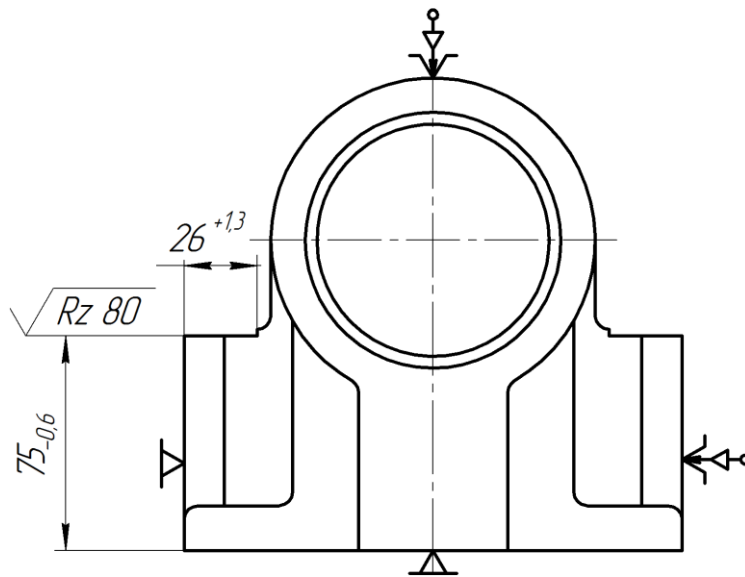


Схема 5

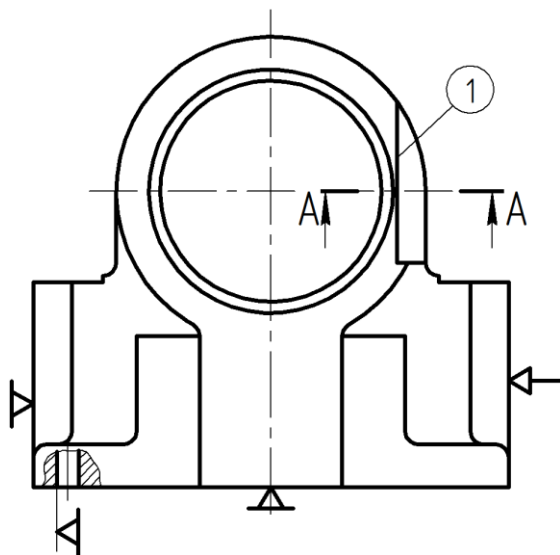


Схема 6

A-A

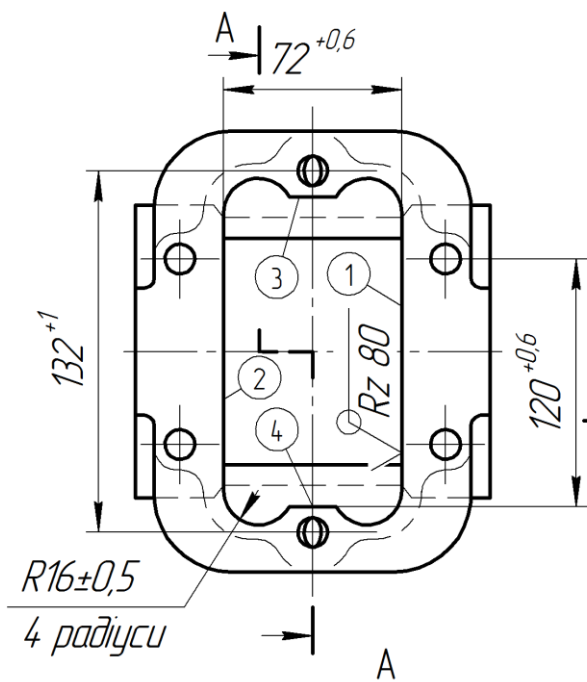
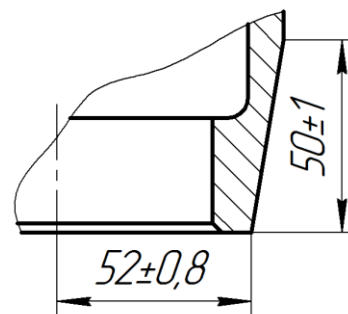
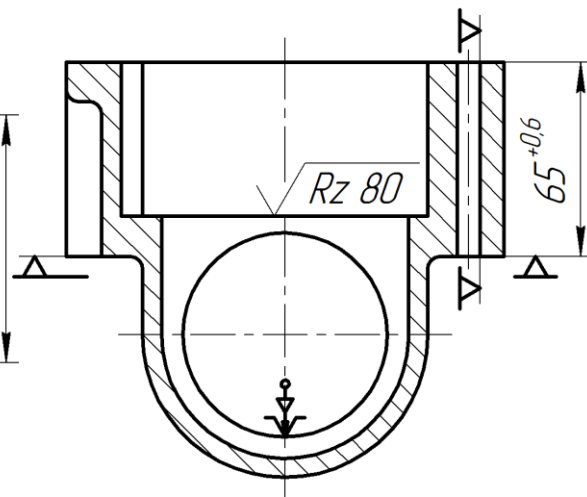


Схема 7

A-A



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.6

1	1	2	3	4
	<p>4. Фрезерувати поверхню 2 на глибину <math>65^{+0,6}</math> по розмітці в розмір <math>132^{+1,0}</math> і <math>72^{+0,6}</math>.</p> <p>5. Фрезерувати поверхню 3 на глибину <math>65^{+0,6}</math> по розмітці.</p> <p>6. Фрезерувати поверхню 2 на глибину <math>65^{+0,6}</math> по розмітці в розмір <math>120^{+0,6}</math>.</p>			
040	<p>Горизонтально-фрезерна</p> <p>А. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>1. Фрезерувати паз радіусом <math>R80\max</math>, витримавши розміри <math>18^{+0,4}</math>, <math>45\pm 0,3</math>.</p> <p>Б. Переустановити заготовки, закріпити.</p> <p>2. Повторити перехід 1.</p> <p>В. Переустановити заготовки, закріпити.</p> <p>3. Фрезерувати паз радіусом <math>R80\max</math>, витримавши розміри <math>18^{+0,4}</math>, <math>45\pm 0,3</math>.</p> <p>Г. Переустановити заготовки, закріпити.</p> <p>4. Повторити перехід 3.</p>	Горизонтально-фрезерний мод.6P82Г	Спеціальний	Схема 8
045	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>А. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>Свердлити отвір <math>\varnothing 26^{+0,4}</math> напрохід (пов. 1 і 2 по кондуктору).</p>	Радіально-свердлильний верстат мод.2M55	Кондуктор	Схема 9
050	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>А. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>1. Зенкувати поверхні 1 і 2 до <math>\varnothing 30H11</math> напрохід по кондуктору або розсвердлити поверхні 1 і 2 до <math>\varnothing 30H11</math> на прохід по кондуктору.</p>	Радіально-свердлильний верстат мод.2M55	Кондуктор	Схема 10
055	<p>Агрегатна</p> <p>А. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>1. Розточити одночасно: від лівої розточної бабки 2 отв. <math>\varnothing 85H7</math> від правої розточної бабки 2 отв. <math>\varnothing 32H11</math> виточку <math>\varnothing 38H12</math>.</p> <p>2. Повторити перехід 1.</p>	Агрегатний	Універсальний	Схема 11
060	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>А. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>1. Розвернути отв. до <math>\varnothing 33H8</math> на прохід.</p>	Радіально-свердлильний верстат мод.2M55	Кондуктор	Схема 12

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sqrt{Rz 80}$

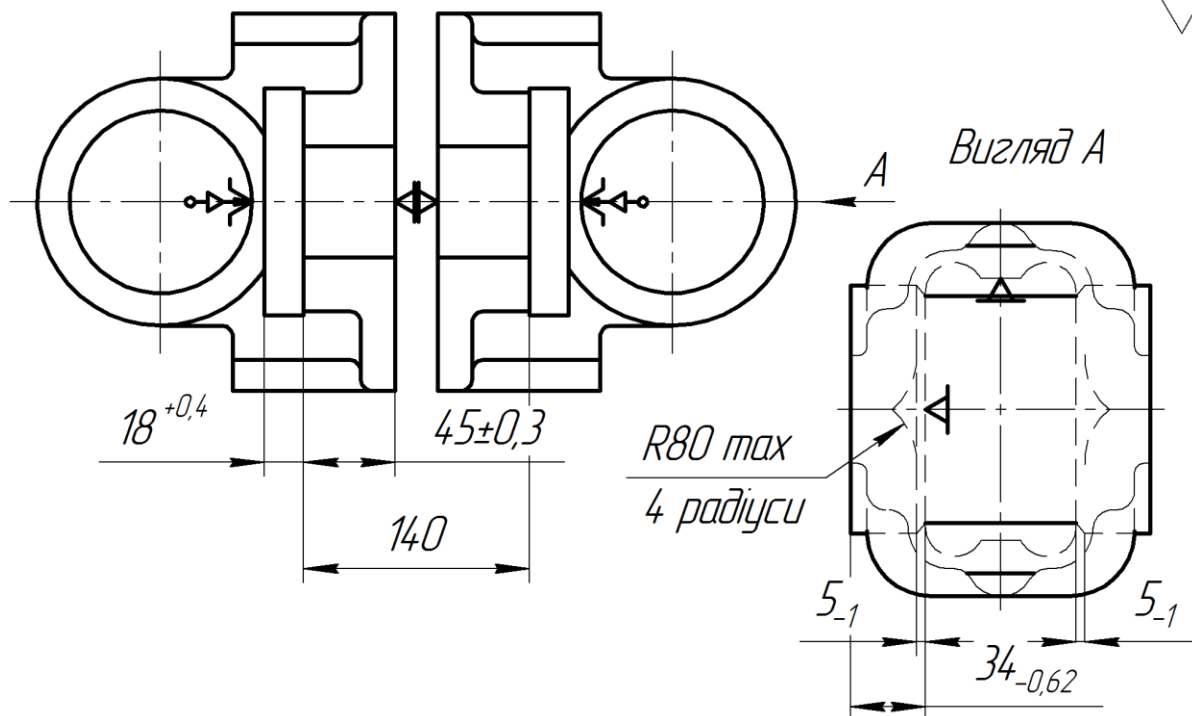


Схема 8

$\sqrt{Rz 80}$

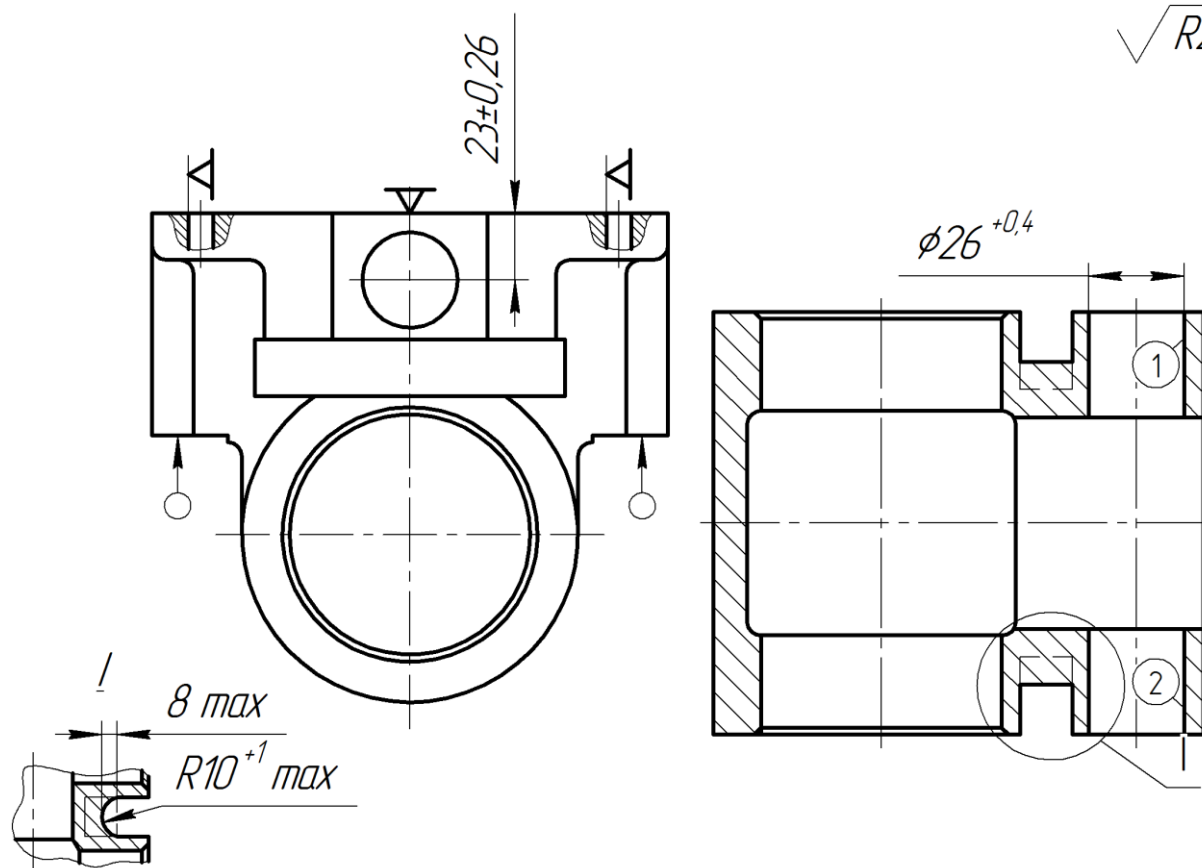


Схема 9

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Арк.

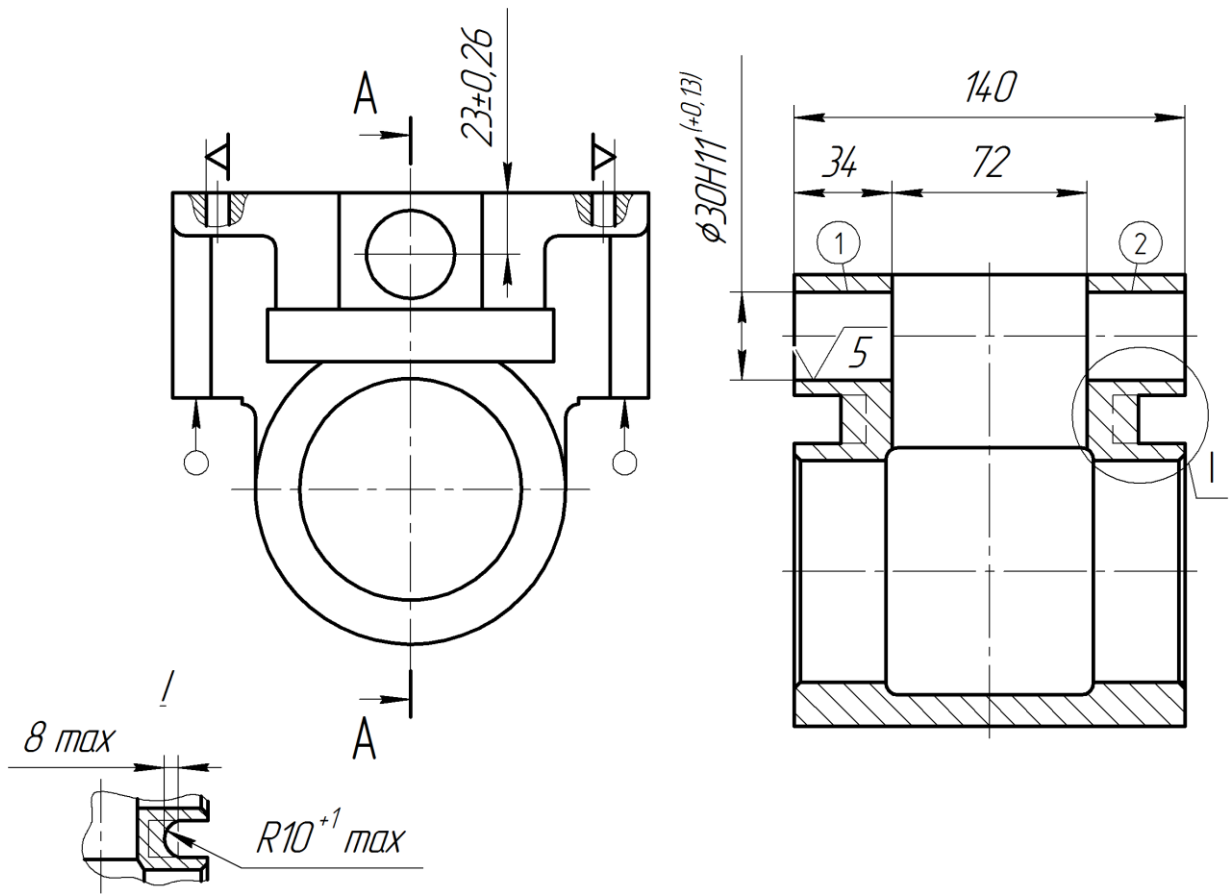


Схема 10

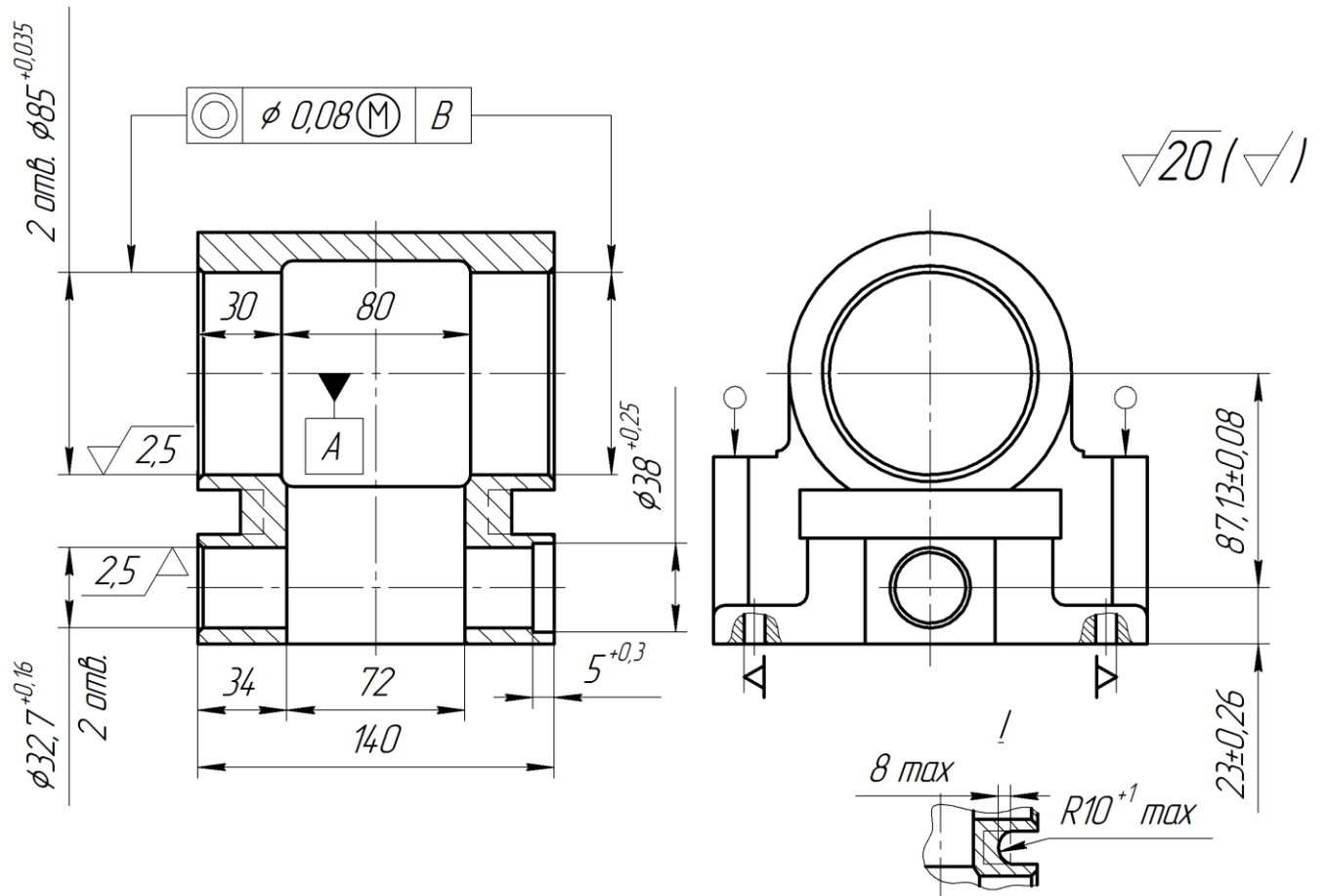


Схема 11

					MP.ПМК - 340.00.000ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

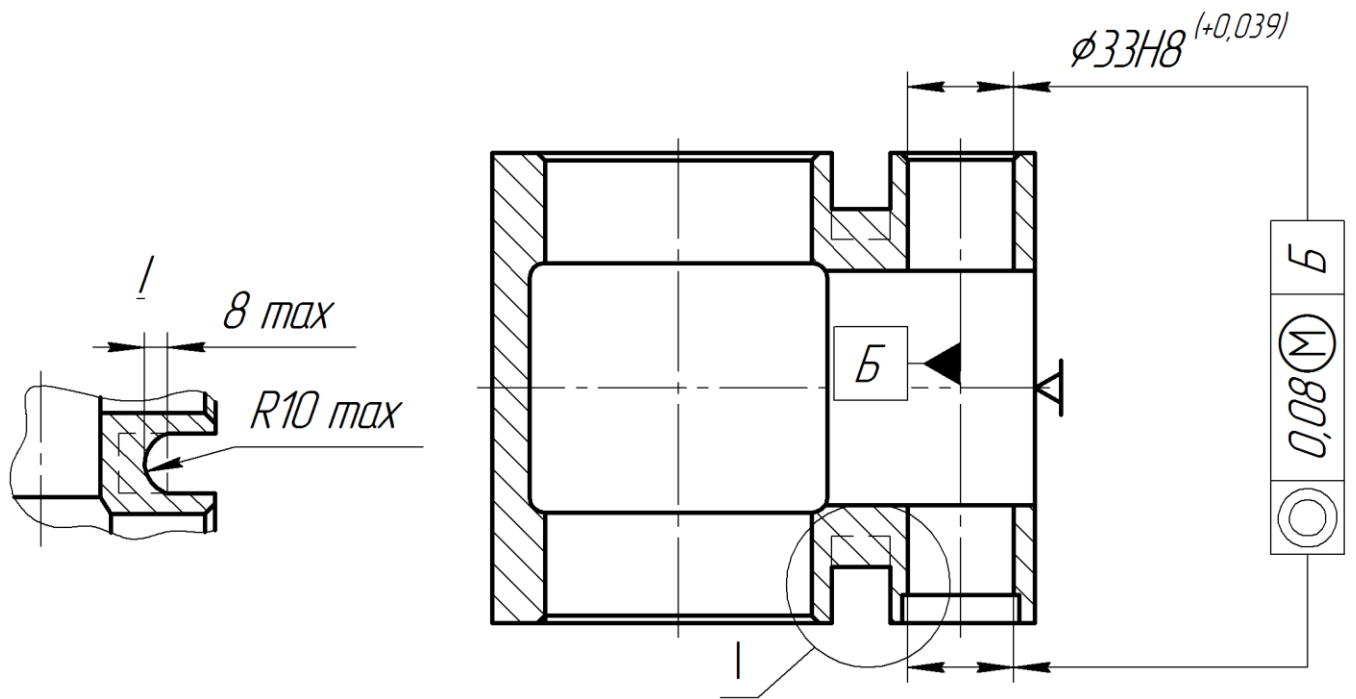


Схема 12

Продовження таблиці 1.6

1	1	2	3	4
065	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>А Встановити і закріпити заготовку.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Свердлити 8 отв. <math>\phi 6,7^{+0,26}</math> на глибину 25 під різьбу М8-7Н.</li> <li>Зняти кондукторну плиту з деталі.</li> <li>Зенкувати фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math> у 8-ми отв. <math>\phi 6,7^{+0,26}</math>.</li> <li>Нарізати різьбу М8-7Н у 8-ми отв. <math>\phi 6,7^{+0,26}</math> на глибину 16mm.</li> <li>Зенкувати фаску <math>0,5 \times 45^\circ</math> в отв. 1.</li> </ol> <p>Повернути пристрій з деталлю на <math>180^\circ</math>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Встановити кондукторну плиту на деталь і закріпити.</li> <li>Повторити перехід 1.</li> <li>Повторити перехід 2.</li> <li>Повторити перехід 3.</li> <li>Повторити перехід 4.</li> <li>Зенкувати фаску <math>0,5 \times 45^\circ</math> в отв. 2.</li> </ol>	Радіально-свердлильний верстат мод.2М55	Кондуктор	Схема 13
070	<p>Вертикально-фрезерна</p> <p>А Встановити і закріпити заготовку.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Фрезерувати 2 пази радіусом <math>R10 \dots 15</math>, витримавши розміри: <math>\angle 65^\circ</math>, <math>R48 \pm 1,0</math> послідовно.</li> </ol>	Вертикально-фрезерний верстат мод.6М13П	Універсальний	Схема 14

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Арк.

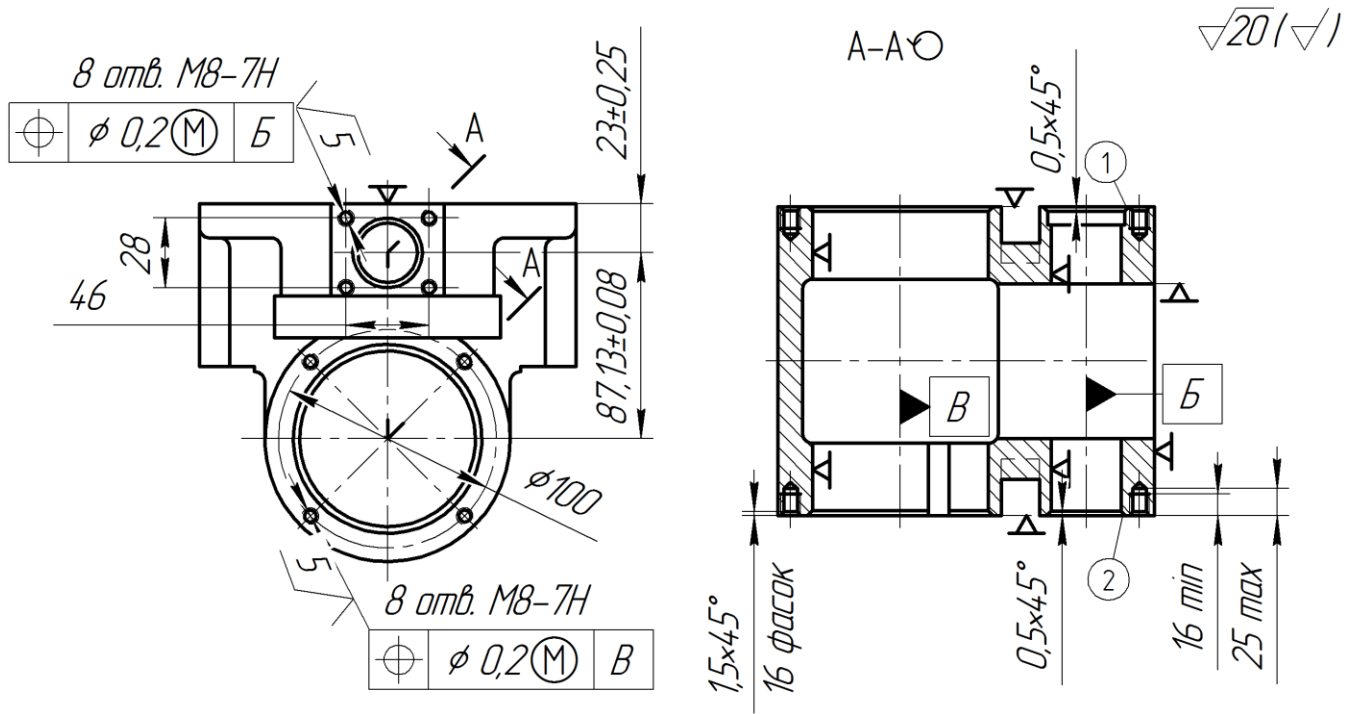


Схема 13

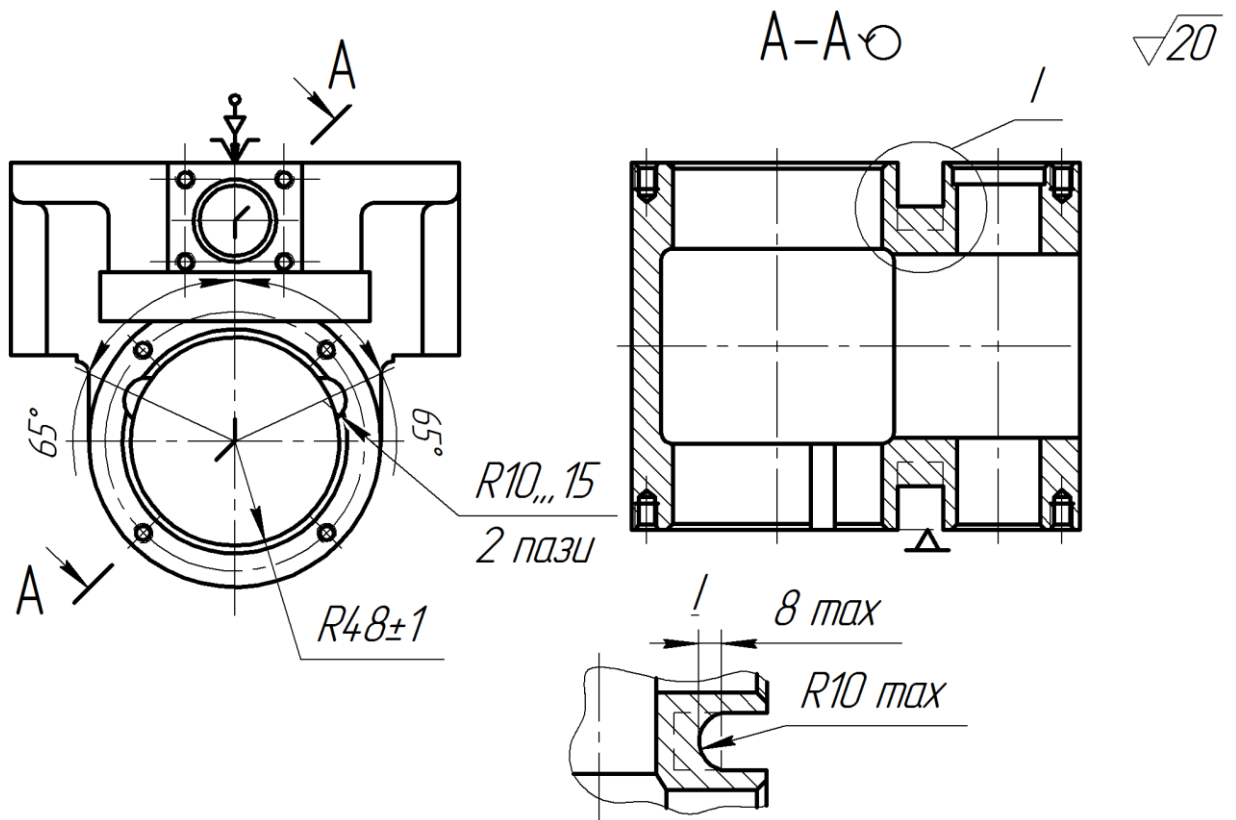


Схема 14

					Арк.	
МР.ПМК - 340.00.000ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.4.3 Обґрунтування вибору проектного технологічного процесу

#### *005 Вертикально-фрезерна*

На цій операції проводиться фрезерування площини за один прохід. Для підвищення точності поверхні, фрезерування необхідно провести за два проходи. Операція проводиться на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6М13П. Враховуючи, що потужність різання невелика, даний верстат замінимо на верстат меншої потужності - вертикально-фрезерний верстат моделі 6М12П.

#### *015 Радіально-свердлильна*

Проводиться обробка шести отворів на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55. Для більш продуктивного процесу обробки даний верстат замінимо на Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Н118Ф2. Для підвищення точності обробки отворів  $\varnothing 10H14$ , крім свердління і розвертання, проведемо ще й зенкерування.

#### *015 Горизонтально-фрезерна*

Проводиться фрезерування двох торців корпусу на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р82Г. Для підвищення продуктивності обробки даний верстат поздовжньо-фрезерним мод. 6604.

#### *020 Токарно-гвинторізна*

Проводиться обробка отвору  $\varnothing 84^{+0,6}$  на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20. Для підвищення продуктивності обробки дану операцію замінимо на горизонтально-розточну, яка виконується на горизонтально-розточному верстаті мод. 2А620. З метою одержання високої точності обробки отвору проведемо чорнове, півчистове, чистове розточування і розвертання.

#### *025 Вертикально-фрезерна*

Виконується фрезерування двох площин послідовно на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6М13П. Для підвищення продуктивності обробки даний верстат замінимо на горизонтально-фрезерний мод. 6Р82Г, на якому обробка буде проводитись одночасно.

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*030 Вертикально-фрезерна*

Проводиться фрезерування лиски на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6М13П. Замінімо даний верстат на верстат меншої оптужності мод. 6М12П.

*035 Вертикально-фрезерна*

Проводиться обробка чотирьох радіусів R16 і чотирьох площин по розмітці на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6М13П. Обробка на даному верстаті є малопродуктивною. Замінімо верстат на вертикально-фрезерний з ЧПК мод. 6Р13Ф3 для зменшення переходів, більшої точності.

*040 Горизонтально-фрезерна*

Проводиться фрезерування паза R80max з двох сторін на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р82Г.

*045, 050, 060 Радіально-свердлильна*

Проводиться свердління отвору  $\varnothing 26$ , зенкерування до  $\varnothing 30H11$ , розвертання до  $\varnothing 33H8$ , що є недоцільним. Обробку цього отвору проведемо на горизонтально-розточному верстаті мод. 2А620.

*055 Агрегатна*

Проводиться розточування 2-х отворів  $\varnothing 85H7$ , 2-х отворів  $\varnothing 32,7$  і виточки  $\varnothing 38H12$  на агрегатному верстаті. Обробку даних поверхонь проведемо на горизонтально-розточному верстаті мод. 2А620.

*065 Радіально-свердлильна*

Проводиться свердління 8-ми кріпильних отворів з нарізанням різьби М8-7Н на радіально-свердлильному верстаті 2М55. Дану операцію залишимо без змін.

*070 Вертикально-фрезерна*

Проводиться фрезерування 2-х пазів радіусом R10...15 на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6М13П. Замінімо даний верстат на верстат меншої потужності мод. 6М12П.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5
040	Горизонтально-розточна А Встановити і закріпити заготовку. 1. Підрізати торець начисто. 2. Підрізати торець начисто. 3. Розточити отвір 1 начорно і напівчисто. 4. Розточити отвір 2 начорно і напівчисто. 5. Розточити отвір 3 начорно і напівчисто. 6. Розточити отвір 4 начорно і напівчисто.	Горизонтально-розточний верстат мод. 2А620	Спеціальний	Схема 15
045	Горизонтально-розточна А Встановити і закріпити заготовку. 1. Розточити отвори 1, 2 начисто з виточкою 5. 2. Розвернути отвори 1 і 2. 3. Розточити отвори 3, 4 начисто. 4. Розвернути отвори 3 і 4. 5. Розточити фаску 1×45°.	Горизонтально-розточний верстат мод.2А620	Спеціальний	Схема 16
050	Радіально-свердлильна А Встановити і закріпити заготовку. 1. Свердлити 8 отв. $\varnothing 6,7^{+0,26}$ на глибину 25 під різьбу М8-7Н. 2. Зняти кондукторну плиту з деталі. 3. Зенкувати фаску 1,6×45° у 8-ми отв. $\varnothing 6,7^{+0,26}$ . 4. Нарізати різьбу М8-7Н у 8-ми отв. $\varnothing 6,7^{+0,26}$ на глибину 16mm. 5. Зенкувати фаску 0,5×45° в отв. 1. 6. Повернути пристрій з деталлю на 180°. 7. Встановити кондук-торну плиту на деталь і закріпити. 8. Повторити перехід 1. 9. Повторити перехід 2. 10. Повторити перехід 3. 11. Повторити перехід 4. 12. Зенкувати фаску 0,5×45° в отв. 2.	Радіально-свердлильний верстат мод. 2М55	Кондуктор	Схема 13
055	Вертикально-фрезерна А Встановити і закріпити заготовку. 1. Фрезерувати 2 пази радіусо R10...15, витримавши розміри: $\angle 65$ R48±1,0 послідовно.	Вертикально-фрезерний верстат мод.6М12П	Універсальний	Схема 14

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

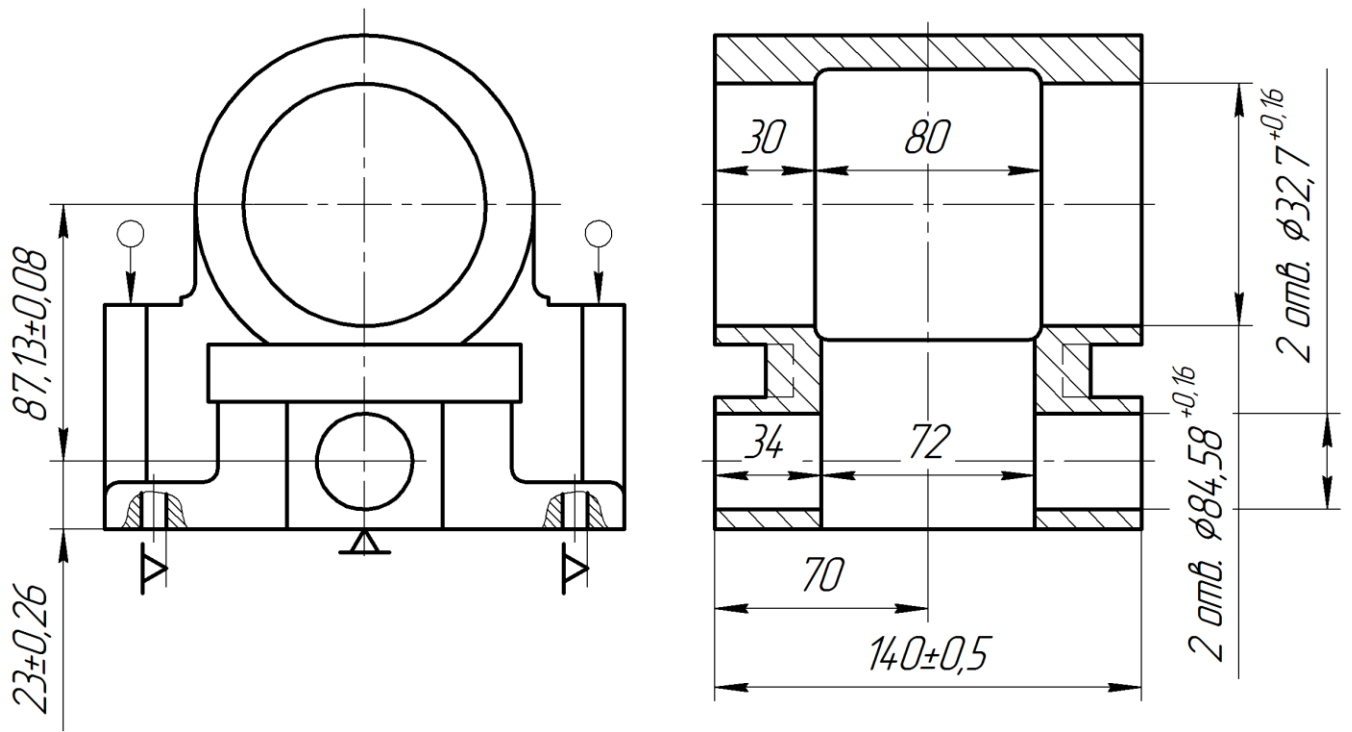


Схема 15

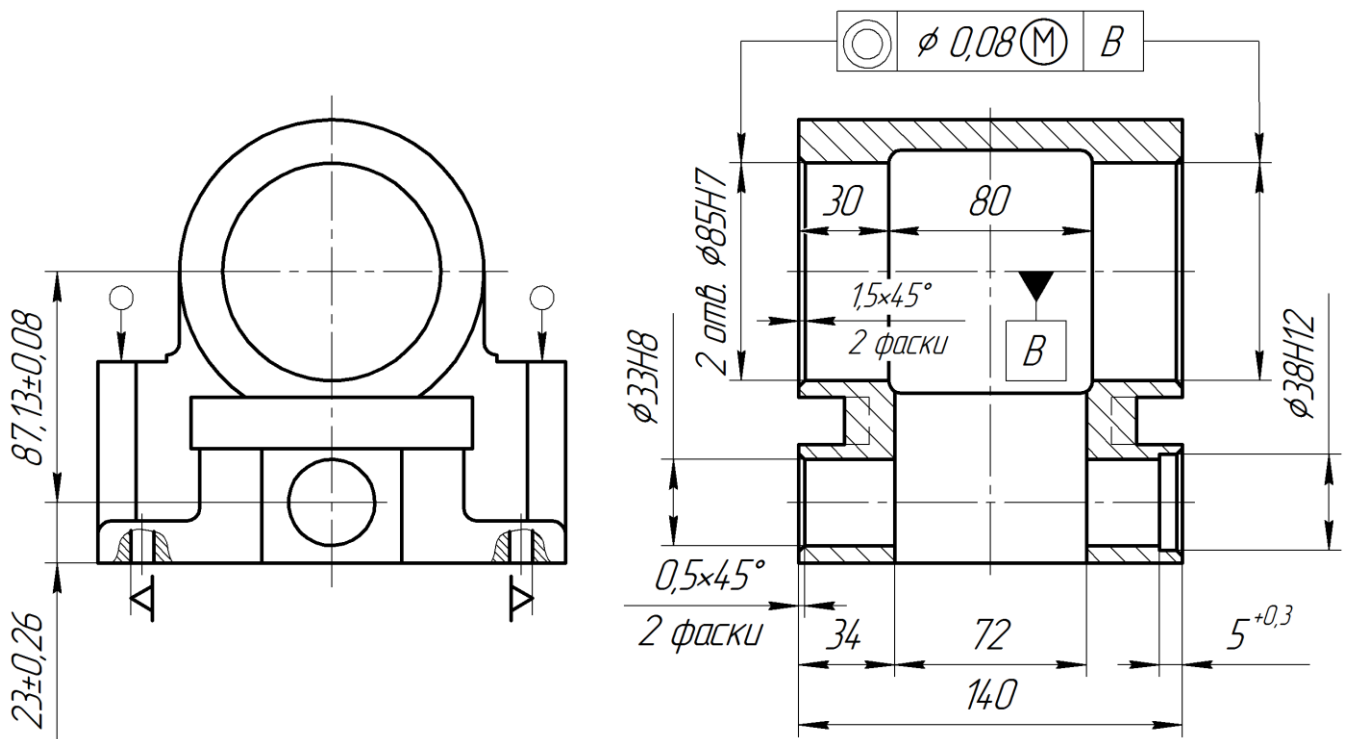


Схема 16

						МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## 1.5 Розробка операційної технології

### 1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

При розрахунку використовуємо формулу:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{oi-i} + \varepsilon_i);$$

де:  $R_{Z_{i-1}}$  – висота мукронерівностей поверхні, які залишилися при виконанні попереднього технологічного процесу;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, який залишився при виконанні попереднього технологічного процесу;

$\rho_{oi-i}$  – сумарні відхилення розташування, які виникли на попередньому технологічному переході, мкм;

$\varepsilon_i$  – величина похибок установки заготовки при виконуваному технологічному переході, мкм.

Проведемо визначення припусків і проміжних значень граничних розмірів для обробки отвору  $\varnothing 85H7$ .

Назначаємо маршрут обробки:

1. заготовка;
2. розточування чорнове;
3. розточування півчистове;
4. розточування чистове;
5. розвертання.

Для заготовки:  $(R_z+T)=600\text{мкм}$ ;

Просторову похибку знаходимо за формулою:

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2},$$

де:  $\rho_{\text{кор}}$  – величина короблення отвору,

$\rho_{\text{зм}}$  величина зміщення;

Величину короблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому перерізі:

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K l)^2},$$

де:  $\Delta_K$  – питома кривизна заготовки на 1мм,  $\Delta_K = 2^{\text{МКМ}} / \text{мм}$ ;

$l$  – довжина оброблюваного отвору;

$d$  – діаметр отвору.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(2 \cdot 85)^2 + (2 \cdot 140)^2} = 294 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2},$$

де:  $\delta_1$  – допуск на діаметральний розмір;

$\delta_2$  – допуск на лінійний розмір.

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{2400}{2}\right)^2 + \left(\frac{2400}{2}\right)^2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$\rho_0 = \sqrt{294^2 + 1500^2} = 1200 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового сумарного розташування відхилень заготовки після виконаного переходу:

$$\rho_{\text{зал.}} = K_y \cdot \rho_0, \text{ мкм}$$

$K_y = 0,05$  – коефіцієнт уточнення;

Тоді:  $\rho_{\text{зал.}} = 0,05 \cdot 1200 = 60 \text{ мкм}$ ;

Похибка установки при розточуванні визначається за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

де:  $\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення.

Визначаємо похибку базування:

$$\varepsilon_6 = D_{o \text{ max}} - d_{n \text{ min}},$$

де:  $D_{o \text{ max}}$  – максимальний діаметр отвору;

$d_{n \text{ min}}$  – мінімальний діаметр пальця.

Для спряження Н7/ф7:

$$\varepsilon_6 = 10,518 - 10,466 = 0,052 \text{ мм}$$

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка закріплення (встановлення) на площину і два пальці з пневматичним затиском  $\varepsilon_3=140$  мкм.

$$\varepsilon = \sqrt{52^2 + 140^2} = 149 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки:

$$\varepsilon_{\text{зал}} = K_y \cdot \varepsilon,$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення;

$$\varepsilon_{\text{зал}} = 0,05 \cdot 149 = 7,5 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове розточування:

$$2Z_{\text{min}} = 2\left(600 + \sqrt{1200^2 + 149^2}\right) = 3618 \text{ мкм}$$

Аналогічно проведемо розрахунки мінімальних припусків для інших переходів, а результати зводимо в таблицю 1.10.

Проводимо перевірку, користуючись співвідношенням:

$$Z_{i\text{max}} - Z_{i\text{min}} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$4948 - 3618 = 2200 - 870;$$

$$1330 = 1330.$$

Перевірка показує що розрахунок проведено вірно. На основі розрахункової таблиці будемо схему розташування граничних розмірів, допусків і припусків

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків та граничних розмірів

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\text{min}}$ мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	$R_z$	T	$\rho_o$	$\varepsilon$				$d_{\text{min}}$	$d_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}^{\text{пр}}$	$2Z_{\text{max}}^{\text{пр}}$
Заготовка	300	300	1200	—	—	78,156	2200	78,156	80,356	—	—
1. Розточити начорно	120	120	60	149	3618	83,104	870	83,104	83,974	3618	4948
2. Розточити напівчисто	80	20	30	7,5	601	84,575	140	84,575	84,715	601	1471
3. Розточити начисто	15	—	15	3,8	260	84,921	54	84,921	84,975	260	346
4. Розвернути	10	—	7,5	1,9	60	85	35	85	85,035	60	79

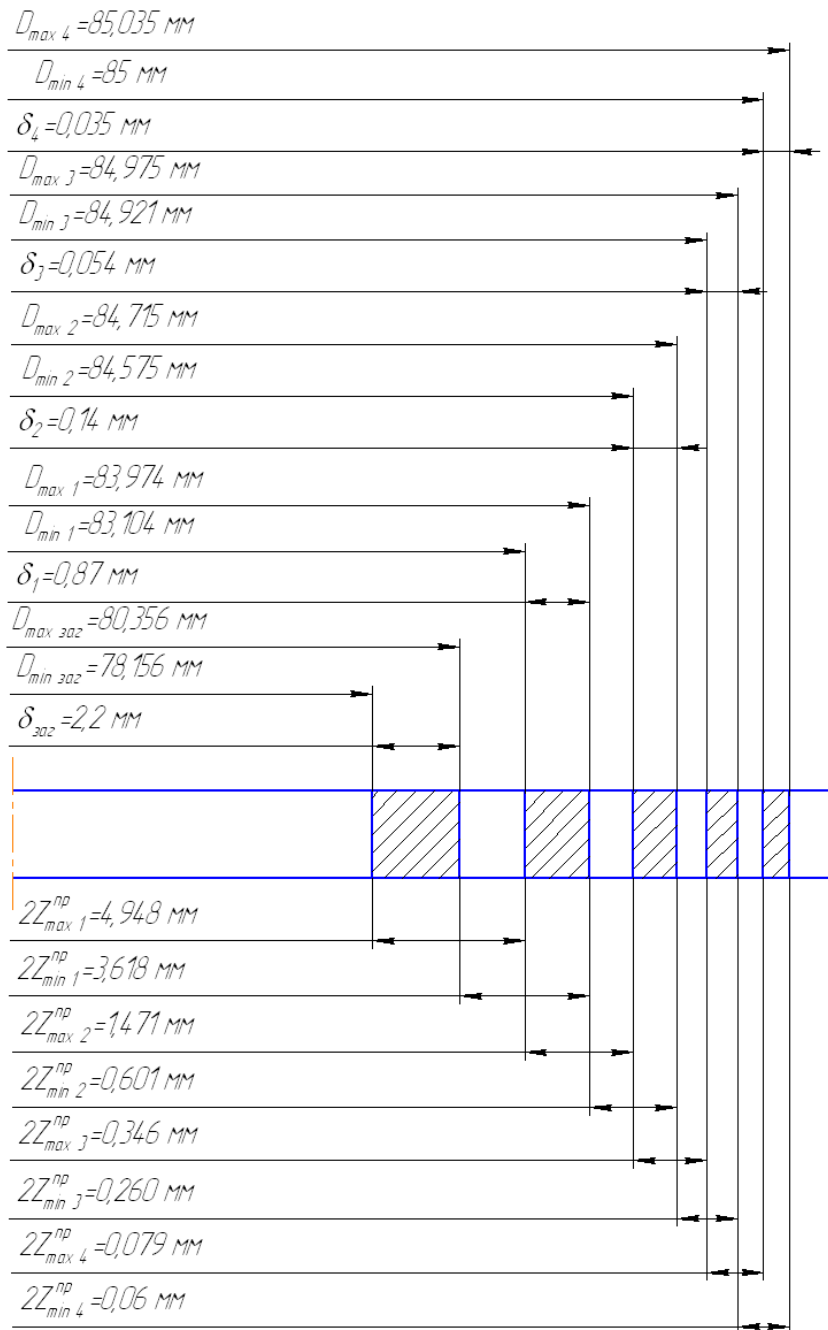


Рисунок 1.3 - Схема розташування полів допусків і припусків для поверхні  $\text{Ø}85^{+0,039} \text{ мм}$ .

Проведемо визначення припусків і проміжних значень граничних розмірів для обробки отворів  $\text{Ø}10,5\text{Н}11(^{+0,11})$ .

При розрахунку використовуємо формулу:

$$2Z_{min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{oi-1} + \epsilon_i);$$

де:  $R_{zi-1}$  – висота мукронерівностей поверхні, які залишилися при виконанні попереднього технологічного процесу;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, який залишився при виконанні попереднього технологічного процесу;

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\rho_{oi-i}$  – сумарні відхилення розташування, які виникли на попередньому технологічному переході, мкм;

$\varepsilon_i$  – величина похибок установки заготовки при виконуваному технологічному переході, мкм.

Назначаємо маршрут обробки:

- 1.Свердління;
2. Зенкерування;
3. Розвертання.

Для свердління  $R_z=40$ мкм,  $T=60$  мкм [2], с.66, т.27

Сумарна похибка просторових відхилень при свердлінні:

$$\rho_o = \sqrt{c_o^2 + (\Delta_k \cdot l)^2},$$

де:  $\Delta_k$  – питоме відхилення осі отвору;

$$\Delta_k = 1,7 \text{ мкм/мм} \quad [1], \text{ с.73, т.35}$$

$c_o$  – зміщення осі отвору;

$$c_o = 15 \text{ мкм} \quad [1], \text{ с.73, т.35}$$

$l$  – глибина отвору;

$$\rho_o = \sqrt{15^2 + (1,7 \cdot 7,5)^2} = 128 \text{ мкм}$$

Величина залишкового просторового відхилення складає:

$$\rho_{зал.} = K_y \cdot \rho_o, \text{ мкм}$$

$K_y=0,05$  – коефіцієнт уточнення форми;

$$\text{Тоді: } \rho_{зал.} = 0,05 \cdot 128 = 6,4 \text{ мкм}$$

Похибка установки:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_3^2},$$

де:  $\varepsilon_o$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення.

Визначаємо похибку базування:

$$\varepsilon_o = 0 \text{ (базування в призмі і по двох площинах)}$$

Похибка закріплення на опорні пластини пристрою

$$\varepsilon_3 = 140 \text{ мкм};$$

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 140^2} = 140 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки:

$$\varepsilon_{\text{зал}} = K_y \cdot \varepsilon,$$

де:  $K_y$  – коефіцієнт уточнення;

$$\varepsilon_{\text{зал}} = 0,05 \cdot 140 = 7 \text{ мкм}$$

Припуск на зенкерування

$$2Z_{\text{min}} = 2(40 + 60 + \sqrt{128^2 + 140^2}) = 580 \text{ мкм}$$

Аналогічно проведемо розрахунки мінімальних припусків для інших переходів, а результати зведемо в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Розрахунок припусків та граничних розмірів

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\text{min}}$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск $\delta_i$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_z$	T	$\rho_o$	$\varepsilon_i$				$D_{\text{min}}$	$D_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}^{\text{np}}$	$2Z_{\text{max}}^{\text{np}}$
1. Свердлити	40	60	128	140	–	9,3	390	9,3	9,69	–	–
2. Зенкерувати	30	40	6,4	7	580	10,3	180	10,3	10,48	580	790
3. Розвернути	5	10	0	0	153	10,5	110	10,5	10,61	153	223

Проводимо перевірку, користуючись співвідношенням:

$$2Z_{i\text{max}} - 2Z_{i\text{min}} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$790 - 580 = 390 - 180;$$

$$210 = 210.$$

Перевірка показує що розрахунок проведено вірно. На основі розрахункової таблиці будемо схему розташування граничних розмірів, допусків і припусків.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



$$S = \frac{C_s \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_s$$

де:  $K_s = K_{mS} \cdot K_{uS} \cdot K_{lS}$

$K_{mS}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{mS} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1,25} \quad [3], \text{ с.424, т.9}$$

$$K_{mS} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,25} = 0,83$$

$K_{uS}$  – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу

$$K_{uS} = 0,83 \quad [3], \text{ с.426, т.15}$$

$K_{lS}$  – коефіцієнт, який враховує глибину отвору

$$K_{lS} = 1,0 \quad [3], \text{ с.436, т.30}$$

$$K_s = 0,83 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 0,69$$

$C_v$  – коефіцієнт, який враховує вид обробки

$$C_v = 109; q=0,2; x=0; y=0,5; m=0,45 \quad [3], \text{ с.434, т.28}$$

де:  $q, x, y, m$  – показники степенів, які враховують характер обробки

Підставивши всі значення в формулу отримаємо:

$$S = \frac{109 \cdot 85^{0,2}}{210^{0,45} \cdot 0,04^0 \cdot 3,8^{0,5}} \cdot 0,69 = 8,5 \text{ м/хв}$$

5) Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot S}{\pi \cdot D}$$

де:  $S$  – швидкість різання;

$D$  – діаметр інструмента.

Тоді: 
$$n = \frac{1000 \cdot 8,5}{3,14 \cdot 85} = 31,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата  $n_B = 40 \text{ об/хв}$ ;

б) Дійсна швидкість різання

$$S_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 40}{1000} = 10,7 \text{ м/хв};$$

7) Крутний момент на шпинделі:

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot Z}{2 \cdot 100},$$

де:  $S_z$ —подача в мм на один зуб інструмента, яка рівна  $S/z$ ,

де:  $S$ —подача в  $\text{мм}/\text{об}$ ;

$Z$ —число зубів інструмента;

$$C_p=92; x=1,0; y=0,75; n=0 \quad [3], \text{ с.429, т.20}$$

$$M_{кр} = \frac{92 \cdot 0,04^1 \cdot 0,48^{0,75} \cdot 85 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 7,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

8) Потужність різання, кВт:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_b}{9750} = \frac{7,2 \cdot 40}{9750} = 0,1 \text{ кВт}$$

9) Основний час

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{S_{хв}},$$

де:  $L_{р.х.}$ —довжина робочого ходу;

$$L_{р.х.} = l_p + y + \Delta,$$

де:  $l_p$ —довжина різання, мм;

$y$ —величина врізання, мм;

$\Delta$ —величина перебігу, мм;

$$L_{р.х.} = 140 + 2 + 3 = 145, \text{ мм};$$

$S_{хв}$ —хвилинна подача, яка рівна

$$S_{хв} = S_z \cdot Z \cdot n_b = 0,63 \cdot 8 \cdot 40 = 202 \text{ мм}/\text{об};$$

$$T_o = \frac{145}{202} = 0,72 \text{ хв}$$

Проведемо розрахунок режимів різання для фрезерування поверхні з розміром  $65^{+0,6}$ .

*Операція 005* Вертикально-фрезерна

Пристрій: фрезерний спеціальний.

Верстат: вертикально-фрезерний мод.6М12П.

Різальний інструмент: торцюва фреза  $\varnothing 160$  мм,  $Z=14$ , ВК8.

А Встановити закріпити і зняти заготовку.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фрезерувати поверхню 1 начисто.

1) Глибина різання  $t=0,2$  мм;

2) Знаходимо подачу

$$S_z=0,15 \text{ мм.} \quad [3], \text{ с.440, т.36}$$

3) Стійкість інструменту

$$T=240 \text{ хв.} \quad [3], \text{ с.444, т.38}$$

4) Знаходимо швидкість різання за формулою

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

де:  $K_v=K_{m9} \cdot K_{n9} \cdot K_{u9}$

$K_{m9}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{m9} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1,25} \quad [3], \text{ с.424, т.9}$$

$$K_{m9} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,25} = 0,83$$

$K_{n9}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки

$$K_{n9}=0,85 \quad [3], \text{ с.426, т.14}$$

$K_{u9}$  – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу

$$K_{u9}=0,83 \quad [3], \text{ с.426, т.15}$$

$C_v$  – коефіцієнт, який враховує вид обробки

$$C_v=445; q=0,2; x=0,15; y=0,35; u=0,2; p=0; m=0,32 \quad [3], \text{ с.442, т.37}$$

де: q, x, y, u, p, m – показники степенів, які враховують характер обробки

T – стійкість інструмента;

Підставивши всі значення в формулу отримаємо:

$$v = \frac{445 \cdot 160^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 140^{0,2} \cdot 14^0} \cdot 0,59 = 115,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

5) Знайдемо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D},$$

де: v – швидкість різання;

D – діаметр фрези;

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Тоді: } n = \frac{1000 \cdot 115}{3,14 \cdot 160} = 228,8 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту верстата  $n_b = 250 \text{ хв}^{-1}$ ;

Знайдемо дійсну швидкість різання

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_b}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 250}{1000} = 125,6 \text{ м/хв};$$

б) знайдемо сили різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

де:  $K_{mp}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n = \left( \frac{220}{190} \right)^{0,4} = 1,1; \quad [3], \text{ с.430, т.21}$$

де:  $n=0,4$  – показник степені [3], с.430, т.21

$$C_p=54,5; x=0,9; y=0,74; u=1; q=1; w=0 \quad [3], \text{ с.445, т.39}$$

Підставивши в формулу отримаємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 140^{1,0} \cdot 14}{160^{1,0} \cdot 250^0} \cdot 1,1 = 424 \text{ Н};$$

7) Знаходимо крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}$$

Підставивши в формулу значення отримаємо

$$M_{кр} = \frac{424 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 339 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

8) Знаходимо ефективну потужність різання, кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} [5], \text{ с.290}$$

$$N_e = \frac{424 \cdot 126}{1020 \cdot 60} = 0,9 \text{ кВт}.$$

9) Основний час:  $T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_{хв}}$ ,

де:  $L_{p.x.}$  – довжина робочого ходу,  $L_{p.x.} = l_p + u + \Delta$ ,

де:  $l_p$  – довжина різання, мм,  $u$  – величина врізання, мм,  $\Delta$  – величина перебігу, мм;

$$L_{p.x.} = 170 + 2 + 3 = 175 \text{ мм};$$

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{XB}$  – хвилинна подача, яка рівна:

$$S_{XB} = S_z \cdot Z \cdot n = 0.15 \cdot 14 \cdot 250 = 525 \frac{\text{мм}}{\text{хв}};$$

$$T_o = \frac{175}{525} = 0,33 \text{ хв.}$$

Проведемо розрахунок режимів різання для розвертання отвору до  $\varnothing 33H8$ .

*Операція 045* Горизонтально-розточна

Верстат: горизонтально-розточний мод. 2A620.

Пристрій: спеціальний.

Різальний інструмент: розвертка  $\varnothing 33$ , ВК8.

А Встановити закріпити і зняти деталь.

Розвернути отвір до  $\varnothing 33H8$ .

1) Глибина різання:

$$t = 0,5(D-d) = 0,5(33-32,7) = 0,15 \text{ мм}$$

2) Знаходимо подачу:

$$S = 2,6 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \quad [3], \text{ с.433, т.27}$$

3) Стійкість інструменту:

$$T = 105 \text{ хв} \quad [3], \text{ с.435, т.29}$$

4) Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v [5], \text{ с.282}$$

де:  $K_v = K_{m_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{l_v}$

$K_{m_v}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{m_v} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1,25}; \quad [3], \text{ с.424, т.9}$$

$$K_{m_v} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,25} = 0,83;$$

$K_{l_v}$  – коефіцієнт, який враховує довжину обробки

$$K_{l_v} = 1,0 \quad [3], \text{ с.436, т.30}$$

$K_{u_v}$  – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{u9}=0,83 \quad [3], \text{ с.426, т.15}$$

$C_v$  – коефіцієнт, який враховує вид обробки

$$C_v=109; q=0,2; y=0,5; x=0 \quad [3], \text{ с.434, т.28}$$

де:  $q, x, y$  – показники степенів, які враховують характер обробки

$T$  – стійкість інструмента;

Підставивши всі значення в формулу отримаємо:

$$9 = \frac{109 \cdot 33^{0,2}}{105^{0,45} \cdot 0,15^0 \cdot 2,6^{0,5}} \cdot 0,69 = 11,6 \text{ м/хв};$$

5) Знайдемо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot 9}{\pi \cdot D},$$

де:  $9$  – швидкість різання;

$D$  – діаметр розвертки;

$$\text{Тоді: } n = \frac{1000 \cdot 11,6}{3,14 \cdot 33} = 111,9 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту верстата  $n_B=125 \text{ хв}^{-1}$ ;

6) Знайдемо дійсну швидкість різання

$$9_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 125}{1000} = 13 \text{ м/хв};$$

7) Знаходимо крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot Z}{2 \cdot 100};$$

де:  $C_p=92; x=1,0; y=0,75; \quad [3], \text{ с.429, т.20}$

Підставивши в формулу значення отримаємо:

$$M_{кр} = \frac{92 \cdot 0,15^1 \cdot 0,33^{0,75} \cdot 33 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 7,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

8) Знаходимо ефективну потужність різання, кВт:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_B}{9750} = \frac{7,9 \cdot 125}{9750} = 0,1 \text{ кВт}$$

9) Основний час  $T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_{хв}}$ ,

де:  $L_{p.x.}$  – довжина робочого ходу;

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{p.x.} = l_p + y + \Delta,$$

де:  $l_p$  – довжина різання, мм;  
 $y$  – величина врізання, мм;  
 $\Delta$  – величина перебігу, мм;

$$L_{p.x.} = 140 + 2 + 3 = 145 \text{ мм};$$

$S_{xв}$  – хвилинна подача, яка рівна:

$$S_{xв} = S_z \cdot Z \cdot n = 0.33 \cdot 8 \cdot 125 = 330 \frac{\text{мм}}{\text{хв}};$$

$$T_o = \frac{145}{330} = 0,4 \text{ хв}$$

Проведемо розрахунок режимів різання для розвертання отвору  $\varnothing 10,5H11$ .

*Операція 010* Вертикально-свердлильна з ЧПК

Верстат: вертикально-фрезерний з ЧПК мод.2Н118Ф2

Пристрій: спеціальний.

Різальний інструмент: розвертка  $\varnothing 10,5$ , ВК8.

Перехід: розвернути 2 отв. до  $\varnothing 10,5H11$

Режими різання:

1. Глибина різання:  $t=0.1$  мм [13], с.127, карта 45
2. Подача:  $S_{от}=0,71 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$  [13], с.134, карта 49, аркуш 1
3. Швидкість різання:  $V_T=8,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$  [13], с.134, карта 49, аркуш 1
4. Потужність різання:  $N_T=0,35$  кВт [13], с.134, карта 49, аркуш 1
5. Осьова сила:  $P_T=19\text{Н}$  [13], с.134, карта 49, аркуш 1

Проведемо коректування подачі:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{SM},$$

$$V = V_m \cdot K_{vm} \cdot K_{vз} \cdot K_{vжс} \cdot K_{vm} \cdot K_{vw} \cdot K_{vi} \cdot K_{vl} \cdot K_{vn}$$

$K_{vm}=0,9$  [13], с.144, карта 53, аркуш 2;

$K_{vз}=1,0$  [13], с.146, карта 53, аркуш 4;

$K_{vжс}=1,0$  [13], с.145, карта 53, аркуш 3;

$K_{vt}=1,0$  [13], с.148, карта 53, аркуш 6;

$K_{vw}=0,85$  [13], с.145, карта 53, аркуш 3;

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{vii}=2,2$  [13], с.146, карта 53, аркуш 4;

$K_{vi}=1,0$  [13], с.146, карта 53, аркуш 4;

$K_{vii}=1,0$  [13], с.147, карта 53, аркуш 5.

$$V = 8,7 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 14,6 \text{ м/хв}$$

Скоректуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,6}{3,14 \cdot 10,5} = 443 \text{ об/хв}$$

Хвилинна подача:  $S_m = S_o \cdot n = 0,64 \cdot 443 = 284 \text{ мм/хв}$

Враховуючи паспортні дані верстату приймаємо  $n_\phi=500 \text{ об/хв}$ ;

$S_{m\phi}=315 \text{ мм/хв}$ ;  $S_{o\phi}=0,8 \text{ мм/об}$ .

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,5 \cdot 500}{1000} = 16,5 \text{ м/хв}$$

Коректування потужності різання проводимо по формулі:

$$N = \frac{N_m \cdot K_{Ni}}{K_{Nm}};$$

де:  $K_{Ni}=1,92$  [13], с.150, карта 53, аркуш 8,

$K_{Nm}=0,9$  [13], с.144, карта 53, аркуш 2.

$$N = \frac{0,35 \cdot 1,92}{0,9} = 0,75 \text{ кВт}$$

Згідно паспорту верстата  $N_d=4 \text{ кВт}$ , коефіцієнт корисної дії  $\eta=0,81$ , допустима сила подачі  $P_{ст}=15000\text{Н}$ . Перевіримо умову  $N \leq N_d \cdot \eta$

$$0,75 < 3,24 \text{ – умова виконується.}$$

Коректування осьової сили здійснюється по формулі:

$$P = \frac{P_m \cdot K_{pi}}{K_{pm}};$$

де:  $K_{pi}=2,4$  [13], с.151, карта 53, аркуш 9

$K_{pm}=0,9$  [13], с.144, карта 53, аркуш 2

$$P = \frac{19 \cdot 2,4}{0,9} = 50,7 \text{ Н}$$

Визначаємо основний час обробки:

$$L_{p..x.} = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:  $l_0$  – довжина оброблюваного отвору;

$l_1$  – довжина підводу інструменту;

$l_2$  – довжина врізання інструмента;

$l_3$  – довжина перебігу інструмента;

$$l_0 = 75 \text{ мм}$$

$$l_1 = 5 \text{ мм [13], с.329, додаток 23}$$

$$l_2 = 8 \text{ мм [13], с.329, додаток 23}$$

$$l_3 = 5 \text{ мм [13], с.329, додаток 23}$$

$$L_{p.x.} = 75 + 5 + 8 + 5 = 93 \text{ мм}$$

Основний час:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_{mf}} = \frac{93}{315} = 0,29 \text{ хв}$$

Зважаючи на те, що проводиться обробка 2 отворів основний час буде рівний:

$$T_o = 0,29 \cdot 2 = 0,58 \text{ хв}$$

Значення режимів різання та основного часу поопераційно заносимо в таблицю.

Таблиця 1.10 — Режими різання на обробку деталі

Назва операції	t, мм	S, мм/об	S <sub>XB</sub> , мм/хв	g, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	N <sub>p</sub> , кВт	T <sub>o</sub> , хв
1	2	3	4	5	6	7	8
005 Вертикально-фрезерна							
Перехід 1	1,1	–	315	100	200	3	1,2
Перехід 2	0,2	–	525	126	250	0,9	0,33
010 Вертикально-свердлильна з ЧПК							
Перехід 1	1,5	0,06	–	19,0	2000	0,4	1,8
Перехід 2	5,25	0,3	–	27,0	820	1	3,6
Перехід 3	4,65	–	160	20,7	710	0,98	1,11
Перехід 4	0,48	–	900	58,2	1800	0,78	0,18
Перехід 5	0,1	–	284	16,5	500	0,75	0,58
015 Поздовжньо-фрезерна	4	–	250	100	160	5,8	1,26
020 Горизонтально-фрезерна	3	–	315	70	125	6,4	0,5
025 Вертикально-фрезерна	1,5	–	80	20	200	2,5	2,1
030 Вертикально-фрезерна з ЧПК	5	–	100	25	250	1,7	4,65
035 Горизонтально-фрезерна							
Перехід 1	30	–	80	50,2	100	7	1,4
Перехід 2	30	–	80	50,2	100	7	1,4
Перехід 3	30	–	80	50,2	100	7	1,4
Перехід 4	30	–	80	50,2	100	7	1,4

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8
040 Горизонтально-розточна							
Перехід 1	0,8	–	40	147	200	1,5	1,5
Перехід 2	0,8	–	40	147	200	1,5	1,5
Перехід 3	2,7	–	200	121	1250	2,5	0,33
Перехід 4	2,7	–	200	121	1250	2,5	0,33
Перехід 5	2,5	–	100	110	400	2,3	0,65
Перехід 6	2,5	–	100	110	400	2,3	0,65
045 Горизонтально-розточна							
Перехід 1	0,1	–	140	165	1600	0,5	1,1
Перехід 2	0,1	2,2	–	7,8	75	0,2	0,71
Перехід 3	0,25	–	82	168	630	0,7	1,9
Перехід 4	0,05	–	340	43	160	0,1	0,6
Перехід 5	0,5	–	340	43	160	0,1	0,05
050 Радіально-свердлильна							
Перехід 1	3,35	0,14	–	25	1180	1	1,2
Перехід 2	1,6	м.р.	–	25	1180	0,1	0,32
Перехід 3	0,65	1,25	–	4,8	190	1,5	1,3
Перехід 4	0,5	м.р.	–	21	200	0,1	0,02
Перехід 5	3,35	0,14	–	25	1180	1	1,2
Перехід 6	1,6	м.р.	–	25	1180	0,1	0,32
Перехід 7	0,65	1,25	–	4,8	190	1,5	1,3
Перехід 8	0,5	м.р.	–	23	200	0,1	0,02
055 Вертикально-фрезерна	5,5	–	160	40	500	1,6	0,4

### 1.5.3 Аналіз точності обробки

Обробляється циліндрична поверхня деталі з  $\varnothing 84,575$  до  $\varnothing 84,921$  на горизонтально-розточному верстаті моделі 2А620. Матеріал деталі сірий чавун марки СЧ-20 з  $\sigma_B=220$  МПа.

Деталь закріплюється в спеціальному пристрої з пневмозатиском. Обробка проводиться на задалегідь налагодженому верстаті методом пробних деталей з використанням мікрометра МК50-75.

Похибка від геометричних неточностей верстата:

$$\Delta_B = 0,5 \cdot \Delta_{кр},$$

де:  $\Delta_{кр}$  – допустиме відхилення діаметру (допуск круглості) за нормами точності верстатів;

$$\Delta_{кр} = 0,01 \text{ мм} \quad [2], \text{ с.233, т.9}$$

$$\Delta_B = 0,5 \cdot 0,01 = 0,005 \text{ мм}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК - 340.00.000ПЗ				

Похибка налагодження системи на розмір:

$$\Delta_n = 1,2 \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{вим}}}{2}\right)^2 + \Delta_p^2},$$

де:  $\Delta_{\text{вим}}$  – похибка вимірювання діаметрального розміру;

$$\Delta_{\text{вим}} = 0,01 \text{ мм};$$

$\Delta_p$  – похибка регулювання;

$$\Delta_p = 0,01 \text{ мм} \quad [2], \text{ с.67, т.38}$$

$$\Delta_n = 1,2 \sqrt{\left(\frac{0,01}{2}\right)^2 + 0,01^2} = 0,0134 \text{ мм}$$

Динамічна похибка від деформації системи ВПД під дією сил різання:

$$\Delta_y = 1,1 \cdot C_p \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \cdot (t_{\text{max}}^x - t_{\text{min}}^x) \cdot \omega,$$

де:  $C_p, y, n, x$  – коефіцієнт і показники степенів для визначення нормальної складової сили різання;

$t_{\text{max}}, t_{\text{min}}, S, V$  – режими різання;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт;

$\omega$  – податливість системи ВПД,  $\text{мм/Н}$ ,  $\omega = 0,002 \text{ мкм/кг}$  [2], с.225, т.5

$$\Delta_y = 1,1 \cdot 54 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 110^0 \cdot 0,67 \cdot (2,5^{0,9} - 0,2^{0,9}) \cdot 0,00002 = 0,00056 \text{ мм}$$

Миттєве розсіювання розмірів з урахуванням похибки налагодження:

$$\Delta_{\text{м.н.}} = 2 \left( 1,2 \sqrt{\Delta_n^2 + \Delta_y^2} + \Delta_s \right) = 2 \left( 1,2 \sqrt{0,0134^2 + 0,00056^2} + 0,005 \right) = 0,010 \text{ мм}$$

Похибка від розмірного спрацювання різального інструмента:

$$\Delta_i = u_o \left( 1 + \frac{V \cdot \tau}{1000} \right),$$

де:  $u_o$  – відносне спрацювання інструмента,  $\text{мкм/км}$ ;

$V$  – швидкість різання,  $\text{м/хв}$ ;

$\tau$  – час обробки, хв;

$$\Delta_i = 10 \left( 1 + \frac{110 \cdot \tau}{1000} \right) = 10(1 + 0,110\tau)$$

Похибка від температурного спрацювання інструменту

$$\Delta_m = -C \frac{L_p}{F} \sigma_B \cdot (t \cdot S)^{3/4} \cdot V^{1/2} \frac{T_o}{T_o + T_{\text{неп}}} \left( 1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}} \right);$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

де: С – константа;

$L_p$  – виліт різця, мм;

F – площа поперечного перерізу державки різця, мм<sup>2</sup>;

t, S, V – режими різання;

$T_o$  – основний час обробки деталі, хв;

$T_{пер}$  – час перерв між обробкою кожної деталі, хв;

$\tau$  – час обробки, хв;

$\tau_m$  – константа при нагріванні;

$$\Delta_m = -9,5 \frac{80}{400} 20 \cdot (0,25 \cdot 0,25)^{3/4} \cdot 110^{1/2} \frac{1,9}{1,9 + 0,6} (1 - e^{-\frac{4 \cdot \tau}{18}}) = -37,4(1 - e^{-0,22 \cdot \tau})$$

Результати розрахунку систематичної похибки зводимо в таблицю.

Таблиця 1.11 – Розрахунок систематичної похибки

$\tau$ , хв	0	4	7	10	15	20	40	60	80
$\Delta_i$	13	14,4	17,7	21	26,5	32	54	76	98
$\Delta_T$	0	-22,3	-29,8	-33,7	-36,5	-37,4	-37,4	-37,4	-37,4
$\Delta_{сист} = 2(\Delta_i + \Delta_T)$	26	-7,9	-12,1	-12,7	-10	-5,4	16,6	37,6	60,6

Визначимо систематичну закономірно-змінну похибку:

$$\Delta_{сист} = 0,03266 \text{ мм}$$

Визначаємо загальну похибку обробки:

$$\Delta_{заг} = \Delta_{м.н.} + \Delta_{сист} = 0,01 + 0,03266 = 0,04266 \text{ мм}$$

Визначаємо питомий вклад  $C_j$  первинних похибок обробки в загальну похибку по формулі:

$$C_j = \frac{\Delta_j}{\Delta_{сум}} \cdot 100\%$$

де:  $\Delta_j$  – величина j-ї первинної похибки.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку

Позначення похибки	$\Delta_B$	$\Delta_H$	$\Delta_y$	$\Delta_{м.н.}$	$\Delta_i$	$\Delta_T$	$\Delta_{сист}$
Значення похибки	0,005	0,0134	0,00056	0,01	0,0366	0,0374	0,03266
%	11,7	31,1	1,3	23,4	76	87	76

Визначимо технологічну стійкість інструменту

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$T_m = \frac{T_e(T_o + T_{nep})}{T_o} = \frac{60(1,9 + 0,6)}{1,9} = 74 \text{ хв}$$

Визначимо кількість деталей, які обробляються одним інструментом за формулою:

$$N = \frac{T_m}{T_o} = \frac{74}{1,9} = 38,9 \text{ шт}$$

Отже, даним інструментом можна обробити 39 деталей і тим самим забезпечити необхідний допуск.

### 1.5.4 Нормування технологічного процесу

Проведемо нормування однієї із операцій.

*Операція 005* Вертикально-фрезерна.

Перехід 1. Фрезерувати поверхню 1 начорно.

Основний час:  $T_o = 1,2$  хв.

Допоміжний час:  $T_d = T_{вст} + T_{з.о.} + T_{кер.} + T_{вим.}$ , хв;

де:  $T_{вст}$  – час на зняття і встановлення деталі, хв:

$T_{вст} = 0,16$  хв, [4], с.54, карта 16;

$T_{з.о.}$  – час на закріплення і розтиск деталі, хв;

$T_{з.о.} = 0,06$  хв, [4], с.58, карта 18;

$T_{кер.}$  – час керування верстатом, хв;

$T_{кер.} = 0,26$  хв, [4], с.112, карта 33;

$T_{вим.}$  – час на вимірювання деталі, хв;

$T_{вим.} = 0,13$  хв, [4], с.191, карта 86;

Тоді:  $T_d = 0,16 + 0,06 + 0,26 + 0,13 = 0,61$  хв.

Штучний час:  $T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{від}$ ;

де:  $T_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{обс.} = 4\%[T_{оп}] = 0,04[1,2 + 0,61] = 0,072$  хв, [4], с.114, карта 34;

$T_{від.}$  – час на перерви і особисті потреби, хв;

$T_{від.} = 4\%[T_{оп}] = 0,04[1,2 + 0,61] = 0,072$  хв, [4], с.114, карта 34;

$T_{шт} = 1,2 + 0,61 + 0,072 + 0,072 = 1,954$  хв.

Штучно-калькуляційний час:

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

де:  $T_{п.з.}$  – підготовчо-заключний час, хв;

$T_{п.з.} = 21$  хв, [4], с.110, карта 32;

$$T_{шт.к.} = 1,954 + \frac{21}{80} = 2,2 \text{ хв.}$$

Проведемо нормування однієї із операцій, яка виконується на верстаті з ЧПК.

*Операція 010* Вертикально-свердлильна з ЧПК.

Перехід : Свердлити 2 отв.  $\varnothing 9,3$  мм.

Основний час:  $T_0 = 1,11$  хв

Машинно-допоміжний час на виконання автоматичних допоміжних ходів:

$$T_{мд} = \frac{2 \cdot R + L_{р.х.}}{S_{х.х.}},$$

де:  $R$  – величина швидкого підводу інструмента від вихідної точки;

$R = 100$  мм;

$L_{р.х.} = 93$  мм;

$S_{х.х.} = 4000$  мм/хв – величина подачі холостого ходу;

$$T_{мд} = \frac{2 \cdot 100 + 93}{400} = 0,07 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструмента:

$$T_{мді} = 0,05 \text{ хв}$$

В даному випадку для циклу обробки необхідно провести п'ять змін інструменту:

$$T_{мді} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ хв}$$

При обробці партії деталей до цього часу необхідно додати час повороту револьверної головки у вихідне положення:

$$T_{мді} = 0,25 + 0,1 = 0,35 \text{ хв}$$

Час циклу автоматичної роботи верстата по програмі для обробки даної деталі визначається по формулі:

$$T_{ц.а.} = \Sigma T_0 + \Sigma T_{мд} = 1,8 + 3,6 + 1,11 + 0,18 + 0,58 + 0,07 + 0,35 = 7,69 \text{ хв}$$

Норма штучного часу визначається по формулі:

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{д}}) \left( 1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{відп}}}{100} \right),$$

де:  $T_{\text{д}}$  – допоміжний час;

$a_{\text{тех}}$  – час на технічне обслуговування робочого місця;

$a_{\text{орг}}$  – час на організаційне обслуговування робочого місця;

$a_{\text{відп}}$  – час на відпочинок і особисті потреби.

Допоміжний час:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{оп}} + T_{\text{вим}},$$

де:  $T_{\text{уст}}$  – час на встановлення і зняття деталі;

$$T_{\text{уст}} = 0,15 \text{ хв} \quad [14], \text{ с.76, карта 13, аркуш 1};$$

$$T_{\text{закр}} = 0,07 \text{ хв} \quad [14], \text{ с.78, карта 13, аркуш 3};$$

$T_{\text{оп}}$  – допоміжний час, пов'язаний з операцією;

$$T_{\text{оп}} = 0,20 + 0,03 + 0,20 + 0,12 + 0,24 + 0,03 = 0,82 \text{ хв} \quad [14], \text{ с.79, карта 14};$$

$T_{\text{вим}}$  – допоміжний час, пов'язаний з контрольними вимірюваннями;

$$T_{\text{вим}} = 0,13 \text{ хв} \quad [14], \text{ с.86, карта 15, аркуш 7};$$

$$T_{\text{д}} = 0,15 + 0,07 + 0,82 + 0,13 = 1,17 \text{ хв}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби:

$$a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{відп}} = 8\% \quad [14], \text{ с.90, карта 16};$$

$$T_{\text{шт}} = (7,69 + 1,17) \left( 1 + \frac{8}{100} \right) = 9,6 \text{ хв}$$

Норма штучно-калькуляційного часу

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n},$$

де:  $T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заключний час

$$T_{\text{п.з.}} = 4 + 5 + 2 + 2 + 4,5 + 2,0 + 0,35 + 0,25 + 0,6 + 0,8 + 1,5 + 1,5 + 0,3 = 24,5 \text{ хв}$$

$$[14], \text{ с.100, карта 24};$$

$n$  – кількість деталей в партії:

$$T_{\text{шт.к}} = 9,6 + \frac{24,5}{100} = 9,8 \text{ хв}$$

На решту операцій нормування проводимо наближеним методом і зводимо в таблицю.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.13 – Нормування технологічного процесу

№ операції	Назва операції	T <sub>о</sub> , хв	T <sub>д</sub> , хв	T <sub>обс</sub> , хв	T <sub>від</sub> , хв	T <sub>шт</sub> , хв	T <sub>п.з.</sub> , хв	T <sub>шт.к.</sub> , хв
005	Вертикально-фрезерна	1,53	1,22	0,144	0,144	3,038	21	3,2
010	Вертикально-свердлильна з ЧПК	2,4	1,4	0,298	0,162	9,6	24,5	9,8
015	Повздовжньо-фрезерна	1,26	0,52	0,391	0,12	2,291	0,8	2,3
020	Горизонтально-фрезерна	0,5	0,61	0,14	0,21	1,46	21	1,7
025	Вертикально-фрезерна	2,1	0,61	0,072	0,072	2,854	21	3,1
030	Вертикально-фрезерна з ЧПК	4,65	0,47	0,17	0,41	5,7	25	5,95
035	Горизонтально-фрезерна	5,6	1,53	0,1	0,25	7,48	21	7,7
040	Горизонтально-розточна	4,96	2,47	0,54	0,6	8,57	20	8,8
045	Горизонтально-розточна	4,36	2,67	0,43	0,51	7,97	20	8,2
050	Радіально-свердлильна	5,68	1,51	0,324	0,16	7,674	15	7,8
055	Вертикально-фрезерна	0,4	0,52	0,05	0,08	1,05	21	1,3

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Конструкторська частина

### 2.1 Пристрій для фрезерування двох площин в розмір 140<sub>1</sub>

#### 2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для фрезерування двох площин корпусу КС-3575А.14.101-2 в розмір 140<sub>1</sub> і встановлюється на столі поздовжньо-фрезерному верстаті мод. 6604 (операція 015). Будова пристрою не є складна. Заготовка встановлюється на два пальці і площину. Пристрій використовується разом із силовим приводом. При переміщенні тяги силового приводу через клино-важільний механізм та за допомогою Т-подібного прихвату здійснюється затиск заготовки. Розтиск проводиться у зворотньому напрямку. Силовий привід оснащений пневмоциліндром двохсторонньої дії.

Пристрій встановлюється і базується на стіл верстата за допомогою направляючих шпонок. Він є досить ефективним у використанні, оскільки дозволяє проводити обробку двох деталей одночасно.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

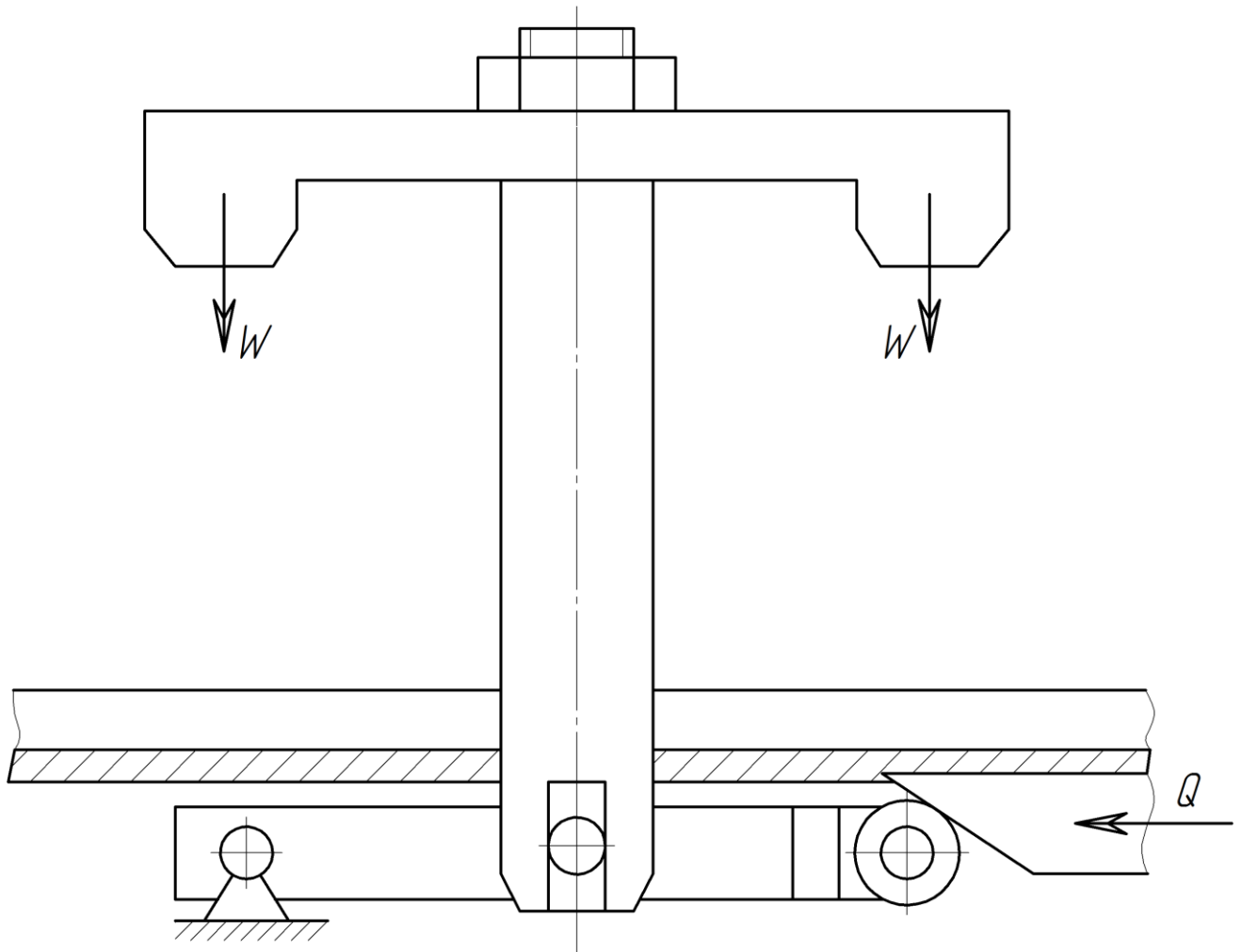


Рисунок 2.1 – Схема пристрою.

### 2.1.2 Інженерні розрахунки сили затиску пристрою

Розрахунок сили затиску і визначення основних параметрів механізму затиску

По розрахунковій схемі (рисунок 2.2) складаємо рівняння рівноваги, із якого визначаємо силу затиску  $W$ .

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$i_{\text{кл.}} = \text{tg}(25 + 2 \cdot 10) = 1$$

Передавальне відношення клино-важільного механізму:

$$i_{\text{клев}} = \frac{b}{a} \text{ctg} \alpha = \frac{178}{118} \text{ctg} 15 = 5,6 ,$$

де: а, b – віддалі, які взяті з креслення пристрою;

$\alpha$  – кут клина (з креслення)

$$W = Q \cdot 1 \cdot 5,6 = 5,6 \cdot Q$$

Зусилля на штоці пневмоциліндра знаходимо за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p \cdot \eta , \quad [5], \text{ с.113}$$

де: D – діаметр циліндра, мм;

p – тиск стиснутого повітря (0,3...0,6 МПа);

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати в циліндрі ;

$$W = 5,6 \frac{\pi \cdot D^2}{4} p \cdot \eta .$$

Визначимо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{5,6 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35779}{5,6 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 10^6}} = 159 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр циліндра D=200 мм

Тоді, дійсна сила затиску:

$$W = \frac{5,6 \cdot \pi \cdot D^2}{4} p \cdot \eta = \frac{5,6 \cdot 3,14 \cdot 200^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8 = 56269 \text{ Н.}$$

Арк.

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

### 2.1.3 Силовий розрахунок слабкої ланки

В даному випадку перевіряємо вісь важеля на зріз.

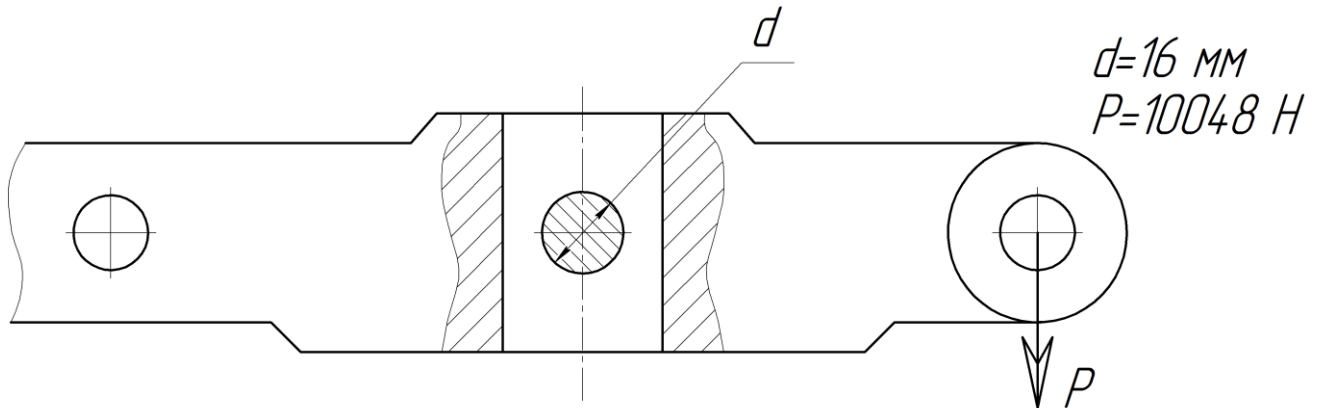


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема

Умова міцності при зрізі має вигляд:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau], [7], \text{ с.59}$$

де:  $P$  - сила, яка викликає зріз, Н;

$F$  – площа зрізу,  $\text{мм}^2$ ;

$[\tau]$  – допустиме напруження,  $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ ;

для вісі виготовленої із сталі Ст3  $[\tau] = 80 \dots 100 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$  [7], с.59, т.4.1

$$F = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 8^2 = 201 \text{ мм}^2$$

$$\tau = \frac{10048}{201} = 50 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau = 50 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < [\tau] = 80 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

Отже, умова міцності виконується.

### 2.1.4 Розрахунок точності пристрою

Допустиму неточність пристрою  $T_{\text{пр}}$  визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T_3 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + (0,8 \cdot \omega)^2};$$

де:  $T_3 = 2 \text{ мм}$  – допуск на виконуваний розмір при обробці заготовки;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК - 340.00.000ПЗ				

$\varepsilon_6$  – похибка базування заготовки в пристрої;

$$\varepsilon_6 = D_{o \max} - d_{n \min},$$

де:  $D_{o \max}$  – максимальний діаметр отвору;

$d_{n \min}$  – мінімальний діаметр пальця.

Для спряження H7/f7:

$$\varepsilon_6 = 10,518 - 10,466 = 0,052 \text{ мм}$$

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення заготовки в пристрої,  $\varepsilon_3=140$  мкм (встановлення на площину і два пальці з пневматичним затиском);

$\omega$  – економічна точність обробки даним методом,

$$\omega=0,06 \text{ мм} \quad [9], \text{ с.7, т.2}$$

Похибка виготовлення пристрою.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\sum T_i^2 + \varepsilon_{cnp}^2} + \varepsilon_n$$

де:  $\sum T_i$  – сума допусків спряжених елементів пристрою;

$$\sum T_i = 0,01 \dots 0,005 \quad [8], \text{ с.14}$$

$\varepsilon_{cnp}$  – похибка спрацювання установочних елементів

$$\varepsilon_{cnp} = \varepsilon_{cnp.cp} \cdot K,$$

де:  $\varepsilon_{cnp.cp} = 6$  мкм  $[8], \text{ с.10, т.48};$

$K$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$$K = K_t \cdot K_l \cdot K_y,$$

де:  $K_t$  – коефіцієнт, який враховує час контакту заготовки з опорами;

$$K_t = 0,79 t_i,$$

де:  $t_i = 2,29$  хв – час контакту;

$$K_t = 0,79 \cdot 2,29 = 1,81;$$

$K_l$  – коефіцієнт, який враховує вплив довжини шляху ковзання при установці,

$$K_l = 1,51 \quad [8], \text{ с.49, т.11};$$

$K_y$  – коефіцієнт, який враховує умови обробки;

$$K_y = 1,12 \quad [8], \text{ с.49, т.11};$$

$$\varepsilon_{cnp} = 6 \cdot 3,06 = 18,36 \text{ мкм};$$

$\varepsilon_n$  – похибка налагодження пристрою;

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_H = 0,05 \text{ мм} \quad [8], \text{ с.14}$$

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,01836^2} + 0,05 = 0,07 \text{ мм};$$

$$0,07 < 2 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,052)^2 + 0,14^2 + (0,8 \cdot 0,06)^2}$$

$$0,07 < 1,8$$

Отже, виходячи з одержаного результату можна зробити висновок, про те, що пристрій виготовлено з необхідною точністю.

## 2.2 Розрахунок контрольного пристрою

### 2.2.1 Опис призначення, будова та робота контрольного пристрою

Контрольні пристрої використовуються в тих випадках, коли не можливо або не доцільно використовувати вимірювальні інструменти. Такі пристрої використовуються для вимірювання чи контролю точності взаємного розташування поверхонь чи вісей: паралельність, перпендикулярність, симетричність, радіальне чи осьове биття, співвісність і т.д.

Даний пристрій призначений для контролю співвісності двох отворів  $\varnothing 85H7$ . Пристрій є простим в користуванні і має невеликі габарити. Пристрій виготовлений з корструкційної сталі 45 зподальшим гартуванням в місцях де потрібно високої точності і шліфуванням, для точності базування. Даний пристрій в основному складається із стандартних деталей. Він складається з таких основних частин: вал, на який кріпляться всі інші деталі і сама контрольована деталь; гільза, в якій кріпляться кульки підшипника; оправка.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою

В контрольному пристрої виділяють такі основні вузли для точності: установочні, установчо–затискні і затискні; механізми для обертання деталей; механізми для кріплення засобів вимірювання; механізми передачі руху до засобів вимірювання; еталон для настроювання вимірювальних засобів; вимірювальні засоби.

Основними складовими похибки вимірювання пристрою є:

$\varepsilon_6$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\Delta_{з.в.}$  – похибка засобу вимірювання;

$\Delta_e$  – похибка виготовлення еталону для настроювання пристрою;

$\Delta_M$  – похибки, властива даному методу вимірювання.

Сумарну похибку вимірювання  $\Delta_{вим}$  визначаємо за формулою

$$\Delta_{вим} = 1,2\sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{з.в.}^2 + \Delta_e^2 + \Delta_M^2},$$

$$\Delta_{вим} = 1,2\sqrt{0,008^2 + 0,0005^2 + 0,039^2 + 0,005^2} = 0,048$$

де:  $\varepsilon_6=0,008$  мм виходячи з точності кульок підшипників і поверхні, відносно якої вони обертаються;

$\varepsilon_3=0$  так як такої не існує;

$\Delta_{з.в.}=0,0005$  мм [8], с.468, т.10

$\Delta_e=0,039$  мм виходячи з допуску поверхні, яка вимірюється;

$\Delta_M=0,005$  мм – з креслення пристрою;

Отримане значення порівнюємо з допуском  $T_d$

$$\Delta_{вим} \leq (0,1 \dots 0,25)T_d = 0,25 \cdot 0,048 = 0,012 \text{ мм}$$

Отже, на підставі проведеного розрахунку можна зробити висновок про те, що даний пристрій забезпечує необхідну точність вимірювання і може використовуватись для контролю співвісності двох отворів  $\varnothing 85H7$ .

Арк.

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

### 3 Імітаційне моделювання роботи притискного пристрою

SolidWorks Simulation – додаток до SolidWorks, призначений для вирішення задач механіки деформованого тіла методом кінцевих елементів. Програма використовує геометричну модель деталі або збирання SolidWorks для формування розрахункової моделі. Інтеграція з SolidWorks дозволяє мінімізувати операції, пов'язані зі специфічними особливостями кінцево-елементної апроксимації. Призначення граничних умов проводиться у прив'язці до геометричної моделі, такими ж особливостями мають і процедури подання результатів.

SolidWorks Simulation дозволяє виконувати такі види моделювання:

- статичний аналіз у пружній постановці з розрахунком окремих деталей за просторовою або оболонковою моделлю, а також збірок у тривимірній постановці з урахуванням взаємодії деталей;
- розрахунок власних частот і відповідних їм форм для деталей твердотільному або оболонковому поданні, а також збірок з нерухомими деталями;
- тепловий розрахунок з урахуванням явищ теплопровідності, конвекції, випромінювання, але не враховуючи руху середовищ;
- термопружний аналіз на основі результатів теплового розрахунку;
- параметрична оптимізація за критерієм мінімізації/максимізації маси, обсягу, власних частот та критичної сили;
- імітація деформування конструкції з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності, а також через зміни навантажень і температури у часі;
- моделювання ефекту падіння конструкції на жорстку чи пружну поверхню;
- втомний розрахунок з урахуванням кривих втоми, форми кривого навантаження, а також лінійної гіпотези підсумовування ушкоджень.

Програма SolidWorks Simulation вимагає дотримання базової канви алгоритму методу кінцевих елементів, надаючи всередині кожного етапу певну свободу у послідовності кроків підготовки моделі та розгляду результатів. Для

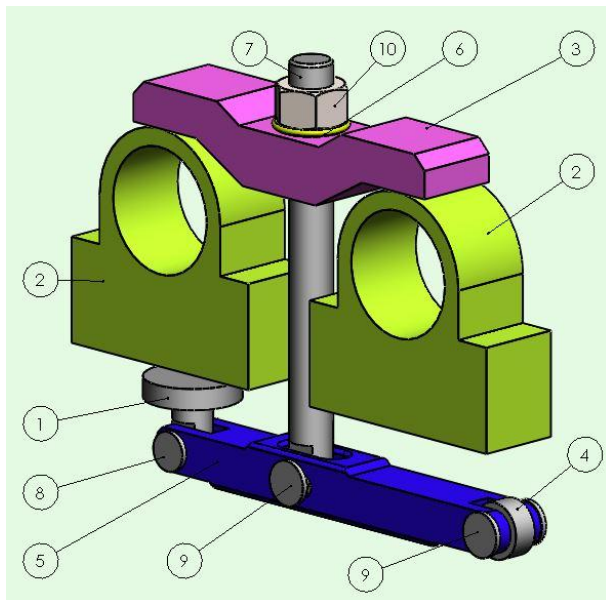
					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку в пружній постановці для моделей в твердотільному поданні ланцюга подій, що передбачається, опишемо нижче:

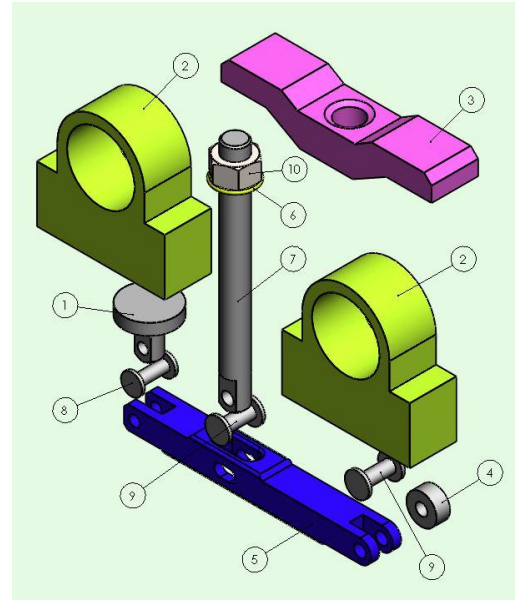
1. Створення аналізу певного типу та визначення його налаштувань, які можуть бути змінені у будь-який момент перед виконанням розрахунку.
2. Заповнення, якщо необхідно, таблиці параметрів, що визначає набір величин, які можуть бути змінені (конкретно – котрим можуть призначатися списки значень) під час розрахунку.
3. Підготовка вихідних даних усередині заданого аналізу:
  - Призначення матеріалу деталі або деталей;
  - Призначення кінематичних граничних умов;
  - Призначення статичних граничних умов;
  - Призначення контактних граничних умов, якщо розраховується складання чи деталь із кількох тіл;
  - Створення сітки.
4. Зв'язування, у разі потреби, параметрів із таблиці параметрів із відповідними аналізами.
5. Виконання розрахунку.
6. Обробка результатів:
  - Створення необхідних діаграм;
  - Аналіз діаграм;
  - Експорт результатів до різних форматів.

На рисунку 3.1 можна показано тривимірну модель пристрою, яка побудовано за допомогою інструментів програми SolidWorks.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

а) – зібрана модель; б) – деталі моделі

1 – стійка; 2 – деталь; 3 – коромисло; 4 – ролик; 5 – коромисло;

6 – шайба; 7 – тяга; 8, 9 – вісь; 10 – гайка

Рисунок 3.1 – Модель пристрою

На рисунку 3.2 показано розрахункову схему, що використовується під час імітаційного моделювання. На схемі стрілками вказано закріплення та прикладене навантаження.

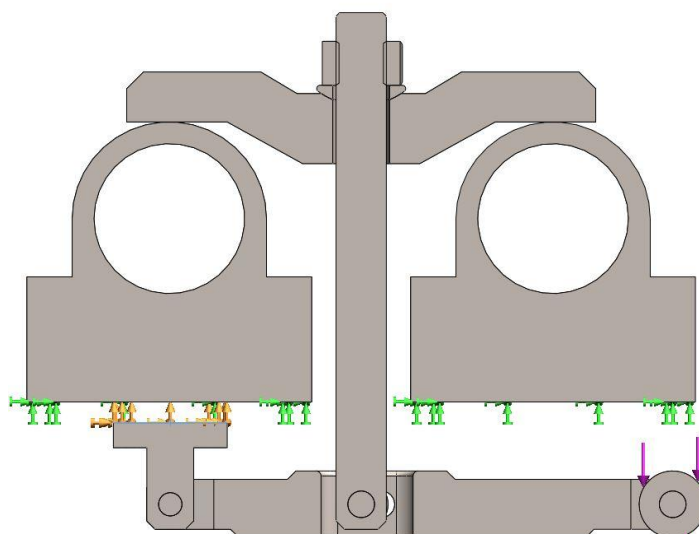


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК - 340.00.000ПЗ

Арк.

Сітка скінченних елементів, на яку розбито модель досліджуваного пристрою, показано на рисунку 3.3.

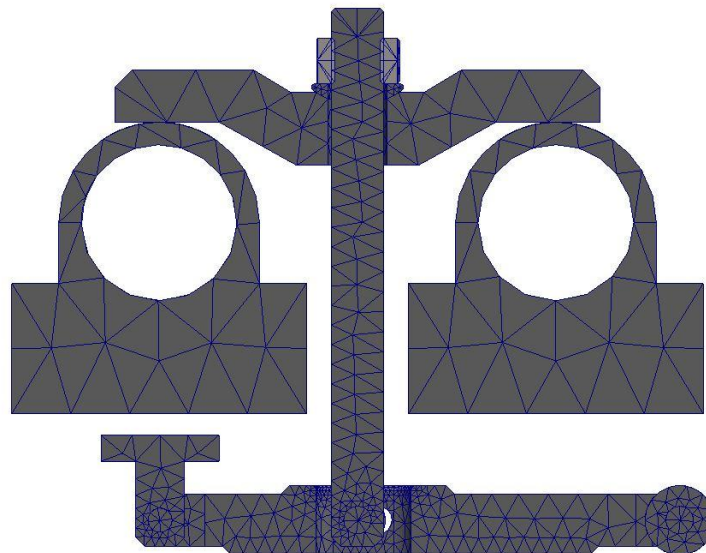


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

Варто зауважити, що під час налаштувань сітки скінченних елементів було застосовано "елемент керування". Це дозволило виконати більш дрібнішу сітку на окремих елементах притискного пристрою.

На рисунку 3.4 показано розподіл еквівалентних напружень.

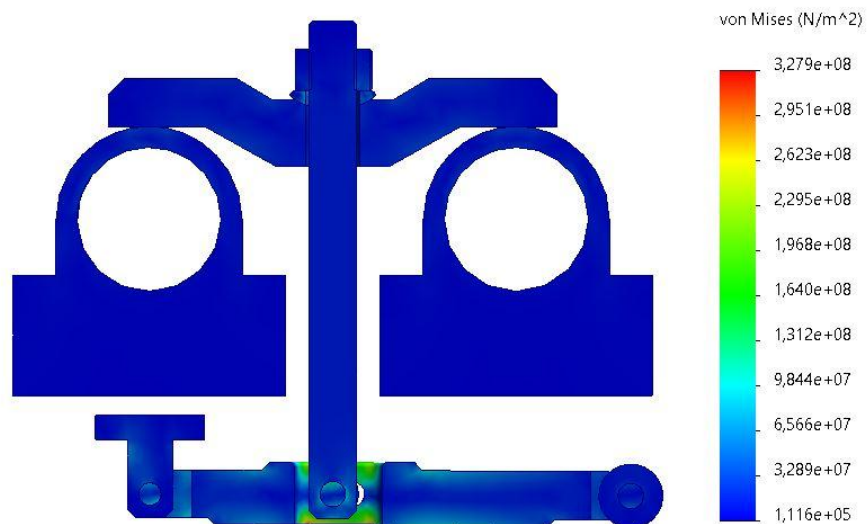


Рисунок 3.4 – Розподіл еквівалентних напружень

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне значення еквівалентних напруження, що виникає під час навантаження пристрою становить 328 МПа. Концентрація напружень зосереджена у вісі та у коромислі (в зоні його контакту з віссю).

На рисунку 3.5 показано деформації елементів пристрою.

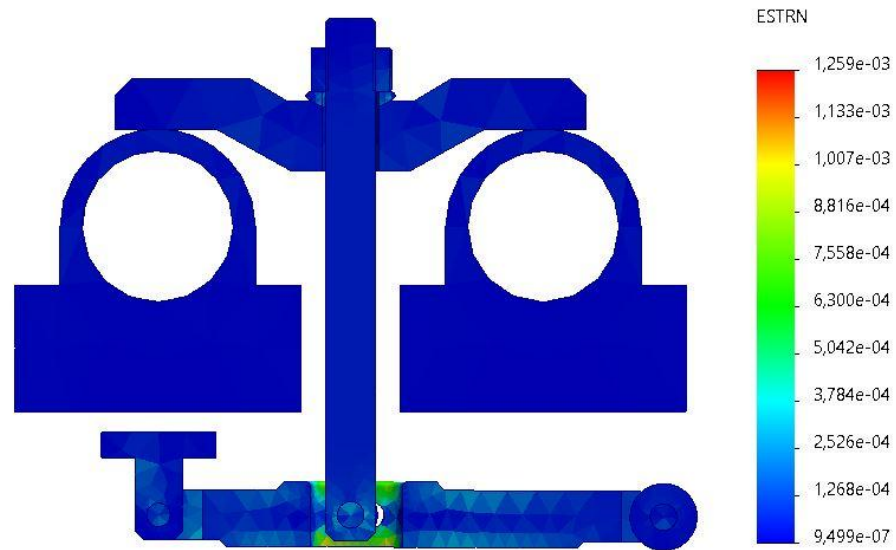


Рисунок 3.5 – Деформація в елементах пристрою

На рисунку 3.6 показано переміщення деталей при дії навантаження.

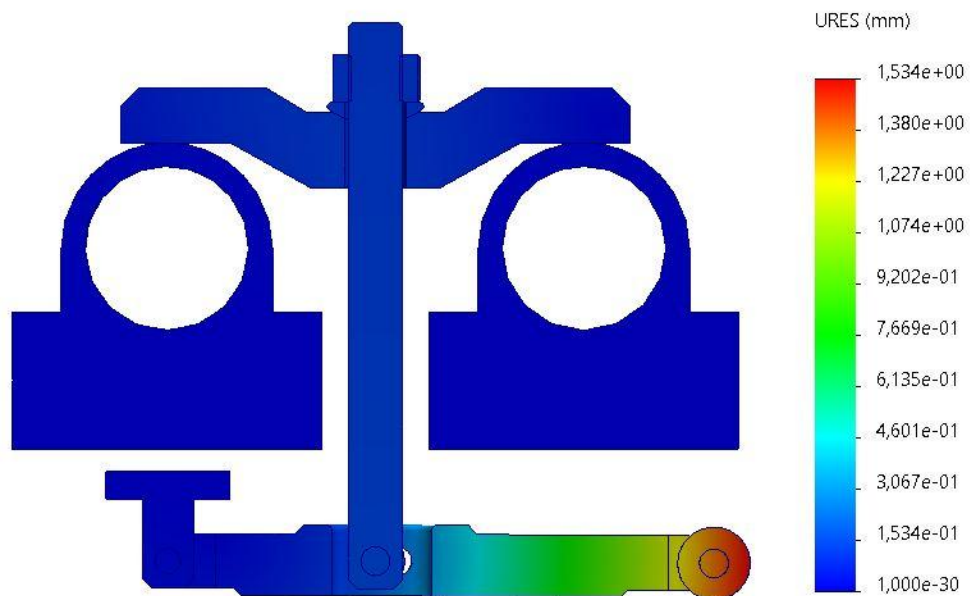


Рисунок 3.6 – Переміщення деталей пристрою під навантаженням

Згідно розрахунку максимальне значення переміщення складає 1,53 мм.

					МР.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 3.7 показано розподіл контактної тиску на поверхні контакту деталей.

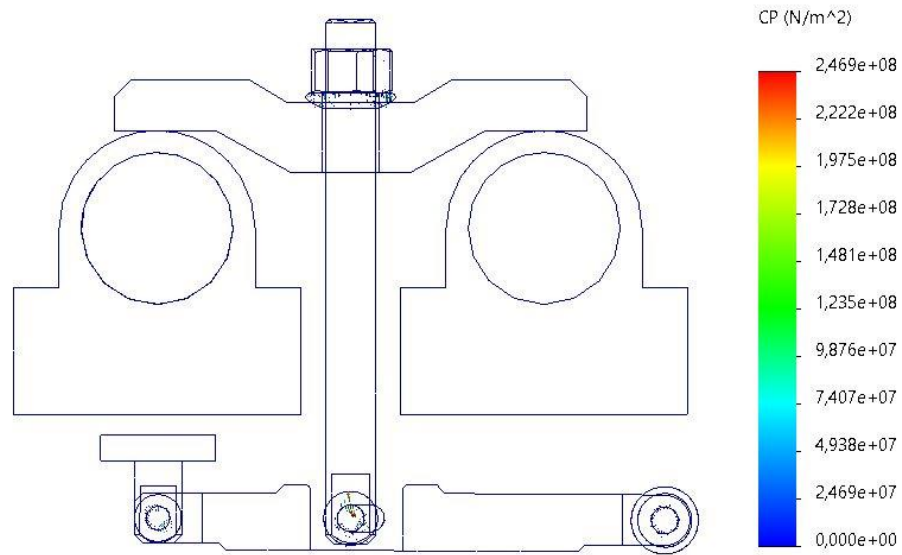


Рисунок 3.7 – Розподіл та величини контактної тиску

Максимальна величина контактної тиску складає 247 МПа і зосереджений на поверхні вісі та коромисла.

На рисунку 3.8 показано результат імітаційного моделювання – силу реакції.

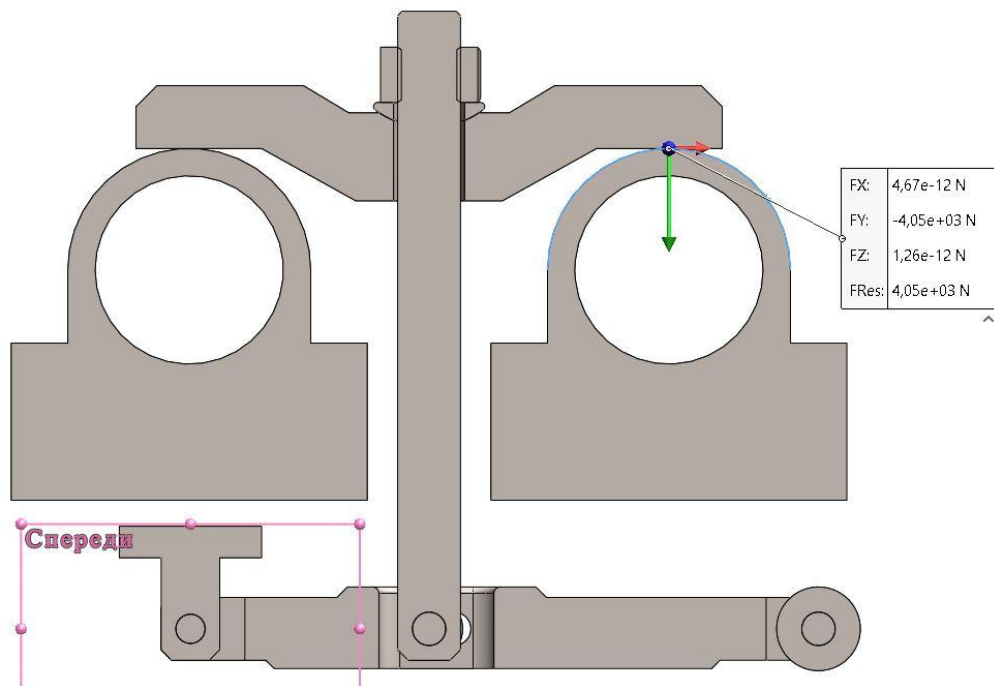


Рисунок 3.8 – Сила реакції

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК - 340.00.000ПЗ					

У результаті імітаційного моделювання в програмі SolidWorks Simulation також можна отримати епюру Design Insight, яка показує області моделі, які сприймають навантаження найефективніше (рис.3.9).

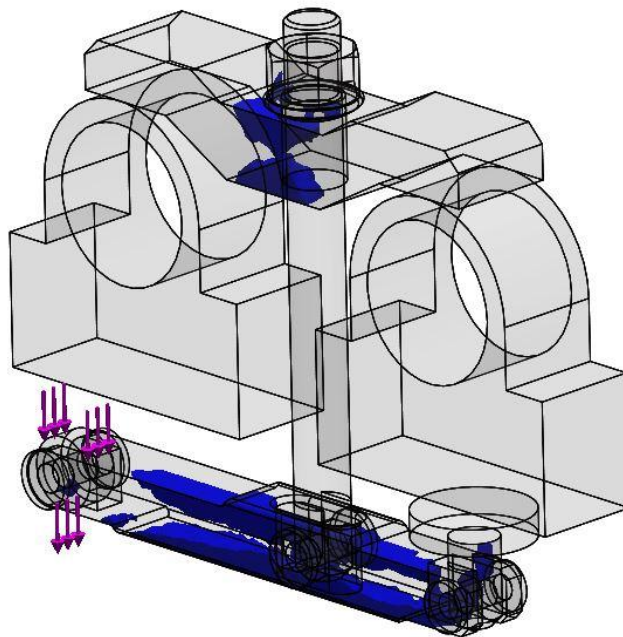


Рисунок 3.9 – Епюра Design Insight

#### Висновки.

Провівши імітаційне моделювання роботи притискного пристрою встановлено:

- максимальне напруження становить 328 МПа;
- максимальне переміщення – 1,53 мм;
- максимальний контактний тиск – 247 МПа.

Також отримано епюру Design Insight, згідно інформації якої можна зменшити як матеріалоемність притискного пристрою, його масу і відповідно, вартість.

					МП.ПМК - 340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В даній магістерській роботі розроблена сукупність технологічних і конструкторських розробок, потрібних для підготовки і виконання процесу виготовлення деталі – корпус КС-3575А.14-101-2. Зокрема, в проекті визначено програму випуску  $N=5000$  штук і розмір партії деталей  $n=100$  штук, проведено аналіз конструкції та функціонування деталі, а також аналіз технологічності її конструкції. Виконано аналіз базової технології і розроблено проектний маршрут обробки. Обґрунтовано вибрану заготовку (запропоновано литво в кокіль), розраховано і вибрано припуски на механічну обробку; вибрано і спроектовано засоби технологічного оснащення; розраховано режими механічної обробки та технічні норми часу операцій механічної обробки; обґрунтовано застосування верстатів з ЧПК; оформлено комплект технологічних документів; з допомогою програмного продукту SolidWorks Simulation зімітовано роботу притискної ланки верстатного (фрезерного) пристрою.

В магістерській роботі також представлена графічна частина, яка містить: складальні креслення верстатного (фрезерного) та контрольного пристроїв, з детально проведеними розрахунками, які підтверджують їх працездатність; схем і графіків аналізу точності; карти налагоджень; схеми імітаційного дослідження роботи притискної ланки верстатного пристрою.

					МР.ПМК-340.00.000 ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

## Перелік використаних джерел

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. — М.: Высшая школа, 1983г.
2. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. — М.: Машиностроение, 1972г., т.1.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. — М.: Машиностроение, 1972г., т.2.
4. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно—заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2—е. М.: Машиностроение, 1974г.
5. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений М.: Машиностроение 1983г.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. — М.: Машиностроение, 1985г., т.2.
7. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов Киев: Будівельник, 1982г.
8. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении М.: Машиностроение 1984г.
9. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. — М.: Машиностроение, 1985г., т.1.
10. Канарчук В.Е. Основы прэктирования
11. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. — К.: Выща школа, 1991г.
12. Справочник по чугунному литью. Под ред. Гирмовича Н.Г. — Л.: Машиностроение, 1978г.
13. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с

					МР.ПМК-340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

числовим програмним управлінням. Часть II. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990г.

14. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990г.

15. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. – М.: Машиностроение, 1990г.

16. Пальчевський Б.О. Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва. – Львів: Світ, 1992р.

17. Обработка металлов резанием: Справочник технолога под ред. Панова А.А.– М.: Машиностроение, 1988г.

18. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Пітулей Л.Д., Лукань Т.В., Панчук А.Г. Магістерська робота: методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.

19. Технологія машинобудівних підприємств: підручник /В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

20. Копей В.Б., Одосій З.М., Онисько О.Р. Технологія машинобудування: навчальний посібник. Частина 1. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. - 203 с.

21. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000" , 2012. - 358 с.

					МР.ПМК-340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додатки

					МР.ПМК-340.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			


Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		<b>І Ф Н Т У Н Г</b>	<b>КС-3575 А14-101-2</b>						
--	--	----------------------	--------------------------	--	--	--	--	--	--

		<b>Корпус</b>							
--	--	---------------	--	--	--	--	--	--	--

«Затверджую»

**КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації**

Зав. кафедрою КМВ

проф. Панчук В.Г.

*Технологічний процес  
механічної обробки  
деталі*

Розробив: ст. гр. ПМКм-22-1

Багриновський В.А.

Перевірів: Пітулей Л.Д.

Акт № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

ТЛ	Обробка різанням
----	------------------

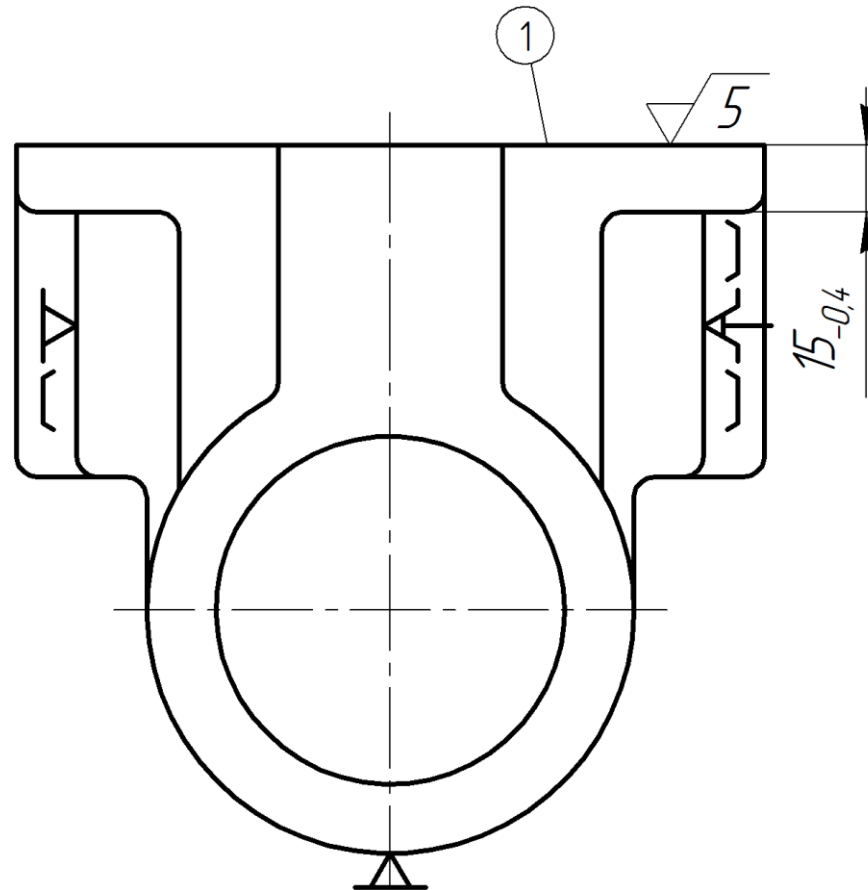






Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Багриновський			І Ф Н Т У Н Г	КС-3575А.14-101-2					
Перевірів	Пітулей									
Н. контр.	Пітулей			Корпус				Н		



Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата
Розробив	Багриновський					І Ф Н Т У Н Г	КС-3575А.14-101-2							
Перевірів	Пітулей						Корпус							
Н. контр.	Пітулей													
Назва операції							Назва, марка матеріалу					МД		
Контрольна							СЧ20 ДСТУ 8833:2019					9,3		
Назва обладнання						То	Тв					Позначення ІО		
Р						Код засобів То		Назва засобів То			Об'єм	То/Тв		
01												%		
02	1 Контролювати лінійні розміри:													
03	140 <sup>-1,0</sup>							Штангенциркуль				40		
04	179 <sup>-1,0</sup>							ШЦ-1-250-0,1				40		
05	65 <sup>+0,6</sup>							ГОСТ 166-89				40		
06														
07	2 Контролювати діаметр:													
08	Ø33H8							Пробка Ø33h14				20		
09								8624 0128						
10								ГОСТ 18381-73						
11														
12														
13	3 Контролювати співвісність:							Пристрій				30		
14	Ø85H7							для контролю						
15								співвісності						
16								спеціальний						
17														
КК														

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			MP.ПМК-340.03.00.000СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	MP.ПМК-340.03.00.001	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	MP.ПМК-340.03.00.002	Стійка	1	
		3	MP.ПМК-340.03.00.003	Втулка	1	
		4	MP.ПМК-340.03.00.004	Тяга	1	
		5	MP.ПМК-340.03.00.005	Коромисло	1	
		6	MP.ПМК-340.03.00.006	Коромисло	1	
		7	MP.ПМК-340.03.00.007	Колодка	1	
		8	MP.ПМК-340.03.00.008	Ролик	1	
		9	MP.ПМК-340.03.00.009	Клин		
		10	MP.ПМК-340.03.00.010	Шток		
		11	MP.ПМК-340.03.00.011	Палець		
				<u>Стандартні вироби</u>	1	
				Гвинт ГОСТ11738-72	4	
		12		M12×35.5.8	5	
		13		M12×55.5.8	4	

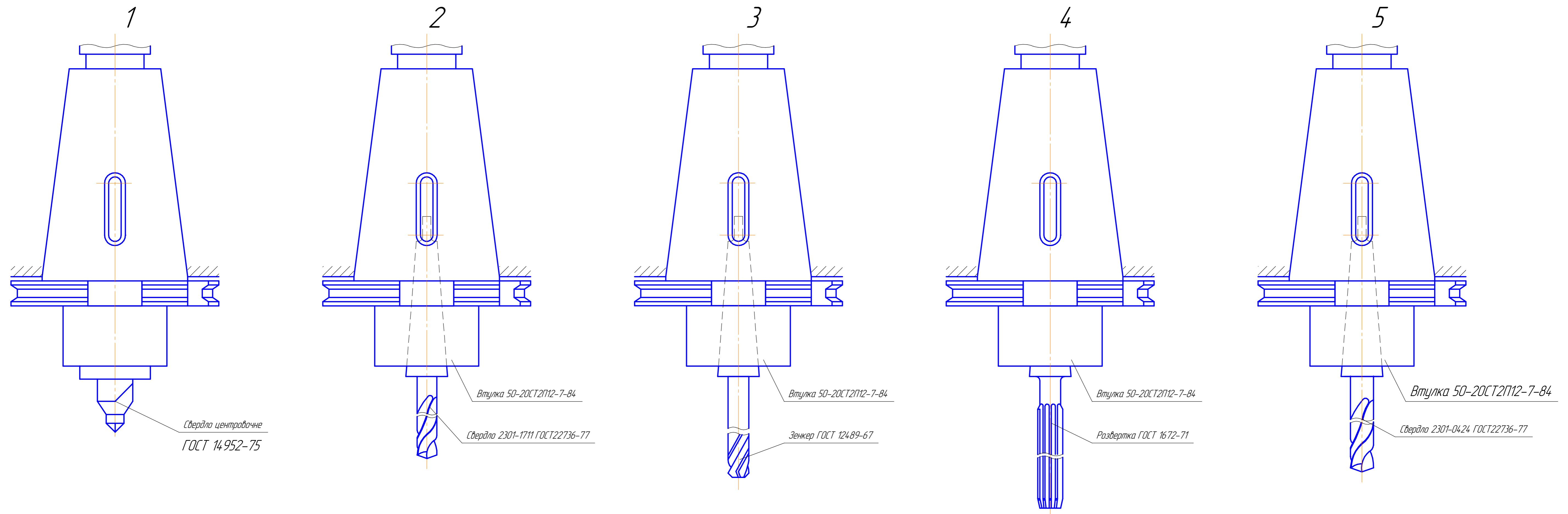
					<b>MP.ПМК-340.03.00.000 ПЗ</b>						
Зм.	Арк	№докум	Підпис	Дата	<b>Пристрій фрезерний (оп.№015)</b>			Літ.	Арк	Аркушів	
Розробив	Багирновський							н	1	2	
Перевір.	Літулей							<b>ІФНТУНГ ПМКм-22-1</b>			
Реценз.											
Н. Контр.	Літулей										
Затв.	Панчук										



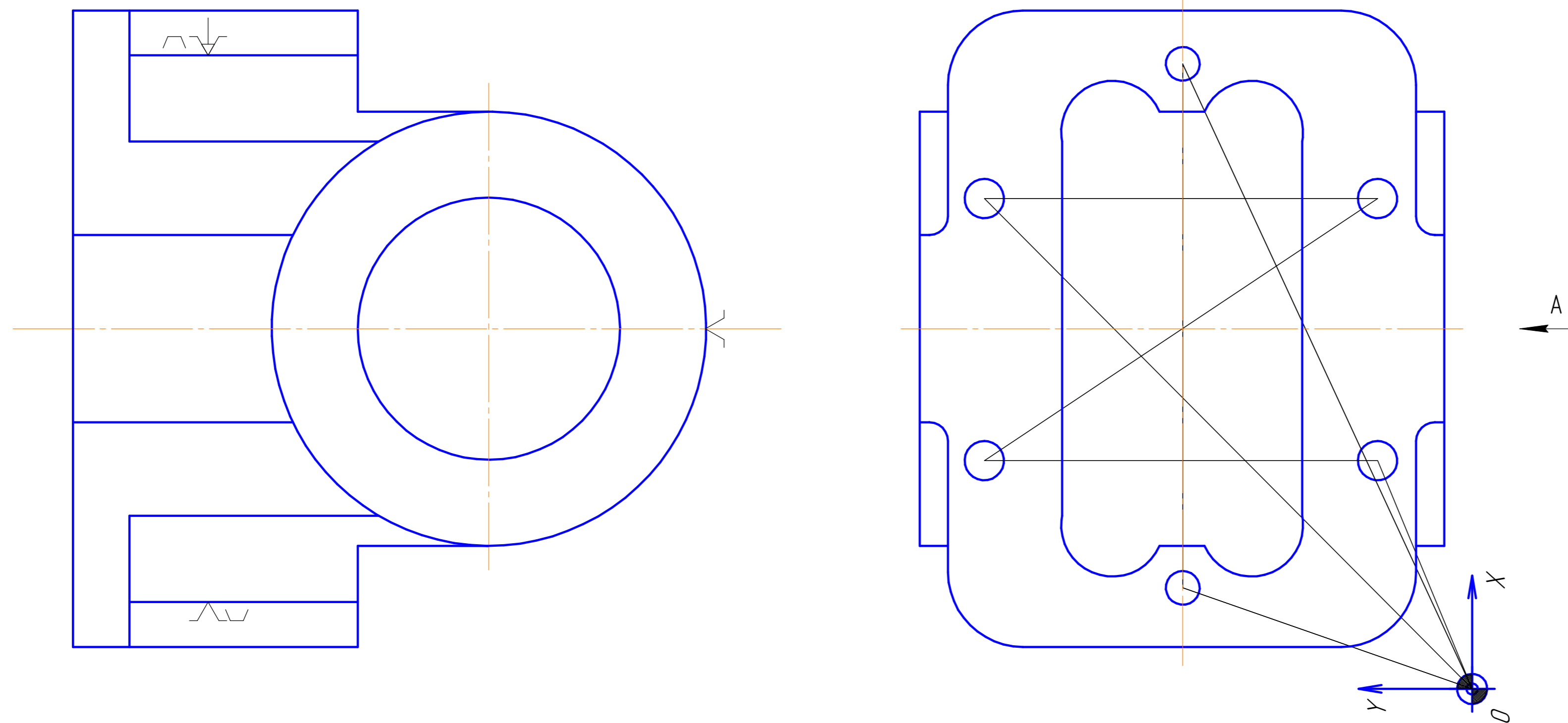
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
<b>A1</b>			<i>MP.ПМК-340.04.00.000 СК</i>	<i>Складальне креслення</i>		
				<u>Деталі</u>		
		1	<i>MP.ПМК-340.04.00.001</i>	<i>Вісь</i>	1	
		2	<i>MP.ПМК-340.04.00.002</i>	<i>Корпус</i>	1	
		3	<i>MP.ПМК-340.04.00.003</i>	<i>Втулка</i>	1	
		4	<i>MP.ПМК-340.04.00.004</i>	<i>Втулка</i>	1	
		5	<i>MP.ПМК-340.04.00.005</i>	<i>Щуп</i>	2	
		6	<i>MP.ПМК-340.04.00.006</i>	<i>Ролик</i>	1	
		7	<i>MP.ПМК-340.04.00.007</i>	<i>Рукоятка</i>	1	
		8	<i>MP.ПМК-340.04.00.008</i>	<i>Індикатор</i>	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				<i>Гвинт ГОСТ1491-72</i>		
		9		<i>M12×12.58</i>	1	
		10		<i>M10×12.58</i>	1	
		11		<i>Пружина ГОСТ14757-80</i>	1	

					<b><i>MP.ПМК-340.04.00.000 ПЗ</i></b>			
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата				
Розробив	Багиновський				<b><i>Пристрій контрольний</i></b>	Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.	Пігулей					н	1	2
Реценз.						<b>ІФНТУНГ ПМКм-22-1</b>		
Н. Контр.	Пігулей							
Затв.	Панчук							





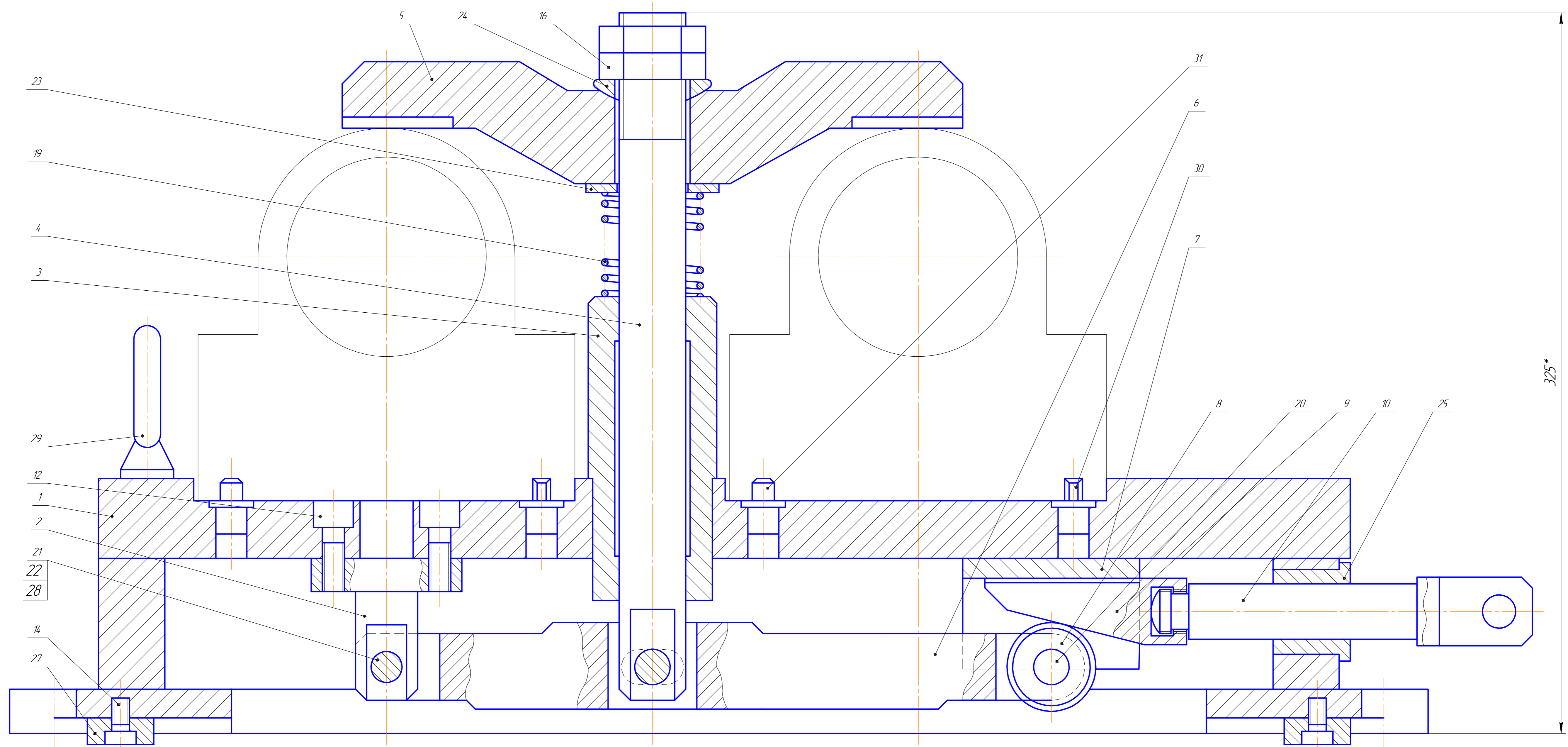
Вигляд А



Инструм.	N	Длина	Диам.	N к дл.	N к рад.	S од/хв	F мм/хв	T хв/сек
центр	1	35.000	3	1	11	2122	106	00:17
		авп						
сверло	2	90.000	9.3	2	12	599	41	04:55
		авп						
зенкер	3	90.000	10.26	3	13	496	155	01:11
		авп						
развер	4	90.000	10.5	4	14	424	184	01:49
		авп						
сверло	5	90.000	10.5	5	15	531	40	09:05
		акк						

МР.ПМК-34.0.01.00.000 СХ				Лист	Масса	Масштаб
Карта налагодження				Н		-
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист 1 / Листов	
Разраб.	Богдановський					
Проб.	Питилюк					
Т.контр.	Питилюк					
Рецензент						
Н.контр.	Питилюк					
Утв.	Ланчик					





1. \*Разміри для контролю.  
 2. Використовувати для фрезерування деталі КС-3575А.14.101-2 в р-р 140<sub>1</sub> разом з силовим приводом.

				MP.ПМК-34.0.03.00.000 СК			
Взм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Богдановський			Н		1:1
Проб.		Пітилей			Лист 1	Листов 2	
Т.контр.		Пітилей			ІФРТУНГ		
Рецензент					ПМКМ-22-1		
Н.контр.		Пітилей			Формат А1		
Утв.		Ланчук			Копіював		

Лист 1 з 2  
 Взам. шкід. №  
 Підп. і дата  
 Склад №  
 Перв. примірник





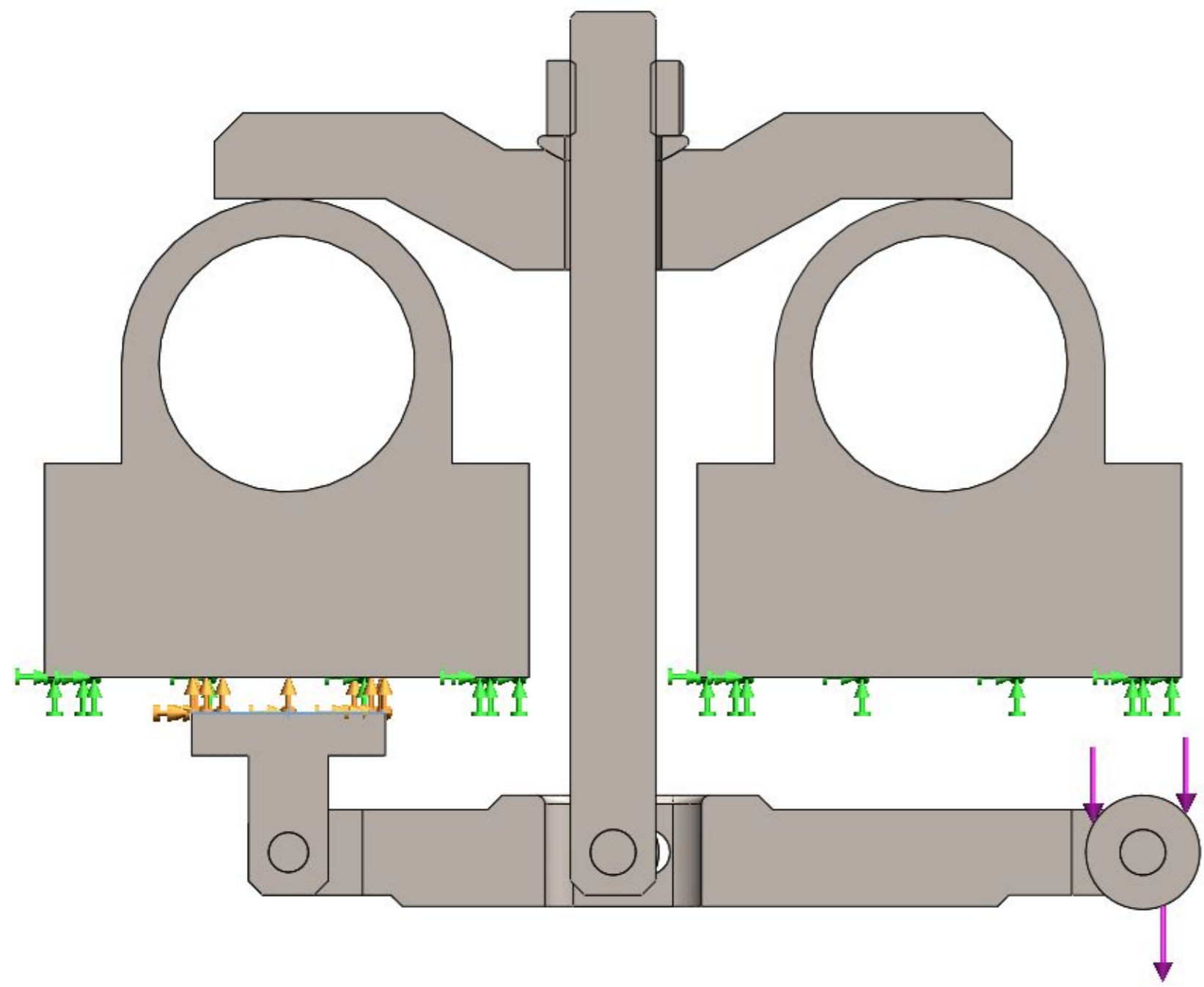


Рисунок 1 - Розрахункова схема

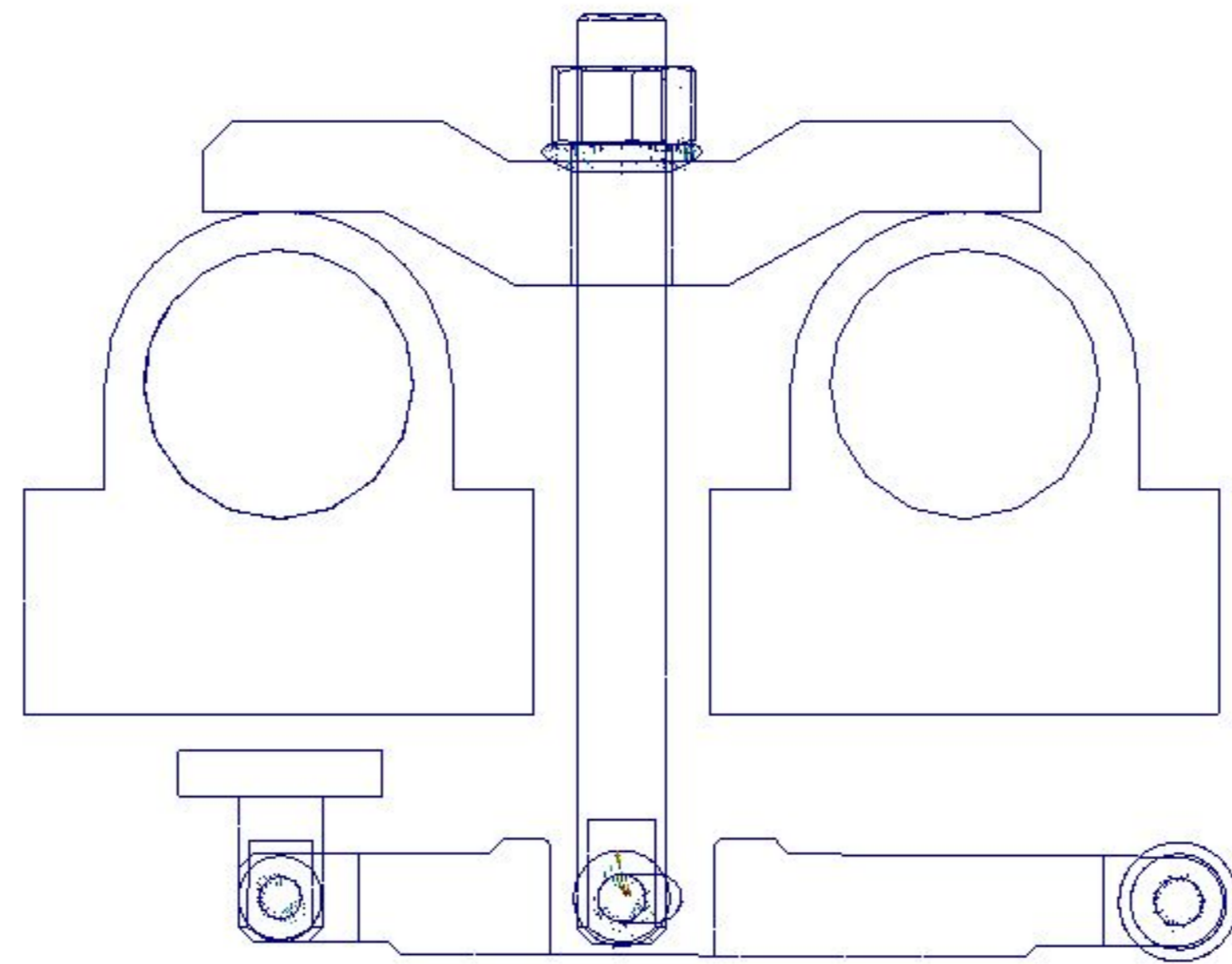


Рисунок 4 - Контактний тиск

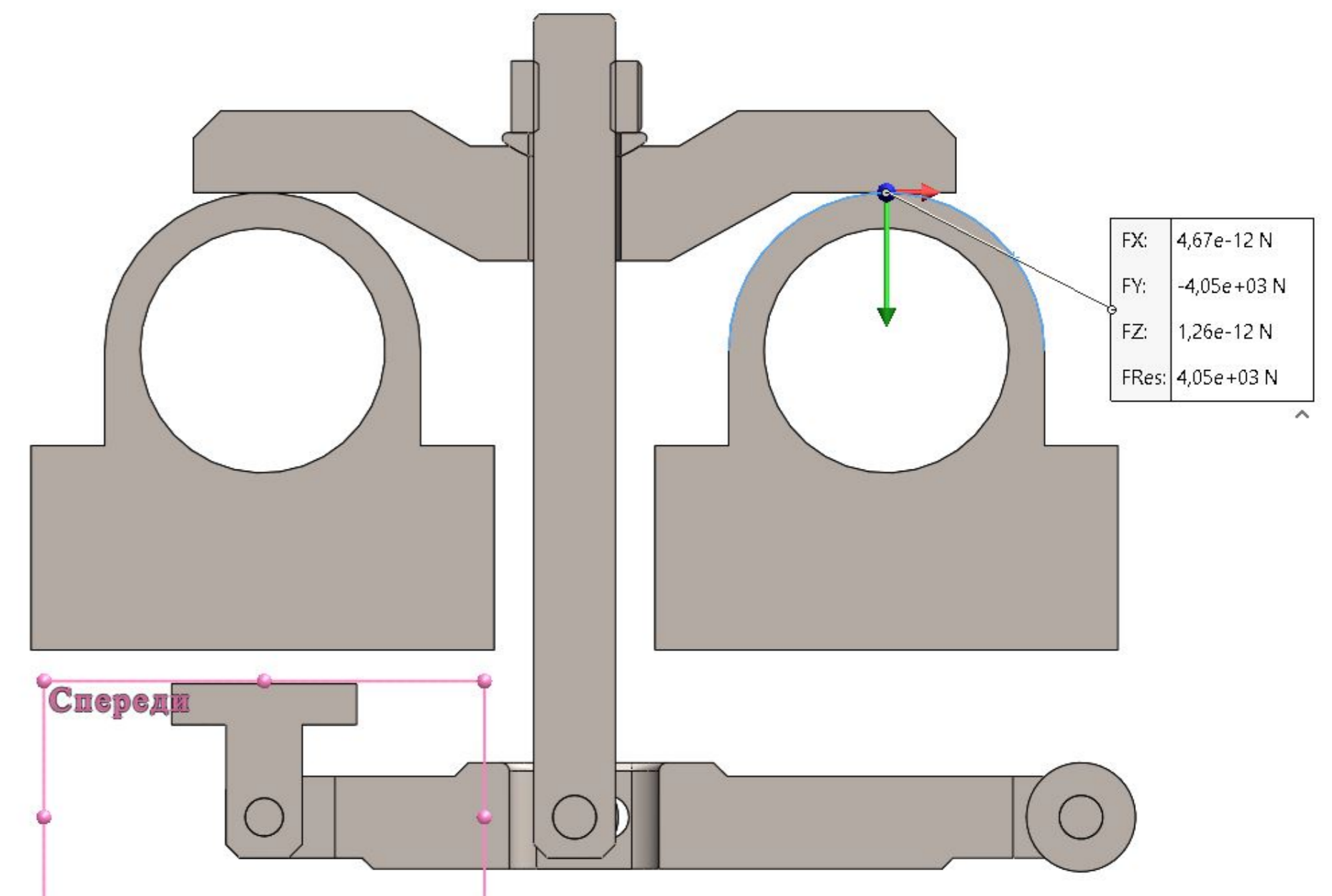
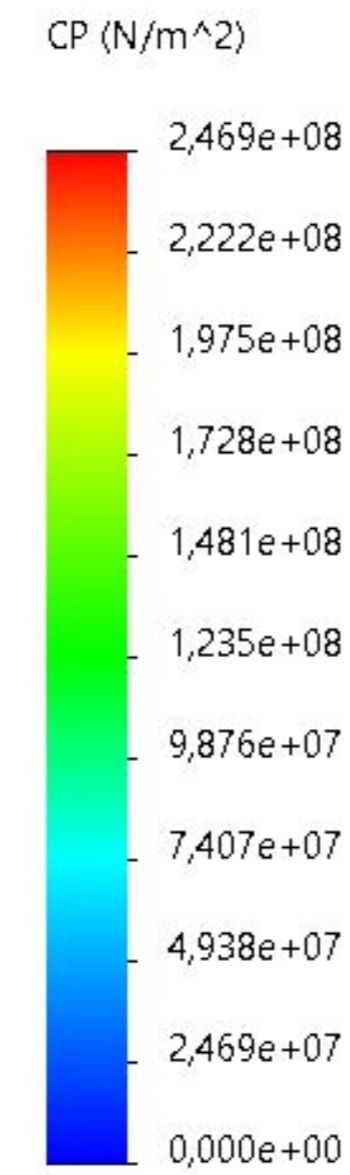


Рисунок 7 - Сила реакції

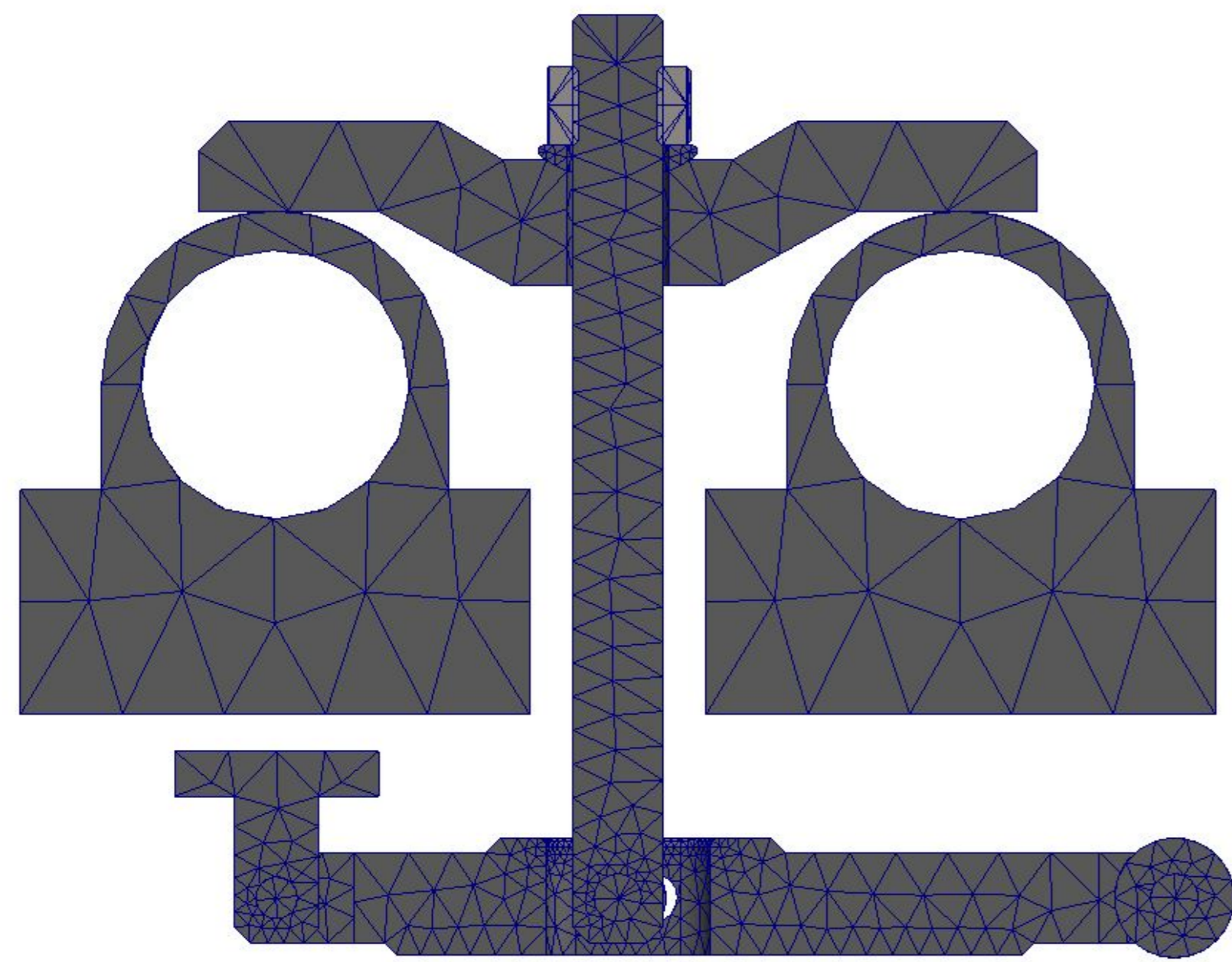


Рисунок 2 - Сітка скінченних елементів

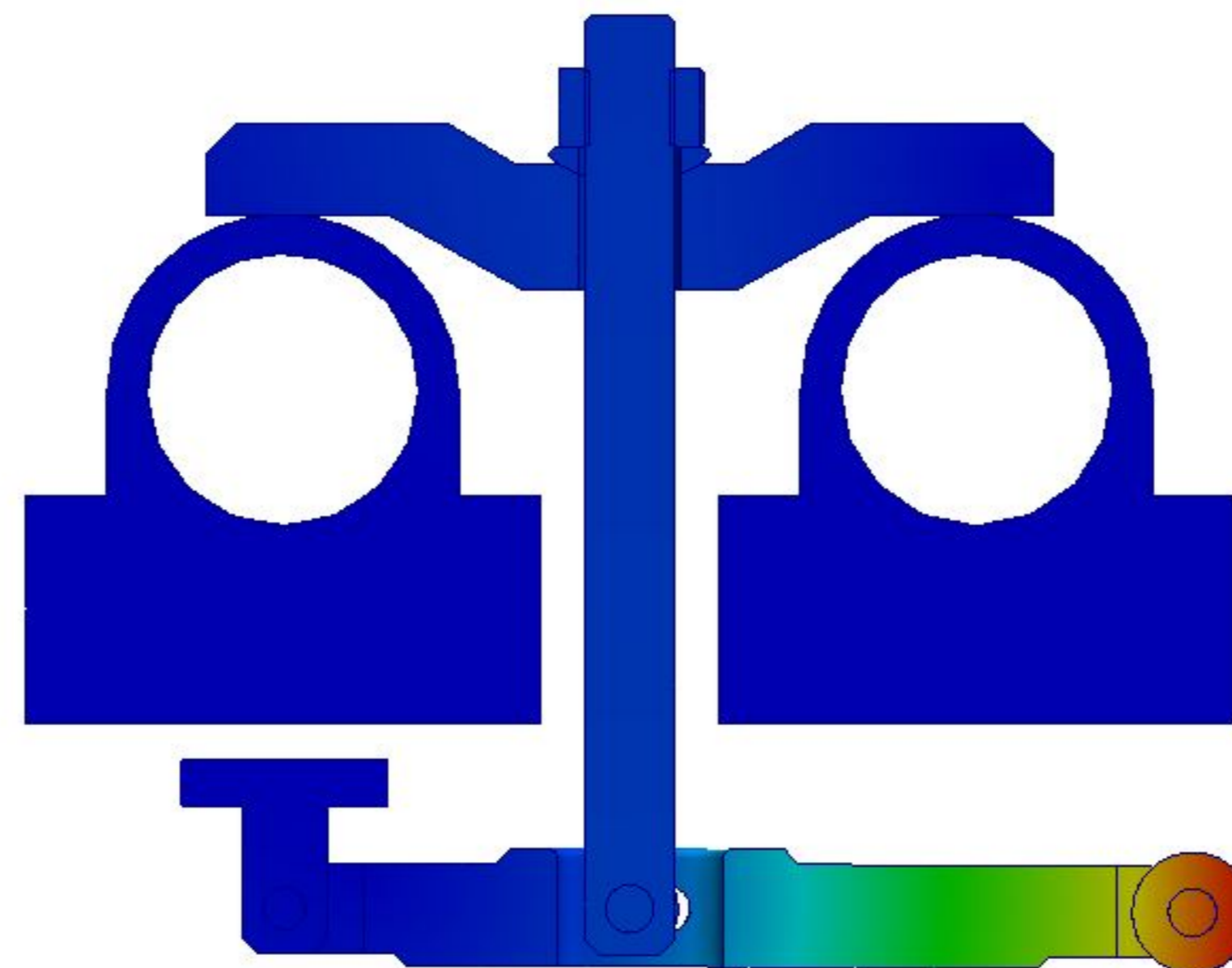


Рисунок 5 - Переміщення

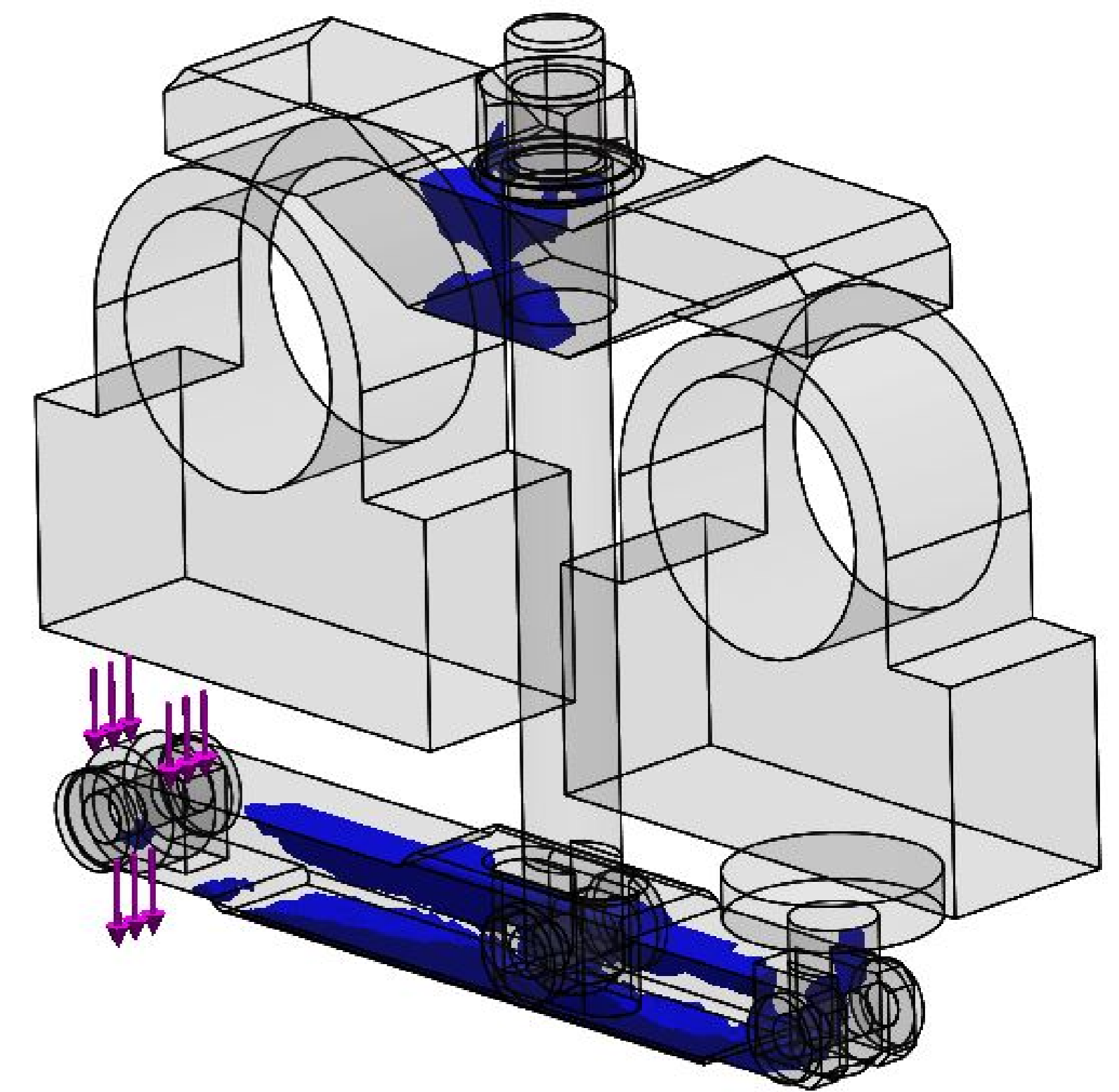
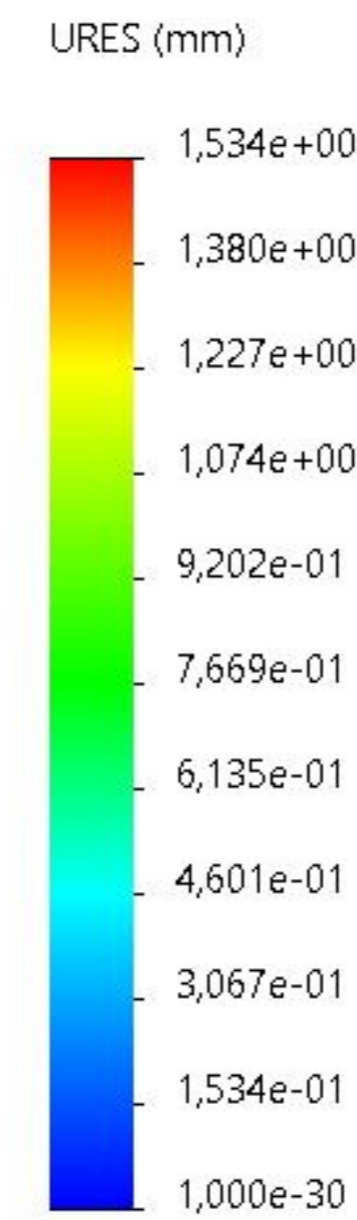


Рисунок 6 - Епюра Design Insight (області моделі, які сприймають навантаження найефективніше)

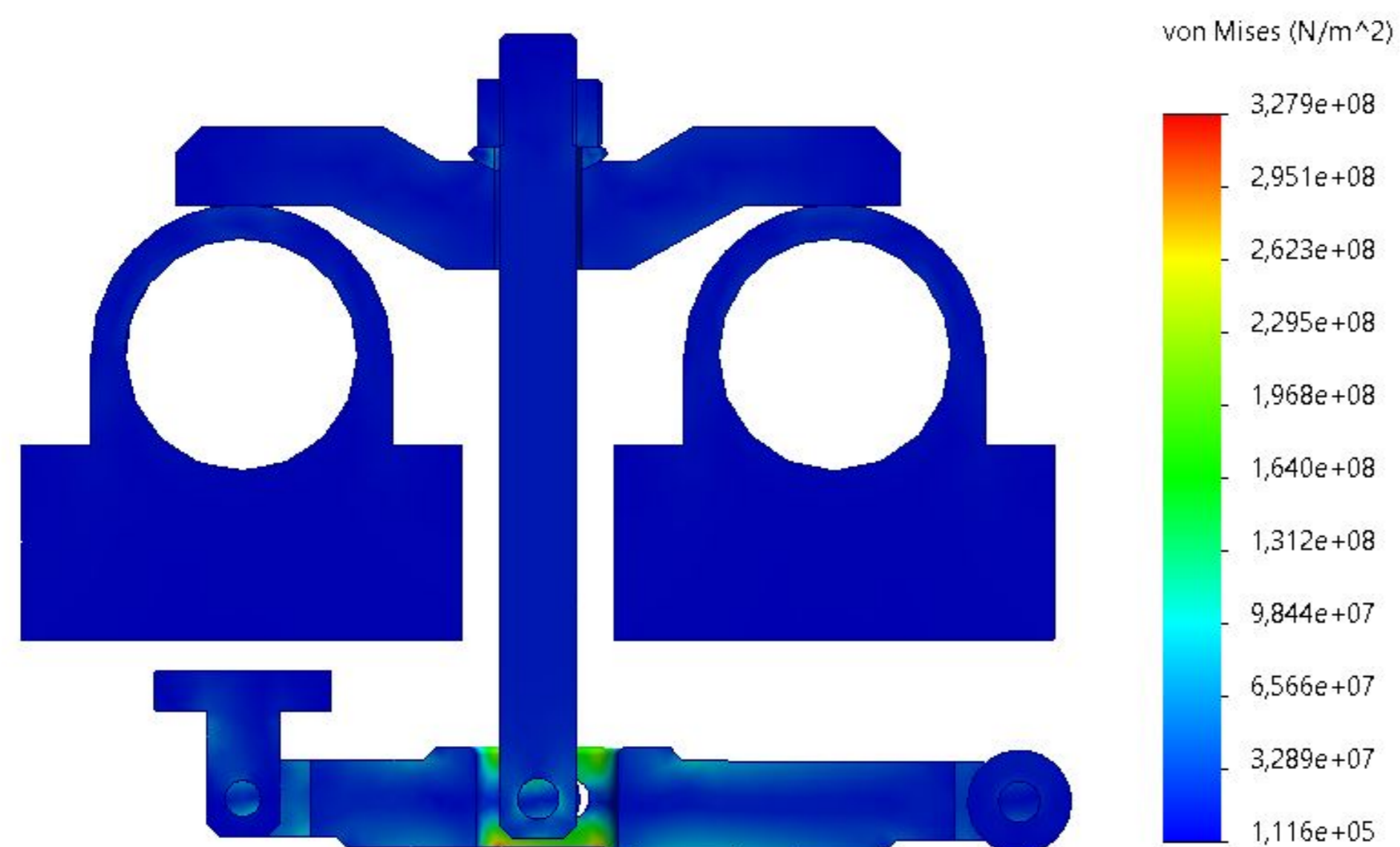


Рисунок 3 - Розподіл еквівалентних напружень

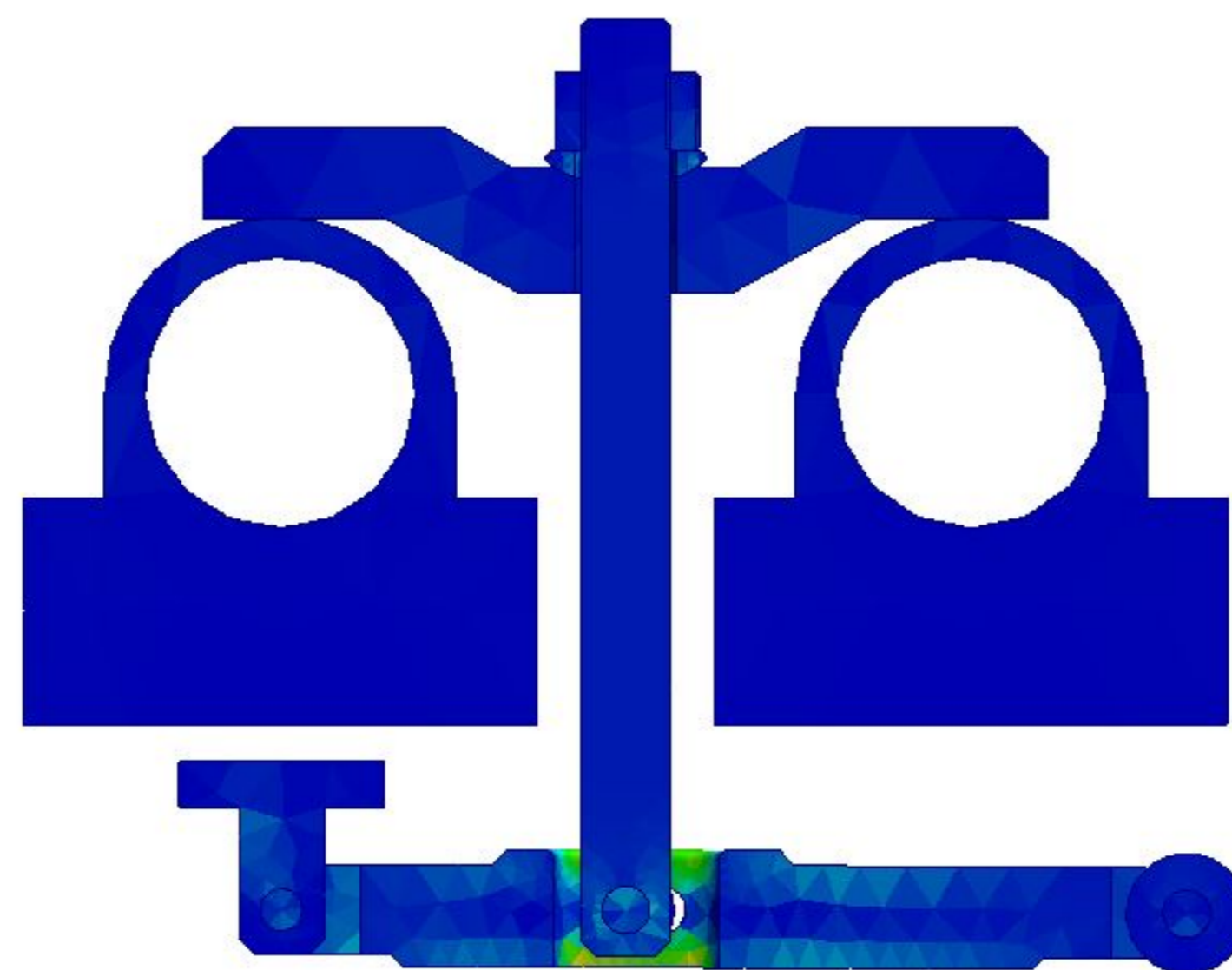
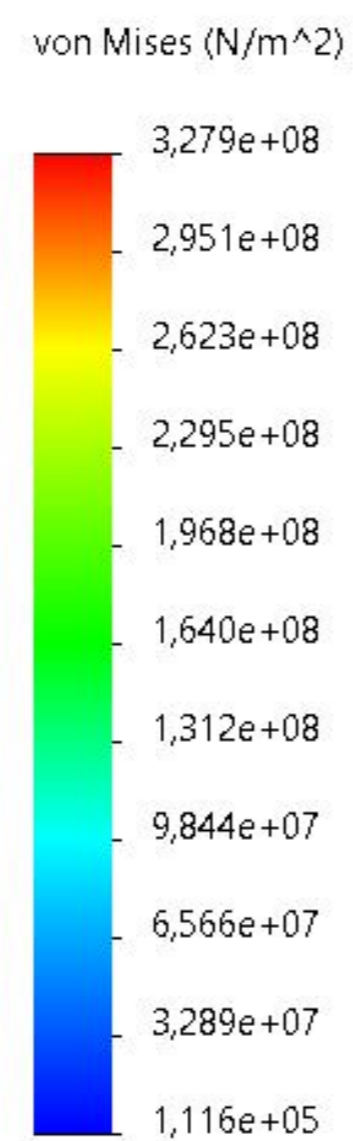
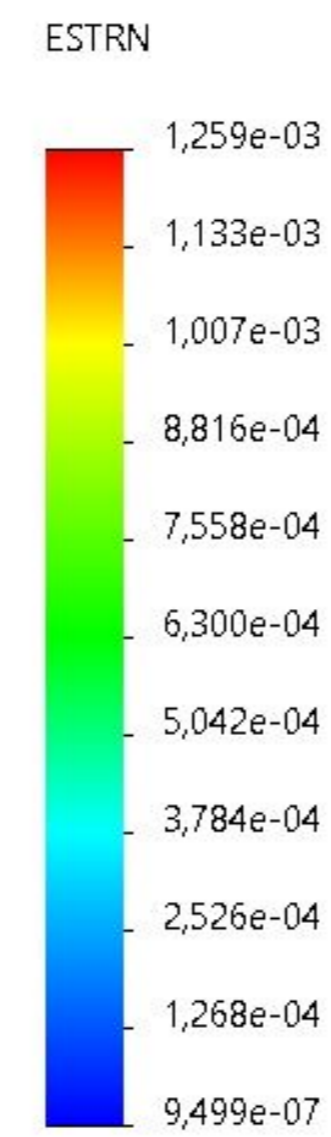
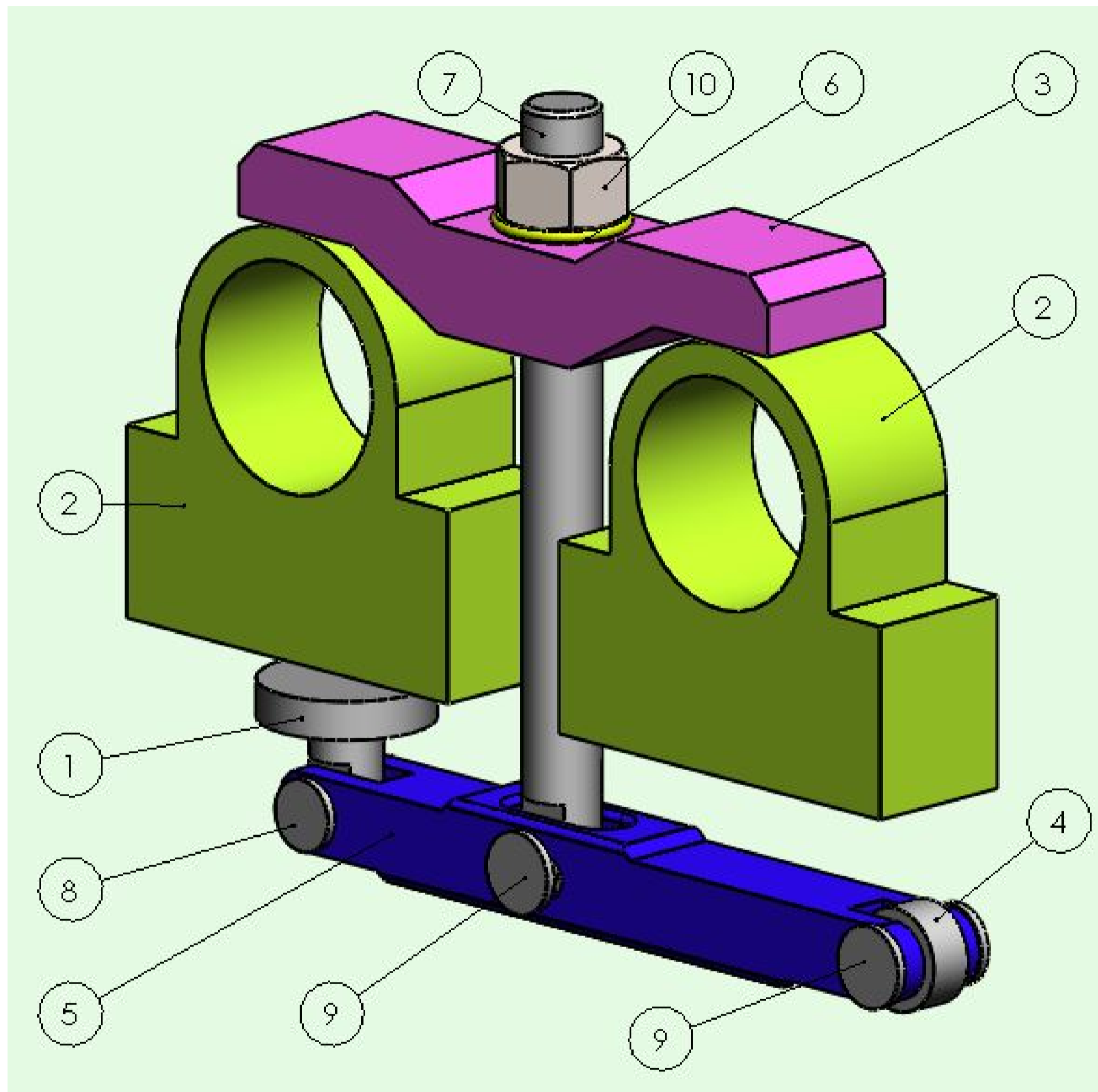


Рисунок 6 - Деформація

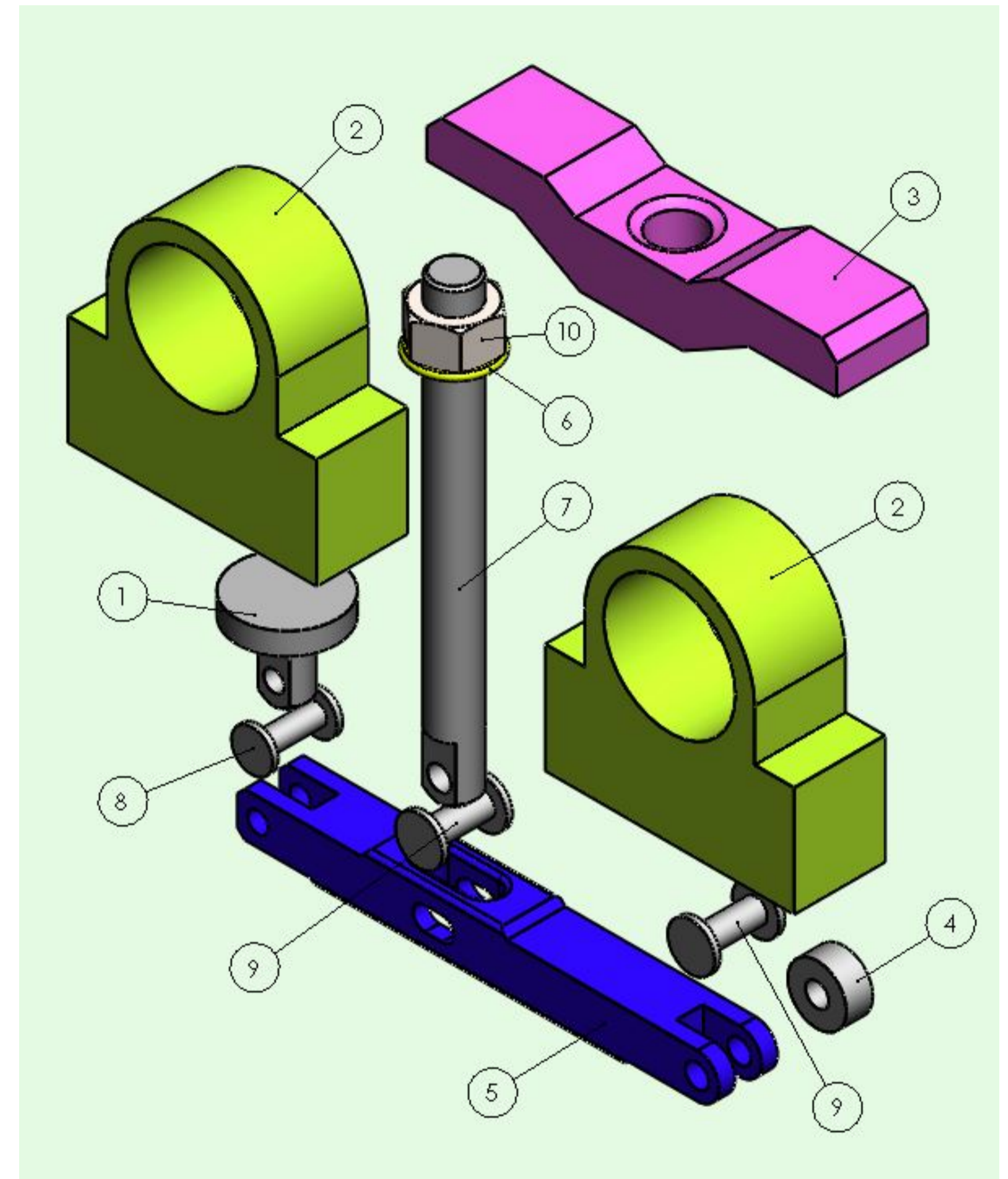


				MP.ПМК-34.05.00.000 СХ		
Взм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Результати імітаційного дослідження	Лист	Масштаб
Разраб.	Богдановський				Н	-
Проб.	Пітцелі			Лист	Листів 1	
Т.контр.	Пітцелі			ІФРТУНТ		
Н.контр.	Пітцелі			ПМКМ-22-1		
Удб.	Ланчук			Формат А1		

Перв. примірник  
Справ. №  
Листів і дата  
Взам. шиф. №  
Листів і дата  
Шиф. №



1 - стійка; 2 - деталь; 3 - коромисло; 4 - ролик; 5 - коромисло;  
6 - шайба; 7 - тяга; 8, 9 - вісь; 10 - гайка  
Рисунок 1 - Модель притискного пристрою (у зборі)



1 - стійка; 2 - деталь; 3 - коромисло; 4 - ролик;  
5 - коромисло; 6 - шайба; 7 - тяга; 8, 9 - вісь; 10 - гайка  
Рисунок 2 - Модель притискного пристрою (подетально)

Перв. примен.  
Спроб. №  
Подп. и дата  
Инд. № дробл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инд. № подл.

				MP.ПМК-340.06.00.000 СХ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Багряновський			Н		-
Проб.		Пітулей			Лист	Листов	1
Т.контр.		Пітулей			ІФНТУНГ		
Н.контр.		Пітулей			ПМКМ-22-1		
Утв.		Панчук			Копіював		
						Формат А2	