

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Інститут Інженерної механіки та рідотехніки  
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування  
Гринів Юрій Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус КИ 2534 Ф1.24.009»  
(назва роботи)

для умов середньосерійного типу виробництва

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

131 Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Ю.М. Гринів

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Копей Володимир Богданович, д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступень, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

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

Рецензент

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

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

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютерного моделювання машинобудування

Освітній рівень маістр

Спеціальність 131 прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Триніву Дрію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Технологічний процес виготовлення деталі „Корпус  
КИ 2534 Ф124002„ для двиг. середньосерійного типу виробництва“

керівник роботи професор кафедри КМВ Кореї В. Б.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “13” грудня 2023 року № 724/7

2. Строк подання студентом роботи 15 жовтня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі.

2. Матеріали переддипломної практики.

3. Тип виробництва середньо-серійний.

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

1. Технологічна частина.

2. Конструкторська частина.

3. Лінійне моделювання роботи притискової ланки розточного пристрою.

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

1. Карта налагодження.

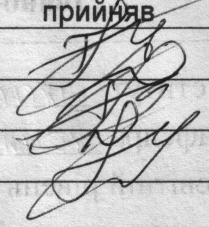
2. Технічний опис пристрою.

3. Пристрій розточний.

4. Пристрій токарський.

5. Лінійне моделювання роботи притискової ланки розточного пристрою.

6. Консультанти розділів роботи

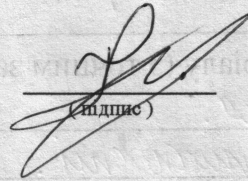
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Копей В. В. проф. каф. КМВ		
2.	Копей В. В. проф. каф. КМВ		
3.	Копей В. В. проф. каф. КМВ		

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 та схема.	02.01.2024р.	
3.	Лімітуюче дослідження прикладної частини	02.02.2024р.	
4.	Оформлення пояснювальної записки	15.02.2024р.	

Студент

  
(підпис)

Тришів Р. М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Копей В. В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процесу виготовлення деталі “Корпус КИ 2534 Ф1.24.009” для умов середньосерійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка 93 сторінки, має 28 рисунків, 25 таблиць, 22 посилань на літературу та додатки на 10 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушах формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь «Корпус КИ 2534 Ф1.24.009».

Мета роботи – розробити, на основі заводського технологічного процесу виготовлення корпусу КИ 2534 Ф1.24.009 покращений проектний технологічний процес, котрий дозволить здешевити собівартість корпусу залишивши необхідну точність та якість його поверхонь, а також розробити конструкцію верстатного та контрольного пристроїв, з допомогою програмного продукту SolidWorks оптимізувати конструкцію притискних ланок верстатного пристрою.

Згідно поставленій задачі в роботі проведений критичний детальний аналіз базової технології, що включив аналіз конструкції деталі, її функцій та призначення у вузлі, існуючого способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. По результатах аналізу та прислухавшись рекомендацій технічної навчальної літератури розроблено проектний маршрут механічної обробки деталі, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, розраховано припуски, режими різання та норм часу на механообробні операції. Для закріплення деталі на свердлильно-фрезерно-розточній операції (010) розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою із гідроприводом, працездатність котрого підтверджено розрахунками наведеними в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

**Ключові слова:** заготовка, деталь, технологічний процес, операція, режими різання, сила різання, обладнання, пристрій, інструмент.

Студент: Гринів Ю.М.

## SUMMARY

qualifying master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing part "Body КИ 2534  $\Phi$ 1.24.009" for conditions of medium-series type of production". Calculation and explanatory note of 93 pages, has 28 figures, 25 tables, 22 references to the literature and appendices on 10 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 of КИ 2534  $\Phi$ 1.24.009".

The purpose of the work is to develop, on the basis of the factory manufacturing process of the КИ 2534  $\Phi$ 1.24.009 case, an improved design technological process that will allow to reduce the cost of the case while leaving the necessary accuracy and quality of its surfaces, as well as to develop the design of the machine tool and control devices, with the help of the SolidWorks software product to optimize the design of the pressure links of the machine tool.

According to the task, a critical detailed analysis of the basic technology was carried out in the work, which included an analysis of the structure of the part, its functions and purpose in the node, the existing method of obtaining the workpiece and the route of mechanical processing. Based on the results of the analysis and following the recommendations of the technical educational literature, a design route for mechanical processing of the part 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 drilling-milling-boring operation (010), a design of a special machine tool with a hydraulic drive was developed, the efficiency of which was confirmed by the calculations given in the 2nd and 3rd sections of the explanatory note.

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

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

Student: Hryniv Y.M.

## Зміст

Вступ .....	
1 Технологічна частина .....	
1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі .....	
1.1.1 Опис призначення та конструкції деталі .....	
1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	
1.2 Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії .....	
1.3 Аналіз базового технологічного процесу .....	
1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки .....	
1.3.2 Опис та аналіз базового техпроцесу.....	
1.3.3 Технічне обґрунтування виробу проектного варіанту маршруту механічної обробки.....	
1.4 Розробка операційної технології.....	
1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів .....	
1.4.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів .....	
1.4.3 Розрахунки, пов'язані з підготовкою карти наладки і керуючої програми .....	
1.4.4 Аналіз точності обробки програми .....	
1.4.5 Нормування технологічного процесу .....	
2.Конструкторська частина .....	
2.1 Пристрій розточний .....	
2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою .....	
2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску .....	
2.1.3 Розрахунки пристрою на міцність і зносостійкість .....	
2.1.4 Розрахунок пристрою на точність та довговічність .....	

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гринів Ю.М.			<b>Пояснювальна записка</b>	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Копей В.Б.					1	
Реценз.						<b>ІФНТУНГ ПМКм-22-1</b>		
Н. Контр.		Копей В.Б.						
Затверд.		Панчук В.Г.						

2.1.5 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристрою .....	
2.2 Пристрій контрольний .....	
2.2.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою .....	
2.2.2 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристрою .....	
3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки розточного пристрою ...	
Висновки .....	
Список використаних джерел .....	
Додатки .....	

					<i>ДП.ТНМ-187.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Підприємство ВАТ “Пресмаш” відноситься до машинобудівного комплексу держави і виготовляє механічні преси зусиллям від 160 кН до 10000кН, що можуть брати участь в ресурсозберігаючих технологіях виготовлення заготовок методом холодного та гарячого об’ємного листового штампування, а також, застосовуватись у нових процесах – рідкого та напіврідкого штампування сталей.

Тема магістерської роботи відноситься до преса зусиллям 2500 кН моделі КИ 2534 Ф1, а саме, до виготовлення деталі преса – корпусу КИ 2534 Ф1.24.009 із значно меншими за базові затрати в умовах середньо-серійного виробництва.

Поставленої мети досягається за рахунок застосування комбінованої зварної заготовки, застосуванням верстатів з ЧПК, пристроїв з механізованим приводом, сучасного різального інструменту, що забезпечує застосування прогресивних режимів різання відповідно до широких властивостей застосованого обладнання.

					<i>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 1.1- Опис конструкції деталі.

№ Поверх-ні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності, мм	Точності форми розміщення, мм	Шорсткість Ra, мкм			
1-(Б) 1-0	Площина. Допоміжна технологічна і конструкторська база.	6×100	h14(-0.3) ±0.03	<table border="1"><tr><td>//</td><td>0,03</td><td>A</td></tr></table>	//	0,03	A	3.2 <i>(✓)</i>
//	0,03	A						
2- -9	Площина. Допоміжна для розміщення торця кришки	90	h914(-0.87)	<table border="1"><tr><td>↑</td><td>0,03</td><td>A</td></tr></table>	↑	0,03	A	3.2
↑	0,03	A						
2-(В)	Площина. Монтажний отвір	8	±0.2					
3	Внутрішня циліндрична поверхня. Основна конструкторська база «А»	Ø22	H8 (+0,033)		0.8			
4	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна	Ø45	H8(+0.039)		1.6			
5	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна	Ø45	H14(+0.63)		12.5			
6, 10	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання	1.5×10 <sup>0</sup>	± t2/2 (±0,2)		12.5			
7	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання	1.6×45 <sup>0</sup>	± t2/2 (±0,2)		12.5			
8, 11	Фаска. Вільна	1.6×45 <sup>0</sup>	± t2/2 (±0,2)		12.5			
13	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна	Ø9	H14 (+0.36)		12.5			
14	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна. Для нарізання різьби	4.95	+0.26		3.2			
15, 17	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання та нарізання різьби	1×45 <sup>0</sup>	± t2/2 (±0,1)		12.5			
16	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна	Ø8.7	H14 (+0.36)		3.2			
18	Внутрішня конічна різьбова поверхня. Допоміжна. Для розміщення мастильниці	K1/8"	ГОСТ 6111-52		3.2			
19	Внутрішня різьбова поверхня. Допоміжна. Кріпильна	M5	7H		3.2			

Деталь корпус КИ 2534 Ф1.24.009 входить до вузла фіксації кривошипно-шатунного механізму і являє собою корпус пневмоциліндра односторонньої дії, на вихідному кінці штоку котрого закріплений фіксуєчий елемент, - в пресі закритому кривошипному простої дії зусиллям 2500 КН моделі КИ 2534 Ф1, що застосовується для листового штампування деталі.

Корпус – зварна конструкція, габаритні розміри 100x90x135мм, маса 2,6 кг.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш точні поверхні: 3 (база «А») – Ø22Н8 та 4 – Ø45Н8, шорсткістю, відповідно, Ra 0,8 та Ra 1,6 мкм.

Висока точність розміщення пов.3 відносно основи деталі –  $T_{//}=\pm 0,03$  мкм – пояснюється точністю розміщення отвору, куди вводиться фіксатор.

Хімічний склад матеріалу деталі та його механічні властивості наведені відповідно в таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст. 3 ДСТУ 2651.94.

Масова доля елементів, %					
Залізо, Fe	Вуглець, C	Марганець, Mn	Кремний, Si	Сірка, S	Фосфор, P
				Не більше	
решта	0.14-0.22	0.4-0.62	0.05-0.15	0.05	0.04

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі Ст. 3 ДСТУ 2651.94.

Межа міцності, $\sigma_B$ , МПа	Межа текучості, $\sigma_T$ , МПа	Відносне видовження $\delta$ , %	Ударна в'язкість, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Згин до паралельності сторін а - товщина зразка d - діаметр оправки	Твердість, НВ
480	245/225	26/23	49	d=a d=2a	137

Примітка: в чисельнику для прокату до 20мм, в знаменнику – для більших розмірів.

### 1.1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.

Заготовку деталі корпус КИ 2534 Ф1.24.009 можна отримувати: зварюванням з окремих елементів (як базова) з прокату, зварюванням комбінованих – вилівка з елементами прокату; литтям, гарячим штампуванням та зварюванням із прокату.

Оброблюваність деталі на верстатах:

Площин 1, 2, 9 – на верстатах фрезерної, розточної групи та багатоцільової;

Циліндричних внутрішніх та конічних внутрішніх та зовнішніх (фасок) 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – на верстатах токарної, свердлильної, розточної групи та багатоцільових, отвори 13, 19, 16-18 – на верстатах розточної, свердлильної групи та багатоцільових.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площини 1, 2, 9 обробляються фрезеруванням на прохід; також наскрізь обробляються пов. 3, 13, 16. Обробка інших отворів на прохід (4, 5, 14, 19) не допускається конструкцією деталі.

До всіх оброблюваних поверхонь доступ різального та вимірного інструменту задовільний.

З одного встановлювання обробку деталі виконати неможливо, через потребу обробки пов. 1 і 13. Поверхня 1 може бути постійною базовою поверхнею – чистовою – для обробки решти поверхонь. Щоб усунути потребу в кутовій фіксації заготовки при базуванні, доцільно ввести допоміжні технологічні бази у вигляді 2-х точно виконаних отворів 13, котрі можна обробити разом з обробкою поверхні 1 на фрезерному верстаті, прийнявши за чорнову базу пов.2.

Поверхня 9 є вільною і не виконує ніякої функції при складанні вузла та роботі виробу. Тому її і фаски 8 і 11 обробляти доцільно перед зварюванням на токарному верстаті, що зменшить час обробки деталі.

Також поверхня 5 є вільною поверхнею, не контактує з іншими деталями і її можна не обробляти, а при засновуванні вилівка, занизити, забезпечивши обробку пов.4 напрохід.

За механічними властивостями та хімічним складом сталь 15Л близька до Сталі Ст.3, зварюваність – необмежена, ливарні властивості задовільні, коефіцієнт оброблюваності:

$$K_{vm} = 1,2 \text{ ([4], табл.7, с.663).}$$

Таблица 1.4 – Хімічний склад сталі 15Л ДСТУ 8781:2018.

Масова доля елементів, %					
Залізо, Fe	Вуглець, C	Марганець, Mn	Кремний, Si	Сірка, S	Фосфор, P
				Не більше	
решта	0.12-0.20	0.45-0.90	0.20-0.52	0.045	0.040

Таблица 1.5 – Механічні властивості сталі 15Л ДСТУ 8781:2018.

Межа міцності, $\sigma_B$ , МПа	Межа текучості, $\sigma_T$ , МПа	Відносне видовження $\delta$ , %	Ударна в'язкість, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Відносне видовження $\psi$ , %	Твердість після відпуску, НВ
392	196	24	431	35	109-135

					<b>MP.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи програму випуску – N=510 шт при базовому – до 5 штук – доцільно замінити спосіб отримання елементів заготовки, а власне деталі поз.1, що виготовляється з круга Ø70, - її доцільно виготовити литтям в металеві форми, що зменшить об'єм механічної обробки пов. 3 і 4.

Коефіцієнт оброблюваності матеріалу заготовки порівняно з еталоном (сталь 45):

$$K_{\text{вм}} = 1,8 \text{ ([18], табл.1, с.21)}$$

За середньою точністю і шорсткістю обробки деталь відноситься до деталі з середньою точністю обробки, а за шорсткістю обробки поверхонь – до деталі з середньою швидкістю оброблюваних поверхонь.

Для досягнення заданої точності потрібно:

- використати для обробки поверхонь високої точності – 3 і 4 – верстати підвищеної точності;
- застосувати верстати нормальної точності для обробки поверхонь 3 і 4 можна, при застосуванні мірного інструменту;
- для досягнення потрібної точності розташування поверхонь 3 і 4 по висоті доцільно застосувати верстат розточної групи при базуванні заготовки на начисто оброблену пов.1.

Висновок:

1. За всіма параметрами деталь технологічна;
2. Для виготовлення деталі в умовах даного типу виробництва потрібно застосувати спеціальні пристрої середньої складності.
3. Підготувати постійні бази на 1-й операції – пов.1 – оброблену начисто; всі отв. 13 – оброблених за допуском Н9, - щоб не допустити встановлення неточними отворами.
4. Заготовку елемента деталі (поз.1) отримати литтям із сталі 15Л ГОСТ 977-88 з попередньою обробкою торців 2 і 9 та фасок 8 і 11.
5. Кут фасок  $10^0$  (6 і 10) змінити на кут  $15^0$ , що допускається ([18], табл.11, с.370) для застосування стандартного інструменту.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 15Л ГОСТ 977-88 приведені в таблицях 1.4 та 1.5.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Визначення річної програми випуску деталей та кількості деталей в партії

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Режим роботи підприємства 2 зміни на добу.

Дані базового техпроцесу наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Трудомісткість операцій.

№ операції	Назва операції	Модель верстату	T <sub>шт</sub> , хв
010	Фрезерна	6P82Г	15,0
020	Розточна	2Л614	150,0
030	Свердлильна	2М55	10,02
040	Свердлильна	2М55	14,04
045	Слюсарна	Плита	7,2
Разом			196,3

Примітка. На операції 045 – нарізають різьбу.

Число операцій  $n=5$ ; сумарний штучний час  $\sum T_{шт} = 196,3$  хв. Середній штучний час:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{196,3}{5} = 39,26 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_г = k_з \cdot T_{шт.сер},$$

де  $k_з$  – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$10 < k_з < 20$ . Приймаємо  $k_з = 11$ , тоді:

$$t_г = 11 \cdot 39,26 = 431,86 \text{ хв.}$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_д \cdot 60}{t_г} = \frac{3900 \cdot 60}{431,86} = 541,8 = 542 \text{ шт,}$$

де  $F_д$  – дійсний річний фонд робочого часу устаткування;  $F_д = 3900$  год.

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_д = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{542 \cdot 12}{252} = 25,8 \text{ шт,}$$

де  $a$  – періодичність запуску виробів,  $a = 12$  днів ([1], с.23);

$F$  – кількість робочих днів у році,  $F = 252$  день.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot n_{\text{д}}}{480 \cdot 0,8} = \frac{39,26 \cdot 25,8}{480 \cdot 0,8} = 2,64 \text{ зміни,}$$

де 480 – дійсний фонд часу роботи устаткування за зміну, хв.;

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Прийнята кількість змін  $C_{\text{пр}} = 3$  зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_{\text{д}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер}}} = \frac{3 \cdot 480 \cdot 0,8}{39,26} = 29,34 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_{\text{д}} = 30$  шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_{\text{д}}} = \frac{542}{30} = 17,3.$$

Приймаємо  $i = 17$ ;  $N = i \cdot n_{\text{д}} = 17 \cdot 30 = 510$  шт.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 1.3 Аналіз базового технологічного процесу і запропоновані зміни для поліпшення технології виготовлення

#### 1.3.1 Техніко - економічне обґрунтування вибору заготовки

За базову заготовку прийнята зварна конструкція.

При аналізі технологічності деталі розглянемо варіант такої конструкції із зміною заготовки на деталь поз.1 – прокат на виливок у металеві форми.

В таблиці 1.7 наведено порівняльний аналіз заготовки і визначимо їх масу і норму розходу.

Таблиця 1.7 - Порівняльний аналіз методів отримання заготовки

Елементи деталі		Базова заготовка			Проектна заготовка			Відношення базових до проектних
Назва	К-ть	Заготовка	Маса	Норма розходу	Заготовка	Маса	Норма розходу	
Бобишка	1	Круг Ø70x94	2,84	3,11	Виливок	2,02	2,02	1,54
Ребро	2	Лист 6	0,4	0,45	Лист 6	0,40	0,45	1
Лист	1	Лист 10	0,55	0,71	Штаба 9x90x3000	0,55	0,64	1,11
Всього			3,76	4,27		2,97	3,07	1,39
Коеф.використання металу $K_{вм} = M_d / M$		$K_{вм.б} = 2,6 / 4,27 = 0,61$			$K_{вм.пр} = 2,54 / 3,07 = 0,827$			0,74

Елемент заготовки: - ребро – залишаємо без змін, - лист – розрахунковий припуск на обробку 2.8мм. Базова заготовка товщиною 10 мм тому, що інші товщини (9мм) не застосовуються.

Для проектної заготовки приймаємо стандартну штабу товщиною 9мм і ріжемо її на штучні заготовки гільйотинними ножицями. При довжині штаби 3000мм отримаємо 30 заготовок, що відповідає  $n_d$ .

Розрахунок розмірів і маси виливка для елемента «бобишка».

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

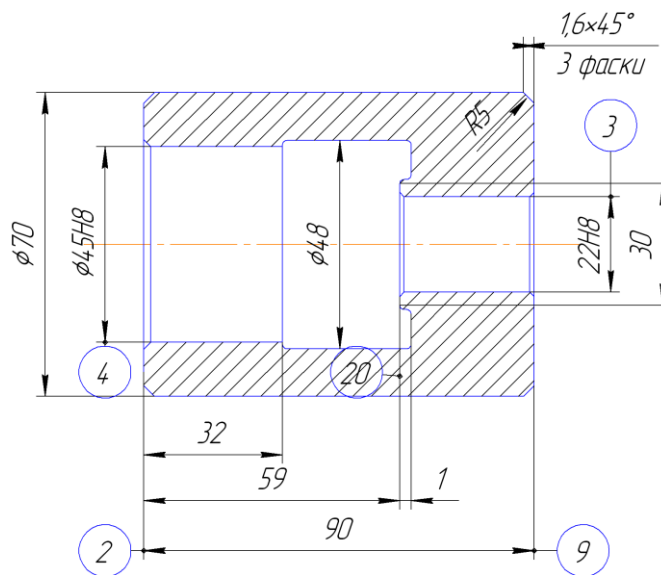
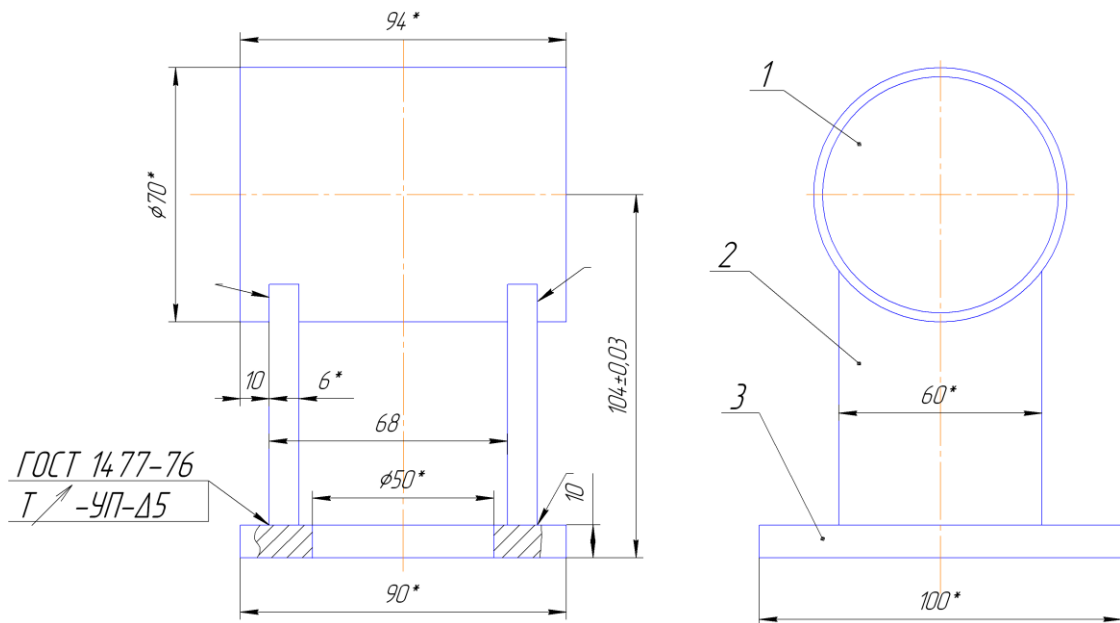


Рисунок 1.2 – Ескіз обробки елементу деталі з виливка

На підставі таблиць 1, 2 і 3 ([4], с.581-583) вибираємо параметри точності заготовки за ГОСТ 26645-85:

- клас точності розмірів і мас – 8;
- ряд припусків – 2;
- ступінь короблення – 6 ([7], табл.4.12, с.63);
- зміщення елементів виливка по площині рознімання – 0.6мм. ([7], табл.4.12, с.63).

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1. \*Розміри для довідок;

2. h14;  $\pm t/2$ ;

Рисунок 1.3 – Ескіз базової заготовки.

1 – бобишка – 1шт (прокат, круг);

2 – ребро – 2шт (прокат, лист);

3 – лист – 1шт (прокат, лист).

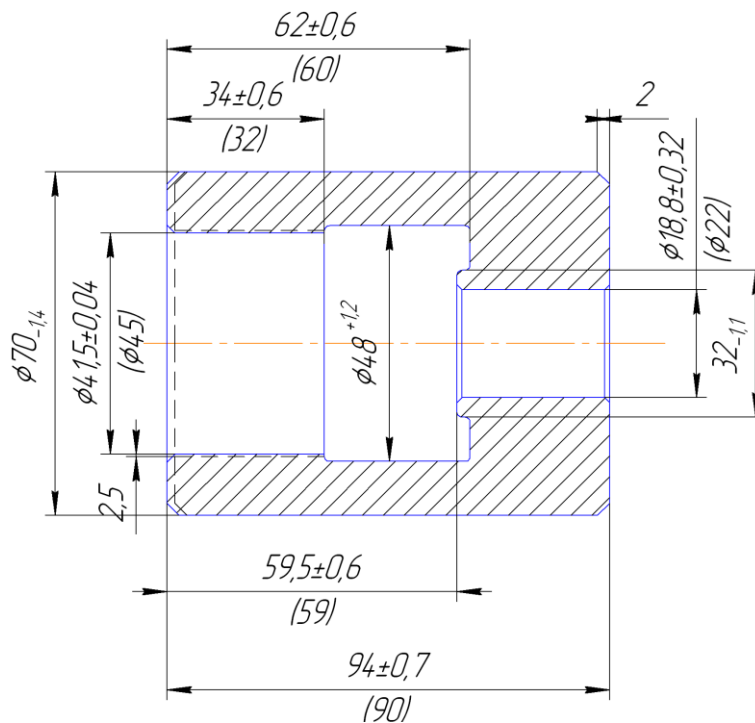
					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 – Розрахунок розмірів заготовки

№ п.п	Назва параметрів	№ поверхонь, розміри			
		Деталь			
1	Розмір, мм	90	Ø22	Ø45	59
2	Квалітет	h14	H8	H8	±t <sub>2</sub> /2
	Шорсткість, мкм	3.2	0.8	1.6	12.5
4	Клас точності	8	7Г	7Г	8
5	Допуск Т, мм	1.4	0.64	0.8	1.2
6	Відхилення, мм	±0.7	±0.32	±0.4	±0.6
7	Позначення припуску	2 Z <sub>1</sub>	2Z <sub>2</sub>	2Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
8	Основний припуск, мм	2*2.0	2*1.6	2*1.6	1.6
9	Додатковий припуск, мм*	-	-	-	-
10	Загальний припуск, мм	2*2.0	2*1.6	2*1.6	1.6
11	Розрахунковий розмір, мм	94	Ø18,8	Ø41,8	59,4
12	Виконавчий розмір, (розмір заготовки з відхиленням) мм	94±0.7	Ø18,8 ±0.32	Ø41,8 ±0.4	59,4±0.6
13	Фактичний припуск, мм	2*2.0	2*1.6	2*1.6	1.5

\* Враховує зміщення і (або) короблення вилівка ([7], табл. 4.11, 4.12, с.63) і враховується, якщо перевищує половину поля допуску на розмір.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1. 109-136 HB;
2. Точність заготовки 8-8-2-6 ДСТУ 8981:2020;
3. Зміщення елементів вилівка по площинні рознімання не більше 0.6мм;
4. Невказані ливарні радіуси R3мм;
5. Невказані формувальні ухили 0°26';
6. На необроблених зовнішніх поверхнях допускаються раковини до Ø3мм глибиною не більше 0.5мм;
7. Матеріал – Сталь 15Л ДСТУ 8781:2018.

Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки бобишки.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Таблиця 1.10 – Інші можливі варіанти технології обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх розміщення

№ Поверхні	Перехід механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз, №	Параметр точності взаємного розташування поверхонь, який при цьому забезпечується						
1	Фрезерування чорнове і чистове	Вертикально-фрезерний 6Р13РФ3 Пристрій спеціальний з механізованим приводом	2							
13	Свердління									
13т	Свердління розвертування									
2	Фрезерування чистове	Свердлильно-фрезерно-розточний 6902ПМФ2 Пристрій спец. з механізованим приводом	1, 13 2	<table border="1"> <tr> <td>↑</td> <td>0,03</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>//</td> <td>0,03</td> <td>A</td> </tr> </table>	↑	0,03	A	//	0,03	A
↑	0,03				A					
//	0,03				A					
3	Розточування чистове розвертування чорнове і чистове									
4	Розточування чорнове і чистове розвертування чорнове і чистове									
7	Розточування									
8	Точіння									
9,20	Підрізання									
10	розточування									
6	Зенкерування	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р118Ф2. Пристрій спец. з механізованим приводом	9, 3, 1							
14	Свердління									
15	Центрування									
19	Нарізання різьби мітчиком									
16	Свердління		1, 13, 9							
17	Зенкерування									
18	Нарізання різьби мітчиком									

Таблиця 1.11 – Маршрут механічної обробки деталі і зміст операцій

№ операції	Назва операцій, переходи, інструмент	Верстат, пристрій	Схема базування
1	2	3	4
010	Фрезерна 1.Фрезерувати пов.1 Фреза торцюва	Горизонтально-фрезерний 6Р82Г Комплект №1 кріпильних технологічних деталей	

МР.ПМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.11

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
MR.ГМК-347.00.000 ПЗ				
	Арк.			

1	2	3	4
020	<p>Розточна</p> <p>1. Фрезерувати по.2 Фреза торцюва</p> <p>2. Свердлити отв.3 наскрізь Свердло</p> <p>3. Розсвердлити пов.4,5 Свердло</p> <p>4. Розточити пов.5 і 20 Різець розточний державковий</p> <p>5. Розточити начисто пов.4</p> <p>6.7. Розточити фаски 6 і 7 Різці розточні державкові.</p> <p>8. Зенкерувати пов. 3 Зенкер</p> <p>9. Розвернути пов.3 Розвертка</p> <p>10. Точити фаску 8 Різець розточний державковий</p> <p>Повернути стіл на 180<sup>0</sup></p>	<p>Горизонтально-розточний 2Л614</p> <p>Комплект №3</p> <p>кріпильних технологічних деталей</p>	<p>The drawing is a technical cross-section of a cylindrical part. It shows a central bore with a diameter of 20 units. The part has several features: a chamfered top edge (8), a chamfered bottom edge (6, 7), a chamfered outer edge (10), and a chamfered inner edge (11). A hole with a diameter of 3 units is drilled through the part (3). The part is mounted on a base with two vertical supports (4, 5). Surface finish symbols are shown: a triangle with the number 6 for the chamfered surfaces and a triangle with the numbers 1, 2, 3 for the cylindrical surfaces.</p>

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
020 пр.	11. Фрезерувати пов.9 Фреза торцюва 12. Розточити фаску 10 Різець розточний державковий 13. Точити фаску 11 Різець розточний державковий		
030	Свердлильна 1. Свердлити 4 отв.13 по кондуктору. Свердло	Радіально-свердлильний 2М55 Призми УСП-12 ГОСТ 15275-70. Комплект кріпильних деталей. Кондуктор накладний	<p>The technical drawing shows a rectangular workpiece with a central circular hole. It features four smaller circular holes at the corners. The drawing includes a side view with a section line A-A and a top view. Dimensions and labels include 1, 2, 3, 4, 5, 6, and B.</p>

МР.ГМК-347.00.000 ПЗ

Змін.

Арк.

№ док.ум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
040	<p>Свердлильна</p> <p>1. Свердлити по кондуктору 4 отв.14</p> <p>2. Зенкерувати фаски 15 в отв.14.</p> <p>Зенковка</p> <p>Переустановити деталь</p> <p>3. Свердлити отв. 16</p> <p>Свердло</p> <p>4.Зенкувати фаску 17</p> <p>Зенковка</p> <p>5. Нарізати різьбу 18 в отв. 16</p> <p>Мітчик</p>	<p>Радіально- свердлильний 2М55</p> <p>Комплект кріпильних деталей.</p> <p>Кондуктор накладний</p>	<p>Позиція 1</p> <p>Позиція 2</p>

Змін.

Арк.

№ докум.

Гіділіс

Дата

МР.ПМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4
045	<p>Слюсарна</p> <p>1. Видалити завусениці, притупити кострі кути.</p> <p>Терпуг</p> <p>2. Нарізати різьбу 19 в отв.14</p> <p>Мігчик</p> <p>3. Маркувати позначення</p>	<p>Плита 2-3-400x400</p> <p>ГОСТ 10905-86</p>	

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

МР.ГМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

Операція 010. Фреза. Верстат горизонтально фрезерний 6Р82Г.

Заготовка встановлюється і закріплюється за допомогою комплексу кріпильних деталей, куди входять опори, упори, притискачі, гвинти, болти, гайки, шайби, з послідуною вивіркою розміщення оброблюваної поверхні та встановленням фрези по попередньо розміченому припуску. Базування заготовки ненадійне і потребує постійної вивірки при зміні заготовки. Доцільно обробку виконувати на вертикальному верстаті і при встановленні заготовки на протилежну оброблюваній поверхню основи деталі.

Обробка виконується торцевою фрезою на прохід. Структура операції може бути використана при формуванні пропозицій до покращення маршруту.

Операція 020. Розточна. Верстат 2Л614.

Заготовка встановлюється на столі верстату за допомогою комплексу технологічних кріпильних деталей. Шпиндель верстату встановлюється (виставляється) по центру оброблюваних пов. 3, 4, 5. Обробка багатоперехідна. Керування переміщенням стола здійснюється в ручному режимі, зміна інструменту – ручна, - це відноситься до недоліків операції. Також недоліком є необхідність кожну заготовку виставляти по осі стола.

При усуненні заданих недоліків операція може залишитись в зміненому техпроцесу.

030 операція. Свердлильна. Верстат 2М55. Набір кріпильних технологічних деталей з призмами. Накладний кондуктор.

Обробка виконується по накладному кондуктору, щоб забезпечити допуск на розташування отворі  $T_o = \pm 0,25\text{мм}$ .

Недолік операції – ручне керування переміщенням інструменту по координатах, ручне закріплення заготовки.

Структура операції забезпечує отримання придатної деталі і допустима для застосування у заданому типі виробництва.

Операція 040 свердлильна. Верстат 2М55. Встановлення та закріплення заготовки при допомозі комплексу технологічних кріпильних деталей.

					MP.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробка поверхонь 14 виконується по накладному кондукторі. Ця частина операції має аналогічні недоліки як попередня операція, крім цього, на ній не нарізають різьбу, що є також недоліком. Для усунення цих недоліків доцільно застосувати свердлильний верстат з ЧПК та спецпристрій з механізованим приводом. Операція виконується з переустановкою деталі, по розмітці.

Обробку на другій позиції доцільно виділити в окрему операцію на верстаті і при оснащенні аналогічно попередній позиції.

Все застосоване обладнання має завеликий типорозмір по розміру робочої зони.

Всі верстати мають спільні недоліки: ручне керування переміщеннями стола, ручна зміна інструменту. Вони можуть бути використані при одноперехідній і (допустимо) одноінструментальній обробці.

В заданому типі виробництва недоцільно використовувати комплекти кріпильних технологічних деталей, так як встановлення при їх допомозі заготовки вимагає великого допоміжного часу. Застосування накладних кондукторів можливе при відповідних структурах операцій із застосуванням неавтоматизованого обладнання.

Незалежно від структури зміненого (покращеного) техпроцесу, на всіх операціях повинні застосовуватись спеціальні пристрої з механічним затиском та стабільним базуванням заготовки, що не потребує постійного налагодження верстату на кожну заготовку.

Різальний інструмент, що застосовується техпроцесу: торцьові фрези, зенкер, розвертка та розточні державкові різці з різальною частиною з твердого сплаву групи ТК.

Осьовий інструмент із швидкорізальної сталі: свердла, зенковки, мітчики.

Більшість з них можуть бути використані в покращеному техпроцесі. Застосований різальний інструмент забезпечує використання прогресивних режимів різання.

- Вимірний інструмент, що застосований у техпроцесі:

- Штангенциркуль ШЦ-II-0.05-1;

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Штангенглибомір ШГ-160;
- Калібр-пробки на Ø22Н8 та Ø45Н8;
- Зразки шорсткості; Калібр-пробка на різьбу К  $\frac{1}{8}$ '' ;
- Різьбова пробка на різьбу М5-7Н;
- Індикатори їх стійки та контрольні валики для контролю розміру  $100 \pm 0.03$ ;

Весь цей інструмент доцільно використати в проектному техпроцесі та додати контрольний пристрій для контролю торцьового биття пов. 2 відносно осі пов. «А».

Пропозиції для покращення технології виготовлення деталі корпус КИ2534Ф1.24.009 на підставі прийнятих змін та аналізу базового техпроцесу.

1. Так як на фрезерній операції оброблятимуться отвори 13, що застосовуватимуться як технологічні бази – за Ø9Н9 а число інструментів не перевищує 6 шт., то доцільно застосувати вертикально-фрезерній верстат 6Р13РФ3 з револьверною головкою н аб позицій, найдешевший з усіх фрезерних верстатів з ЧПК.

2. На розточній операції застосувати невеликий свердлильно-фрезерно-рзточний верстат 6902ПМФ2 з ЧПК та магазином інструментів, але, з метою найбільш ефективного його використання, переходи, що можна виконати на верстаті свердлильної групи – не використовувати.

3. Всі свердлильні операції виконувати на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Р118Ф2, з ЧПК та 6-ти позиційною револьверною головкою.

4. На всіх операціях застосовувати спеціальні пристрої з механізованим приводом.

5. Притуплення гострих кутів, завусенців та маркування виконують оператори верстатів з ЧПК під час автоматичної роботи верстатів.

Проектний варіант техпроцесу приведено в таблиці 1.12.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.12 – Пропонований варіант технологічного процесу механічної обробки деталі

№ операції	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема установки обробки
1	2	3	4	5
005	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>1. Фрезерувати пов.1 начорно і начисто. Фреза торцьова.</p> <p>2. Центрувати отв.13, фаски 21. Свердло центрувальне</p> <p>3. Свердлити отв.13 Свердло</p> <p>4. Розвернути отв.13 Розвертка</p>	Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	Спеціальний з гідроприводом	

МР.ПМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5
010	<p>Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК</p> <p>1. Фрезерувати пов. 2, 9 Фреза торцюва.</p> <p>2. Розточити пов. 4 начорно і начисто.</p> <p>Різці розточні державкові</p> <p>3. Точити фаску 8, 11 Різець державковий</p> <p>4. Розточити фаску 7 Різець розточний державковий</p> <p>5. Розвернути пов. 4 начорно і начисто. Розвертка.</p> <p>6. Цекувати пов. 9, 20 Цековка</p>	<p>Свердлильно фрезерно-розточний з ЧПК</p> <p>6902ПМФ2</p>	<p>Спеціальний з гідроприводом</p>	

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

МР.ПМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5
010 пр	7. Розточити пов.3 начорно і начисто. Різець розточний державковий 8. розвернути пов.3 начорно і начисто. Розвертки. 9. Зенкувати фаску 10.Зенківка			
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Центрувати отв.14, фаску 15. Свердло центрувальне 2. Свердлити отв.14 Свердло 3. Нарізати різьбу 19 Мітчик 4. Зенкувати фаску 6 Зенківка	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P118Ф2	Спеціальний з пневмоприводом	

Змін.  
Арк.  
№ док.ум.  
Підпис  
Дата

МР.ПМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5
020	Вертикально-свердлильна ЧПК 1. Свердлити отв.16 Свердло 2. Зенкувати фаску 17 Зенківка 3. Нарізати різьбу 18 Мітчик	Верти- кально- свердлиль- ний з ЧПК 2P118Ф2	Спеціаль- ний з пневмо- затиском	
025	Контрольна	Стіл ВТК	Пристрій спеціальний	

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

МР.ПМК-347.00.000 ПЗ

Арк.

В проектному техпроцесі зменшено кількість операцій механічної обробки з 5 до 4, відсутні розміточні операції, а також ручне нарізання різьби.

Застосовано всі верстати з ЧПК, що оснащені автоматичним переміщенням стола за координатами.

В структурі операцій відсутні переустановки заготовки, переналагодження верстату в процесі виконання операції.

На всіх операціях застосовано спеціальні верстатні пристрої з механізованим приводом.

Такі зміни дозволяють зменшити допоміжний час обробки деталі, а зміна конструкції заготовки – основний час обробки, що разом дозволить значно зменшити собівартість виготовлення деталі Корпус КИ 2534 Ф1.24.009.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 1.3.3 Технічне обґрунтування виробу проектного варіанту маршруту механічної обробки.

В проектному техпроцесі використані тільки версти з ЧПК.

Одні із змін технологічного процесу та їх економічне обґрунтування пов'язані з :

- застосуванням вертикально – свердлильного верстату з ЧПК моделі 2P118Ф2 замість радіально-свердлильного 2М55 н операції 015;
- застосуванням спеціального пристрою з пневмозатиском.

Зіставимо три варіанти техпроцесу обробки деталі:

- базовий, менш продуктивний;
- з використанням верстату з ЧПК;
- високопродуктивний, з використанням агрегатного верстату;

Вихідні дані і результати розрахунків приведено в таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Вихідні дані і результати технічного обґрунтування маршруту обробки

Показники	Варіанти			
	1	2	3	
	2М55	2P118Ф	Агрегат	2E056
Штучний час $T_{шт}$ , год.	0.233	0.096	0.019	0.034
Число запусків деталей в рік, А	12	12	12	12
Число операцій в кожному запуску, $V_0$	4	3	2	4
Коефіцієнт корисного використання верстату, $\eta$	0,7	0,85	0,85	0,85
Підготовчо-заключний час, $T_{пз}$ , год	0,2	0,3	-	1,5
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання, $\mu$	1	1	1	1,2
Складність ремонту механічної частини, $R_m$	8	60	6.5	12.5
Складність ремонту електротехнічної частини, $R_e$	6	41	5,0	8.5
Площа, що займає обладнання $S$ , м <sup>2</sup>	4.4	3.8	10.0	3.05
Площа, що займає ЧПК $S_y$ , м <sup>2</sup>	0	1.5	0	0
Коефіцієнт додаткових площ, $\gamma$	5	4.5	2.5	4
Число верстатів, що обслуговується одним:				
Верстатником, $\alpha$	1	2	1	1
Налагоджувальником, $\alpha_1$	0	2	2	6
Норматив річних витрат на техобслуговування і ремонт СЧПК, $H_y$	-	581	706	-
Фонд часу, $F_0$ , год	4015	3890	3890	4015

Розрахована в проекті річна програма  $N=510$  шт. знаходиться в межах області ефективного використання верстатів з ЧПК.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Заготовка:

$R_z = 200 \text{ мкм}$ ;  $h = 200 \text{ мкм}$  ([5], табл. 7, с. 182);

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{пер}}^2}, \text{ мкм}$$

$\rho_{\text{зм}} = 0.6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм}$ , (ескіз заготовки);

Перекося отвору ([5], табл. 8, с. 183):

$$\rho_{\text{пер}} = \Delta_{\text{пер}} \times l_0, \text{ мкм};$$

$\Delta_{\text{пер}} = 6 \text{ мкм/мм}$ ;  $l_0 = 32 \text{ мм}$ .

$$\rho_{\text{пер}} = 6 \times 32 = 192 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{600^2 + 192^2} = 630 \text{ мм}.$$

Похибка установки

$$E_{y1} = \sqrt{E_{\delta 1}^2 + E_3^2};$$

Похибка базування  $E_{\delta 1} = \sqrt{E_{\delta 1-1}^2 + E_{\delta 1-2}^2}, \text{ мкм}$

$$E_{\delta 1-1} = T_0 = 0.3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм},$$

де  $T_0$  – допуск площинності основи (поз.3), - в границях допуску на висоту обробки.

$$E_{\delta 1-2} = 0.5 T_{\text{п}} = 0.3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм},$$

де  $T_{\text{п}}$  – допуск по висоті отвору від бази на розмір 100 мм по  $\pm \frac{t_2}{2}$ ;

$$E_{\delta 1} = \sqrt{300^2 + 300^2} = 424 \text{ мкм};$$

Похибка закріплення  $E_3 = 90$  ([1], табл. 4.12, с. 80);

$$E_{y1} = \sqrt{424^2 + 90^2} = 434 \text{ мкм};$$

На посліуючих переходах механічної обробки, після:

- чорнової обробки:  $R_z = 40 \text{ мкм}$ ;  $h = 50 \text{ мкм}$  ([5], табл. 27 с. 190);
- чистової обробки:  $R_z = 20 \text{ мкм}$ ;  $h =$  - ([5], табл. 27 с. 190);
- чорнового розвертування:  $R_z = 10 \text{ мкм}$ ;  $h = 20$  ([5], табл. 27 с. 190);
- чистового розвертування:  $R_z = 5 \text{ мкм}$ ;  $h = 10$  ([5], табл. 27 с. 190);

Для визначення  $\rho_i$  та  $E_i$  використовується коефіцієнт уточнення  $K_{y_i}$  ([5], табл. 25 с. 198):

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- після чорнової обробки  $K_{yi}=0,06$ ;
- після чистової обробки  $K_{yi}=0,04$ ;
- після чорнового розвертування  $K_{yi}=0,03$ ;
- після чистового розвертування  $K_{yi}=0,02$ ;

$$\rho_i = \rho_{заг} \cdot K_{yi}, \text{ мкм};$$

$$\rho_1=0,06 \cdot 630=38 \text{ мкм};$$

$$\rho_2=0,04 \cdot 630=25 \text{ мкм};$$

$$\rho_3=0,03 \cdot 630=19 \text{ мкм};$$

$$\rho_4=0,02 \cdot 630=13 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{yi} \cdot K_{yi};$$

$$\varepsilon_2=0,04 \cdot 434=17 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3=0,03 \cdot 434=13 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_4=0,02 \cdot 434=9 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min}=2(200+200+\sqrt{630^2+434^2})=2 \cdot 1165 \text{ мкм} = 2.330 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\min}=2(40+50+\sqrt{38^2+17^2})=2 \cdot 132 \text{ мкм} = 0.264 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\min}=2(20+20+\sqrt{25^2+13^2})=2 \cdot 68 \text{ мкм} = 0.136 \text{ мм};$$

$$2Z_{4\min}=2(10+20+\sqrt{19^2+9^2})=2 \cdot 51 \text{ мкм} = 0.102 \text{ мм};$$

Розрахункові розміри

$$D_{p4} = D_{\max} = 45.039 \text{ мм};$$

$$D_{p3} = D_{p4} - 2Z_{4\min} = 45.039 - 0.102 = 44.937 \text{ мм};$$

$$D_{p2} = D_{p3} - 2Z_{3\min} = 44.937 - 0.136 = 44.801 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = D_{p2} - 2Z_{2\min} = 44.801 - 0.264 = 44.537 \text{ мм};$$

$$D_{заг} = D_{p1} - 2Z_{1\min} = 44.537 - 2.330 = 42.207 \text{ мм}.$$

Максимальні розміри - заокруглені  $D_{pi}$ ;

Мінімальні розміри -  $D_{i\min} = D_{i\max} - T_i$ , мм.

Граничні припуски:

$$2Z_{\max}^{cp} = D_{i\min} - D_{(i-1)\min}, \text{ мм};$$

$$2Z_{\min}^{cp} = D_{i\max} - D_{(i-1)\max}, \text{ мм}.$$

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.14

Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні Ø45H8 приведена на рисунку 1.8.

Загальні припуски:

$$2Z_{\min}^{za2} = 2839 \text{ мкм}; \quad 2Z_{\max}^{za2} = 3600 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{\max}^{za2} - 2Z_{\min}^{za2} = 3600 - 2839 = 761 \text{ мкм}.$$

$$T_{za2} - T_{\varnothing} = 1800 - 39 = 761 \text{ мкм}, \text{ - отже, розрахунки правильні.}$$

Номінальний припуск:

$$2Z_i = 2Z_{i\min} + ES_{D_{i-1}} + ES_{D_i}, \text{ мм}$$

де  $ES_{D_{i-1}}, ES_{D_i}$  - верхні відхилення розмірів відповідно, на попередньому та виконуваному переходах.

При розточуванні, номінальні припуски рівні максимальним.

Визначення операційних припусків на обробку внутрішньої циліндричної поверхні - Ø22H8<sup>(+0,033)</sup>.

Операційний ескіз обробки приведений на рисунку 1.7.

Технологічний маршрут обробки:

- Зенкерування чорнове – Н12;
- Розточування чорнове – Н11;
- Розвертування чорнове – Н9;
- Розвертування чистове – Н8;

$$\rho_{zm} = 600 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{пер}} = 6 \text{ мкм} \setminus \text{мм} \text{ ([5], табл. 8 с.183).}$$

$$\rho_{\text{пер}} = 6 * 31 = 186 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{600^2 + 186^2} = 628 \text{ мкм};$$

$$\text{З попереднього розрахунку } E_{y1} = 434 \text{ мкм};$$

Значення  $R_{zi}, h_i, E_i$  та коефіцієнтів уточнення приймаємо з попереднього розрахунку:

$$\rho_1 = 0,06 * 628 = 38 \text{ мкм};$$

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_2=0,04 \cdot 628=25 \text{ мкм};$$

$$\rho_3=0,03 \cdot 628=19 \text{ мкм};$$

$$\rho_4=0,02 \cdot 628=13 \text{ мкм};$$

$$2Z_{1\min}=2(200+200+\sqrt{628^2+434^2})=2 \cdot 1163 \text{ мкм}=2.326 \text{ мм};$$

При рівних складових решти припусків, приймаємо їх значення:

$$2Z_{2\min}=2 \cdot 132 \text{ мкм}=0.264 \text{ мм}; \quad 2Z_{3\min}=2 \cdot 68 \text{ мкм}=0.136 \text{ мм};$$

$$2Z_{4\min}=2 \cdot 51 \text{ мкм}=0.102 \text{ мм}.$$

Розрахункові розміри

$$D_{p4}=D_{\max}=22.033 \text{ мм};$$

$$D_{p3}=D_{p4}-2Z_{4\min}=22,033-0,102=21,931 \text{ мм};$$

$$D_{p2}=D_{p3}-2Z_{3\min}=21,931-0,136=21,795 \text{ мм};$$

$$D_{p1}=D_{p2}-2Z_{2\min}=21,795-0,264=21,531 \text{ мм};$$

$$D_{\text{зар}}=D_{p1}-2Z_{1\min}=21,531-2,326=19,205 \text{ мм}.$$

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.14

Загальні припуски:

$$2Z_{\min}^{\text{заг}}=2913 \text{ мкм}; \quad 2Z_{\max}^{\text{заг}}=3520 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{\max}^{\text{заг}}-2Z_{\min}^{\text{заг}}=3520-2913=607 \text{ мкм}.$$

$$T_{\text{заг}}-T_0=640-33=607 \text{ мкм}, \text{ - отже, розрахунки правильні.}$$

Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку пов. Ø28Н8 приведена на рисунку 1.9.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.14 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні операції та переходи	Елементи припуску, мкм				Мінімальний припуск $2Z_{i \min}$	Розрахунковий розмір $D_p$ мм	Допуск $T$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски		Виконавчі розміри, мм
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2Z_{\min}^{TP}$	$2Z_{\max}^{TP}$	
Обробка поверхні – $\text{Ø}45\text{H}8^{(+0.039)}$												
Заготовка	200	200	630	-	-	42,207	800	42,2	41,4	-	-	41.8±0.4
Чорнова обробка	40	50	38	434	2330	44,537	250	44,5	44,25	2300	2850	44.0 <sup>+0.25</sup>
Чистове розточування	20	20	25	17	264	44,801	100	44,8	44,7	300	450	44.7 <sup>+0.100</sup>
Чорнове розвертування	10	20	19	13	136	44,937	62	44,942	44,88	142	180	44.88 <sup>+0.062</sup>
Чистове розвертування	5	10	13	9	102	45,039	39	45,039	45,0	97	120	45 <sup>+0.039</sup>
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2839	3600	-
Обробка поверхні – $\text{Ø}28\text{H}8^{(+0.033)}$												
Заготовка	200	200	628	-	-	19,205	640	19,12	18,48	-	-	18.8±0.32
Зенкерування чорнове	40	50	48	434 4	2326	21,531	210	21,53	21,32	2410	2840	21.32 <sup>+0.21</sup>
Розточування чистове	20	20	25	17	264	21,795	130	21,80	21,67	270	350	21.67 <sup>+0.13</sup>
Розвертування чорнове	10	20	19	13	136	21,931	52	21,932	21,88	132	210	21.9 <sup>+0.052</sup>
Розвертування чистове	5	10	13	9	102	22,033	33	22,033	22,0	101	120	22 <sup>+0.033</sup>
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2913	3520	-

МР.ЛМК-347.00.000 ПЗ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.



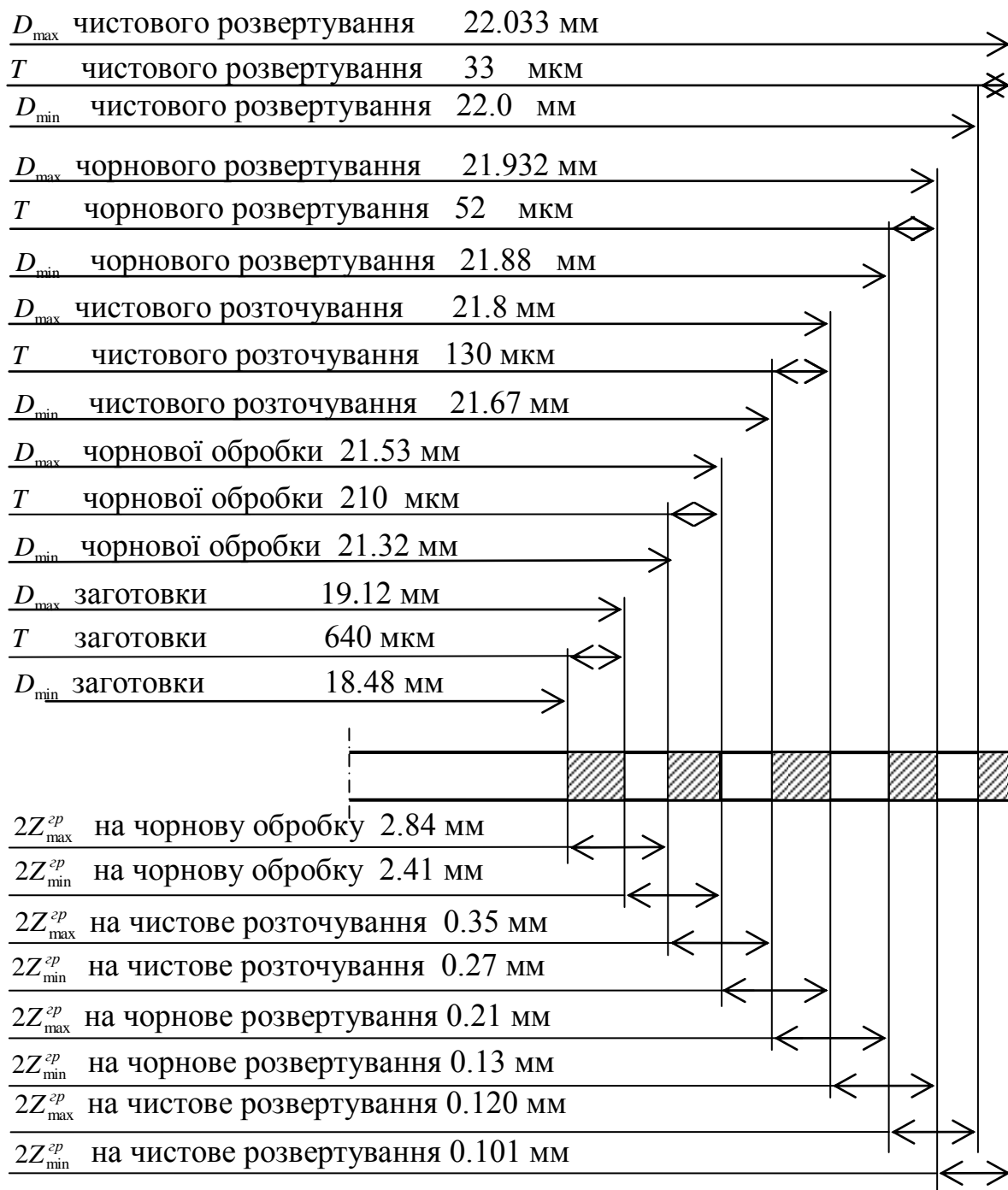


Рисунок 1.9 – Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні Ø22H8.



### 1.4.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів.

Розрахунок режимів різання виконується аналітичним (довідник [6]) та нормативним (довідник[4]) методами.

Результати розрахунку зведені в таблицю 1.3.

Розрахунок основного часу виконуємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0}, \text{хв.} \quad ([4], \text{табл.1, с.610, 611,613});$$

де довжина робочого ходу  $L=l+l_1+l_2$ ,мм

де  $l$  – довжина обробки, мм

$(l_1+l_2)$  – величини на врізання та перебіг інструменту (довідник[4]);мм

$i$  – число проходів інструменту,

$n$  – частота обертання шпинделя, хв.<sup>-1</sup>,

$S_0$  – подача на оберт шпинделя;

для верстатів, де визначається хвилинна подача, -  $S_x=n \cdot S_0$ , - застосовується в знаменнику.

При нарізанні різьб мітчиками:

$$T_0 = \frac{L + L_{\text{доп}}}{n \cdot P}, \text{хв.} \quad ([4], \text{с.612})$$

де  $L_{\text{доп}}$  – довжина додаткового ходу мітчика, мм

$P$  – крок нарізуваної різьби.

Розрахунок режимів різання аналітичним методом

*Операція 010. Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК.*

Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6902ПМФ2:

- потужність головного двигуна верстата  $N_{\text{дв}}=3.2$  кВт.

- коефіцієнт корисної дії приводу  $\eta = 0,8$  ([1],с.95)

Ефективна потужність на шпинделі верстату  $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 3,2 \cdot 0,8 = 2,56$  кВт.

Розточити поверхню 4 начисто.

Різальний інструмент: розточний державковий різець:  $h \times b = 8 \times 8$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ .

Різець 2142-0253 Т15К6 ГОСТ 9795-84;

Оброблюваний матеріал: сталь 15Л;

Твердість 136 НВ;

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_B=392\text{МПа}$ ;

Оброблювана поверхня  $\varnothing 44,7^{+0,100}$ , шорсткість  $Ra=6.3$ .

Режими різання:

Глибина різання  $t=0,23\text{мм}$ .

Подача нормативна  $S_{OH}=0,51\text{ мм/об}$ , ([6],табл.14 с.268).

Приймаємо  $S_o = S_{OH} \cdot K_s$ , мм/об.

Поправковий коефіцієнт на подачу  $K_s=0,45$  ([6],табл.14 с.268).

$S_o = 0,51 \cdot 0,45\text{ мм/об}$ , приймаємо  $S_o = 0,25\text{ мм/об}$ ,

Швидкість різання - розрахункова:

$$V_p = \frac{K_o C_v K_v}{T^m t^x S_o^y}, \text{ М/хв.}$$

Період стійкості різця  $T=60\text{хв}$  ([6],с.268).

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\phi} \cdot K_{\phi 1}$$

$$K_{mv} = K_T \left( \frac{750}{\sigma_u} \right)^{nv} = \left( \frac{750}{392} \right)^{-1} = 0.53$$

де  $K_T = 1$ ;  $p_v = -1$  ([6],табл.2 с.262).

$K_{pv} = 1$  ([6],табл.5 с.263),  $K_{iv} = 1$  ([6],табл.6 с.263).

Коефіцієнти на кути в плані  $K_{\phi} = 0,7$   $K_{\phi 1} = 1$ ; ([6],табл.18 с.271).

$$K_v = 0.53 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.371.$$

Коеф. виду обробки  $K_o = 0,9$ , - для точіння ([6],табл.17 с.270).

Коефіцієнти і показники степенів ([6],табл.17 с.269).

$C_v = 420$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$

$$V_p = \frac{0,9 \cdot 420 \cdot 0,371}{60^{0,2} 0,23^{0,15} 0,25^{0,2}} = 103,04 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 103,04}{\pi \cdot 44,7} = 733,7 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо за верстатом } n = 800 \text{ хв}^{-1}$$

$$S_x = S_x \cdot n = 0,25 \cdot 800 = 200 \text{ мм/хв.}$$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 44,7 \cdot 800}{1000} = 112,34 \text{ м/хв}$$

Основний технологічний час при  $l=32\text{ мм}$ ;  $l_1+l_2=3\text{ мм}$ ;  $L=32+3=35\text{мм}$ ;  $i=1$

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{35}{200} = 0.175 \text{ хв}$$

Сила різання  $P = 10 C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p$ ,

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{ipv} \cdot K_{\lambda pi}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_a}{750} \right)^n = \left( \frac{392}{750} \right)^{0.75} = 0.615$$

де  $n = 0,75$  ([6], табл.9 с.264).

Коефіцієнт на геометричні параметри різців ([6], табл.23 с.275).

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{pv} = 1,1; K_{\lambda pi} = 1;$$

$$K_p = 0.615 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0.6;$$

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл.22 с.273).

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15.$$

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 0,23 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 112,34^{-0,15} \cdot 0,6 = 71,8 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{71,8 \cdot 112,34}{1020 \cdot 60} = 0.132 \text{ кВт.}$$

$$N_p = 0.132 \text{ кВт} < N_e = 2,56 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний. Прийняті режими різання:

$t = 0,23 \text{ мм}; S_o = 0,25 \text{ мм/об}; S_x = 200 \text{ мм/хв}; T = 60 \text{ хв}; n = 800 \text{ хв}^{-1}; V = 112,34 \text{ м/хв}; N_p = 0.132 \text{ кВт}; P = 71,8 \text{ Н}; T_o = 0.175 \text{ хв.}$

*Операція 015. Вертикально - свердлильна з ЧПК.*

Свердлити 4 отв. –  $\varnothing 4.2^{+0,18}$  під різьбу.

Верстат вертикально – свердлильний з ЧПК 2P118Ф2:

- потужність головного двигуна верстата  $N_{дв} = 4$  кВт.

- коефіцієнт корисної дії приводу  $\eta = 0,8$  ([1], с.95)

Ефективна потужність на шпинделі верстату  $N_e = N_{ов} \cdot \eta = 3.2$  кВт.

Різальний інструмент: свердло  $\varnothing 4.2$  – P5M5;

Оброблюваний матеріал: Сталь 15Л, твердість 136 НВ;  $\sigma_b = 392 \text{ МПа}$ ;

Діаметр обробки  $d = \varnothing 4,2$  мм. Шорсткість  $R_a = 3,2$

Довжина обробки  $l = 19$  мм,  $l_1 + l_2 = 2$  мм ([4], с.620-621);

Довжина робочого ходу  $L = 19 + 2 = 21$  мм;  $i = 4$ ;

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 4,2 \cdot 1400}{1000} = 18,46 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

$$\text{Хвилинна подача: } S_x = S_o \cdot n = 0,07 \cdot 1400 = 98 \text{ мм/хв};$$

$$\text{За паспортом: } S_x = 100 \text{ мм/хв}; \text{ фактична } S_o = 0.071 \text{ мм/об.}$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{21 \cdot 4}{100} = 0.840 \text{ хв.}$$

Крутний момент і осьова сила:

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p, \text{ Н}$$

$$P_o = 10 C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \text{ Н}$$

$$K_p = K_{MP} = \left( \frac{G_b}{750} \right)^n = \left( \frac{392}{750} \right)^{0.75} = 0.615 \text{ де } n = 0,75; \text{ ([6], табл. 9, с.264)}$$

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл. 32, с.281):

$$C_m = 0.0345; q_m = 2,0; y_m = 0,8; C_p = 68; q_p = 1,0; y_p = 0,7;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 4,2^2 \cdot 0.071^{0.8} \cdot 0.615 = 0,45 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,2 \cdot 0.071^{0.7} \cdot 0.615 = 272,25 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,45 \cdot 1400}{9750} = 0,065 \text{ кВт}$$

$$N_p = 0.065 \text{ кВт} < N_E = 3.2 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$$t = 2.1 \text{ мм}; S_o = 0,07 \text{ мм/об}; S_x = 100 \text{ мм/хв.}; T = 15 \text{ хв}; n = 1400 \text{ хв}^{-1}; V = 18.46 \text{ м/хв};$$

$$N_p = 0.065 \text{ кВт}; M_{кр} = 0.45 \text{ Н} \cdot \text{м}; P_o = 272,25 \text{ Н}; T_0 = 0,64 \text{ хв.}$$

*Операція 010. Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК.*

1. Фрезерувати пов.2.

Верстат Свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6902ПМФ2:

Різальний інструмент: фреза торцева,  $D_\phi = 125 \text{ мм}$ ,

Фреза 2214-0003 T15K6 60° ГОСТ 24359-80, Z=8;

Оброблюваний матеріал: сталь 15Л,  $\sigma_B = 392 \text{ МПа}$ , 136 НВ;

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оброблювана поверхня  $V=55$  мм,  $l=70$  мм. Шорсткість  $R_a=3.2$ .

Режими різання:

Глибина різання  $t=2$  мм.

Подача на зуб фрези  $S_z=S_{zn} \cdot K_S$ , мм/зуб;

Подача нормативна  $S_{zn}=0,1$  мм/об; ([6], табл. 33 с.283);

Поправковий коефіцієнт на подачу  $K_S=0.7$  ([6], табл. 33 с.283);

$S_z=0.1 \cdot 0.7=0.07$ , мм/зуб;

Подача на оберт шпинделя  $S_0=S_z \cdot Z$ ;

$S_0=0.07 \cdot 8=0.56$  мм/об, - уточнюється після визначення  $n$ .

Швидкість різання – розрахункова:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p}, \text{ м/хв.}$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IV};$$

де коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left( \frac{750}{392} \right)^{-0.9} = 0.56$$

де  $K_r=1$ ;  $nv=-0.9$  ([6], табл. 2, с.262);

Коефіцієнт на стан поверхні заготовки:

$$K_{PIV} = 0.90 \text{ ([6], табл. 5, с. 263);}$$

$$K_{IV}=1; \text{ ([6], табл. 6, с.263).}$$

Стійкість фрези  $T=180$  хв ([6], табл. 40, с.290);

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл. 39, с.286):

$$C_v=332; q=0,2; x=0,1; y=0,4; u=0,2; p=0; m=0.2;$$

$$K_v=0.56 \cdot 0.9=0.504;$$

$$V_p = \frac{332 \cdot 125^{0.2} \cdot 0.504}{180^{0.2} \cdot 2^{0.1} \cdot 0.07^{0.4} \cdot 55^{0.2} \cdot 8^0} = 188,52 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1000 \cdot 188,52}{\pi \cdot 125} = 480,06 \text{ хв}^{-1};$$

Приймаємо  $n=500$  хв<sup>-1</sup> (паспорт).

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Приклад розрахунку режимів різання за нормативами (довідник [4]).

*Операція 010. Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК.*

Верстат свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6902ПМФ2.

6.Розточити пов.4 начисто до Ø45H8

Ефективна потужність на шпинделі верстату:

$$N_e = N_{дв} \cdot \eta, \text{ кВт};$$

де, потужність головного приводу (двигуна)  $N_{дв} = 3,2$  кВт;

к.к.д. приводу  $\eta = 0.8$ ; ([1], с.95);

$$N_e = 3,2 * 0.8 = 2,56 \text{ кВт}$$

Оброблюваний матеріал: сталь 15Л,  $\sigma_B = 392$  МПа, 136 НВ;

Оброблювана поверхня - внутрішня циліндрична Ø45H8<sup>(+0,039)</sup>мм,

шорсткість  $R_a = 1.6$  мкм;

Різальний інструмент: розвертка Т15К10 – із зносостійким покриттям;

Розвертка 2363-2130 Т15К6 Н8 ГОСТ 11175-80.

Довжина обробки  $l = 32$  мм,  $l_1 + l_2 = 24$  мм;  $L = 32 + 24 = 56$  мм,  $i = 1$  ([6], табл.3, с.621).

Режими різання:

Глибина різання  $t = 0,06$  мм (табл. 1.14 ПЗ)

Подача нормативна  $S_0 = S_{0\text{табл.}} * K$ , мм/об

$S_{0\text{табл.}} = 1,025$  мм/об (табл.7 с.661),  $K = 0.7$  (с.662);

$$S_0 = 1,027 * 0,7 = 0,72 \text{ мм/об};$$

Швидкість різання – розрахункова:

$$V_p = V_n * K_m * K_T * K_0, \text{ м/хв.}$$

$V_n = 30$  м/хв. (с.668):

Коефіцієнти для твердосплавних розверток:

- на оброблюваний матеріал, -  $K_m = 1$  (с.682);
- на період стійкості інструменту, -  $K_T = 1$ ;
- на вид обробки, -  $K_0 = 1$ , (с.682);

Стійкість нормативна  $T = 120$  хв (с.682);

$$V_p = V_n = 30 \text{ м/хв.}$$

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 45} = 212,2 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 200 \text{ хв}^{-1}$$

$$S_x = 0,72 \cdot 200 = 144 \text{ мм/хв.};$$

Паспорт:  $S_x = 160 \text{ мм/хв.}$ , фактична  $S_0 = 160/200 = 0,8 \text{ мм/об.}$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 200}{1000} = 28,27 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{56}{160} = 0,35 \text{ хв.}$$

Потужність різання та осьові в нормативах для розвертування не передбачені.

Розраховуємо за довідником [6]:

$$\text{Крутний момент: } M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100}, \text{ Н}\cdot\text{м};$$

де  $S_z$  подача на 1 зуб розвертки,  $S_z = S_0/z$ , мм/зуб;

$z$  – число зубів розвертки:  $z = 10$ ,  $S_z = 0,8/10 = 0,08 \text{ мм/зуб}$ ;

$D$  – діаметр інструменту,  $D = 45 \text{ мм}$ ;

Коефіцієнт і показники степенів (табл.22, с.273):  $C_p = 300$ ;  $x = 1$ ,  $q = 0,75$ ;

$$M_{кр} = \frac{300 \cdot 0,06 \cdot 0,08^{0,75} \cdot 45 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 6,09, \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{6,09 \cdot 200}{9750} = 0,125 \text{ кВт};$$

$N_p = 0,125 < N_e = 2,56 \text{ кВт}$  – за потужністю верстат працездатний.

Прийняті режими різання:

$t = 0,06 \text{ мм}$ ;  $S_0 = 0,8 \text{ мм/об}$ ;  $S_x = 160 \text{ мм/хв.}$ ;  $T = 120 \text{ хв}$ ;  $n = 200 \text{ хв}^{-1}$ ;  $V = 28,27 \text{ м/хв}$ ;

$N_p = 0,125 \text{ кВт}$ ;  $M_{кр} = 6,09 \text{ Н}$ .

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.16 – Розрахунок режимів різання та основного часу

№ Опер. переходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B обробки	Довжина		Глибина	Подача		Швидкість різання			Частота обертання шпинделя		Потужність		i	T <sub>0</sub> , хв.	
			l	L		t	S <sub>0</sub>	S <sub>x</sub>	V*	V <sub>H</sub>	V	n <sub>p</sub>	n	N <sub>різ</sub>			N <sub>0</sub>
			мм	мм		мм/об	мм/хв	м/хв			хв <sup>-1</sup>		кВт				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>005</b>	<b>Фрезерна з ЧПК</b>																1,897
	1.Фрезерувати пов.1 начорно	Ø160/100	90	111	2,4	1,4	440	148	168,13	158,26	334	315	5,5		1	0,252	
	2.Фрезерувати пов.1 начисно	Ø160/100	90	250	0,8	1,0	690	232	329,44	316,51	655	630	3,2		1	0,397	
	3.Центрувати отв.13	10	5	7	5	0,1	125	24,5	41,16	39,27	1310	1250	-		4	0,224	
	4.Свердлийти отв.13	8,8	6	12	4,4	0,1	125	24,5	41,16	34,54	1489	1250			4	0,384	
	5.Розвернути отв. 13т	9	6	16	0,1	0,40	100	8	7,2	7,07	254	250			4	0,640	
<b>010</b>	<b>Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК</b>												2,54	2,72		2,360	
	1.Фрезерувати пов.2 (9)	Ø125/55	70	105	2	0,56	315	-	188,52	196,35	480	500	2,31		1	0,333	
	2.Центрувати пов. 20	Ø32/Ø30	2	4	2	0,2	40	175	21,0	20,10	209	200			1	0,100	
	3.Розточити пов. 4 начорно	Ø44	32	35	1,5	0,4	200	112,5	75,6	69,08	534	500	1,3		1	0,175	
	4.Розточити пов. 4 начисто	Ø44,7	32	35	0,23	0,25	200	-	103,04	112,34	733,7	800	0,132		1	0,175	
	5.Розточити фаску 7	Ø48,2	1,75	4	1,75	0,4	200	-	80,8	75,67		500	1,45		1	0,020	
	6.Розвернути пов.4 начорно	Ø44,88	32	56	0,09	1,0	250	40	40	35,25	283	250			1	0,224	
	7.Розвернути пов.4 начисто	Ø45	32	56	0,06	0,8	160	30	30	28,27	212	200	0,125		1	0,350	
	8.Фрезерувати пов.9	Ø125/60	70	105	2	0,56	315	-	-	196,35		500	2,54		1	0,333	

МР.ЛМК-347.00.000 ЛЗ

Арк.



### 1.4.3 Розрахунки пов'язані з підготовкою карти налагодження та керуючої програми на верстат з ЧПК

Операція 015. Вертикально-свердлильна з ЧПК;

Верстат: вертикально-свердлильний з ЧПК мод. 2P118Ф2:

- віддаль від поверхні стола верстату до торця шпинделя –  $H_B=530$  мм;
- конус отвору шпинделя - Морзе 2;
- віддаль (умовна) від торця різьбонарізної головки до торця шпинделя  $h_{гол}=150$  мм.

Пристрій: віддаль від опорної поверхні до стола верстата  $H_{пр}=160$  мм.

Заготовка: висота поверхонь входу інструменту над опорами пристрою:

- $h_{дет1}=90$  мм;  $h_{дет2}=31$  мм;

Порядок переходів, різальний та допоміжний інструмент:

1. Центрувати поі.14, фаску 15:

- свердло 035-2317-0101 ОСТ2 И20-5-80: довжина свердла  $L_1=75$  мм, хвостовик  $\varnothing 10$ , довжина від вершини свердла до торця патрона  $l_1=52$  мм;
- патрон 191 111 016 ОСТ2 П13-1-74: хвостовик – конус Морзе 2, віддаль від торця патрона до торця шпинделя  $l_{патр.1}=116$  мм;

2. Свердлити отв. 14

- свердло 035-2300-1215 ОСТ2 и20-1-80:  $L_2=75$  мм;  $l_2=52$  мм;
- патрон 191 111 016 ОСТ2 П13-1-74.

3. Нарізати різьбу 19-М5-7Н;

- мітчик 2621-2459 ГОСТ 3266-81;  $L_3=58$  мм;  $l_3=35$  мм
- різьбонарізна головка  $h_{гол}=150$  мм;

4. Зенкувати фаску 6;

- зенківка спеціальна, хвостовик – конус Морзе 2;  $l_4=180$  мм;

Примітка: Між шпинделем зенковки, різьбонарізною головкою з одного боку та центрувальним свердлом з іншого – не завантажений шпиндель револьверної головки.

Визначення зміщеного початку координат по осі Z в СКІ:

$$H_{oz} = H_B - (H_{пр} + h_{д.мак} + W_{i\max} + \Delta l_1), \text{ мм}$$

де  $\Delta l_1$  – величина гарантованого зазору між заготовкою та інструментом. За паспортом  $\Delta l_1 = 1 \dots 2$ , приймаємо  $\Delta l_1 = 2$  мм;

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$W_i$  – довжина від вершини інструменту до торця шпинделя револьверної головки – координата опорної точки інструменту в СКІ по осі Z, - визначається в таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 – Визначення  $W_i$  та  $R_i$ , мм

Інструмент		$l_i$	$l_{патр}$	$l_{гол}$	$l_{вт}$	$W_i$
№	Назва					
1	Свердло центрове	52	116	-	-	168
2	Свердло	52	116	-	-	168
3	Мітчик	35	-	150	-	185
4	Зенковка	180	-	-	-	180

$$H_{oz}=530-(160+90+185+2)=93 \text{ мм};$$

Величина швидких переміщень супорта револьверної головки по осі Z по кожному інструменту:

$$R_i=(W_{max}-W_i)+(h_{д,max}-h_{д,i}), \text{ мм}$$

$$R_1=185-168+(90-90)=17 \text{ мм};$$

$$R_2=185-168+0=17 \text{ мм};$$

$$R_3=185-185+0=0 \text{ мм};$$

$$R_4=185-180+(90-31)=64 \text{ мм};$$

Схема розташування опорних точок приведена на рис 1.10. Координати опорних точок – в таблиці 1.18.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

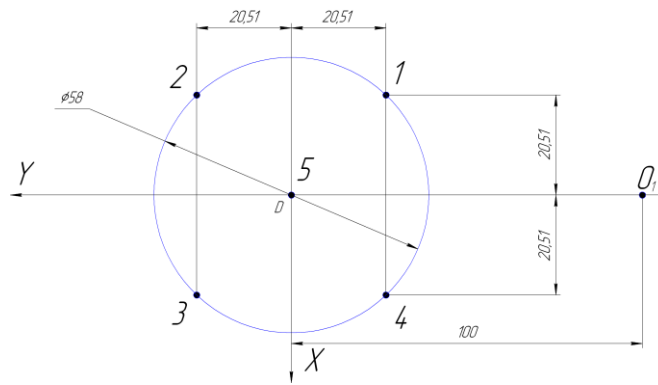


Рисунок 1.10 – Схема розташування опорних точок

$$(x_i = y_i = \frac{D}{2} \sin \alpha = \frac{56}{2} \sin 45^\circ = 19.8 \text{ мм})$$

Таблиця 1.18 – Координати опорних точок деталі.

№ опорної точки	Координата	
	X	Y
1	-20,51	-20,51
2	-20,51	20,51
3	20,51	20,51
4	20,51	-20,51
5	0	0
01	0	-100

Розрахунково-технологічна карта – таблиця 1.19, карта програмування – таблиця 1.20, програма обробки – таблиця 1.21.

Таблиця 1.19 - Розрахунково-технологічна карта

Деталь		Операція				Верстат				Система ЧПК			
КИ 2534Ф1.24.009		015				2P118Ф2				Координатна С70-3			
№ оп. точки	Геометрична інформація				Технологічна інформація								
	X, мм	Y, мм	Z, мм	R, мм	T, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	Напрямок обертання	Охолодження	№ інструменту	L, № коректора
1	-20,51	-20,51	5,5	17	3,1	0,06 2	125	38,94	2000	пр.	+	1	01
2	-20,51	+20,51											
3	+20,51	+20,51											
4	+20,51	-20,51	23	17	2,1	0,07	100	18,46	1400	пр.	+	2	02
4	+20,51	-20,51											
3	+20,51	+20,51											
2	-20,51	+20,51											
1	-20,51	-20,51	20	0	0,4	0,8	(284)	5,57	355	пр./л в.	+	3	03
2	-20,51	+20,51											
3	+20,51	+20,51											
4	+20,51	-20,51											
5	+0	+0	4,5	64	0,15	0,14	50	25,08	355	пр..	+	4	04
O <sub>1</sub>	0	-100											

Таблиця 1.20 – Карта програмування

Деталь		Операція				Верстат				Система ЧПК			
КИ 2534Ф1.24.009		015				2P118Ф2				Координатна С70-3			
№ отвору	№ кадру	Підготовча функція	Геометрична інформація				Технологічна інформація				№ коректора	Кінець кадру	Пояснення
			N	G	X	Y	Z	R	F	S			
1	001	61	-002051	-002051	+000550	+001700	12	12	01	13	01		
	002	62											
2	003		-002051	+002091									
	004												
3	005		+002051	+002051									
	006												
4	007		+002051	-002051									
	008												
4	009	61			+002300	+001700	11	11	02	13	02		
	010	81											
3	011												
	012												
2	013												
	014												
1	015												
	016												

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 1.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	017	61			+002000	+000000	16	07	03	13/14	03		
	018	84											
2	019												
	020												
3	021												
	022												
4	023												
	024												
5	025	61	+000000	+000000			08	07	04	13	04		
	026	82			+000450	+006400							
O <sub>1</sub>	027		+000000	-010000									
	028									02			

Таблиця 1.21 - Програма обробки

№ отвору	№ кадру											
1	001	G61 T01 L01 F12 S12 M13 X-002051 Y+002051 ПС										
	002	G82 R+001700 Z+000550 ПС										
2	003	X-002051 Y+002051 ПС										
	004	R+ Z+ ПС										
3	005	X+002051 Y+002051 ПС										
	006	R+ Z+ ПС										
4	007	X-002051 Y-002051 ПС										
	008	R+ Z+ ПС										
4	009	G61 T02 L02 F11 S11 M13 X+002051 Y-002051 ПС										
	010	G81 R+001700 Z+002300 ПС										
3	011	X Y ПС										
	012	R+ Z+ ПС										
2	013	X Y ПС										
	014	R+ Z+ ПС										
1	015	X Y ПС										
	016	R+ Z+ ПС										
1	017	G61 T03 L03 F16 S07 M13/14 X-002051 Y-002051 ПС										
	018	G84 R+000000 Z+002000 ПС										
2	019	X Y ПС										
	020	R+ Z+ ПС										
3	021	X Y ПС										
	022	R+ Z+ ПС										
4	023	X Y ПС										
	024	R+ Z+ ПС										
5	025	G61 T04 L04 F08 S07 M13 X+000000 Y+000000 ПС										
	026	G82 R+006400 Z+ 000450 ПС										
O <sub>1</sub>	027	X+000000 Y+010000 ПС										
	028	M02										



Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.22 та 1.23.

Таблиця 1.22 – Розрахунок похибки обробки.

Формули та розрахунки похибки обробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta_{BR}=a/2=0,010/2=0,005\text{мм}$ $\Delta_{BR}=a/2=0,010/2=0,005\text{мм}$ $\Delta_{BR}=\Delta_{BR}+\Delta_{BR}=0,010\text{мм}$	$a'$ - постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; $a''$ - постійність діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a' = 0,10\text{мм}$ (паспорт) $a'' = 0,010\text{ мм}$ .(паспорт)
$\Delta_{HR} = \sqrt{(\Delta_{вим} / 2)^2 + \Delta_p^2} =$ $\sqrt{0,0035^2 + 0,01^2} = 0,0106\text{мм}$	$\Delta_{вим}$ - похибка вимірювання, мм $\Delta_p$ – похибка регулювання положення різця,мм.	$\Delta_{вим}=\pm 0,0035$ ([4], табл.17, с.565) $\Delta_p=0,01$ [4], табл.9, с.40)
$\Delta_{YR}=11C_pS^{Y_{py}}V^{n_{py}}K_p(t_{max}^{X_{py}} - t_{min}^{X_{py}})\omega = 11 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,6} \cdot 112,34^{0,3} \times$ $\times 0,43 \cdot (0,23^{0,9} - 0,15^{0,9}) \times$ $\times 0,035 = 0,7\text{мкм} = 0,0007\text{мм}$	$S, V, t_{max}, t_{min}$ - режими різання; $K_p$ – поправочний коефіцієнт; $C_p, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення $R_u, H$ ; $\omega$ – податливість системи ВПД, мкм/Н;	$S=0,25\text{мм/об}$ ; $V=112,34\text{ м/хв.}$ ; $t_{max}=0,23\text{мм}$ , $t_{min}=0,15\text{мм}$ - дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_p=243$ ; $Y_{py}=0,6$ ; $n_{py}= -0,3$ ; $X_{py}=0,9$ ([6], табл.22,с.273). $\omega_{ін} = 0,03\text{мкм}$ . ([5], с.32) $K_p=K_{mру} \cdot K_{фру} \cdot K_{гру} \cdot K_{лру}$ $K_{mру}=0,615$ (р1,5,2ПЗ), $K_{фру}=0,5$ , $K_{гру}=1,4$ , $K_{лру}=1$ . ([6], табл.23, с.275) $K_p=0,615 \cdot 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,43$
$\Delta_{мнR}=1,2 \sqrt{\Delta_{HR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_\epsilon =$ $1,2 \sqrt{0,0106^2 + 0,0007^2} + 0,010 =$ $= 0,0227\text{мм}$ $\Delta_{мн}=2 \cdot \Delta_{мнR}=0,0227 \cdot 2=0,0454\text{мм}$	$\Delta_{мн}$ - похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки налагодження з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні.	
$\Delta_i=U_0(1+V \cdot \tau/1000)$ $=-3(1+112,34 \cdot \tau/1000)$ $=-3(1+0,0112\tau)$	$\tau$ - час обробки, хв.; $U_0$ – відносне спрацювання різця, мкм/км	$\tau$ - змінна величина; $U_0= 3\text{ мкм/км}$ ([5], та бл.28, с.74) та ([4], табл.10, с.680)
$\Delta_T = -C \frac{L_p}{F} \sigma_\epsilon (t \cdot s)^{3/4} \cdot$ $V^{0,5} \frac{T_o}{T_o + T_{пер}} (1 - e^{-\frac{4\tau}{T_m}}) =$ $-80 \frac{10}{64} 112,34^{0,23} \cdot 0,25^{0,45} \cdot$ $0,23^{0,7} \frac{0,175}{0,175 + 6,889} (1 - e^{-\frac{4\tau}{16}}) = 0,2(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}})$	$C$ – константа; $L_p, F$ - виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм <sup>2</sup> . $\sigma_\epsilon$ – границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм <sup>2</sup> ; $t, S, V$ – режими різання; $T_o, T_{пер}$ - основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв.; $\tau_T$ – константа знаходиться в межах 12-24хв.	$C=80$ ; $L_p=10\text{мм}$ $F=64\text{мм}^2$ . $\sigma_\epsilon=40\text{ кГс/мм}^2$ ; $t=0,23\text{мм}$ , $S=0,25\text{мм/об}$ , $V=112,34\text{м/хв}$ ; $T_o=0,175\text{хв}$ , $T_{пер}=6,889\text{ хв.}$ ; (табл.1.16 ПЗ) $\tau_T=16\text{хв}$ .

Таблиця 1.23 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

$\tau$ , хв	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
$\Delta_i$	0	-3,68	-4,34	-5,70	-7,04	-8,4	-9,7	-13,1	-16,5	-23,2	-30,0
$\Delta_T$	0	0,08	0,13	0,17	0,19	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$\Delta_{\text{сист}}=2(\Delta_i-\Delta_T)$	0	-7,2	-8,4	-11,1	-13,7	-16,4	-19,0	-25,8	-32,6	-46,0	-59,6

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку 2 графічної частини.

З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструменту  $T_T=71$ хв.

Оскільки  $T_e < T_T$ , то загальна похибка обробки складає (по діаграмі):  $\Delta_{\text{сум}}=0,0914$ мм.

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{\text{налаг}} = D_{\text{max}} - 0,5\Delta_{\text{МК}} - \Delta_{\text{сист. min}} + \frac{T - \Delta_{\text{сум}}}{2}, \text{ мм}$$

Найбільше граничне значення розміру:

$$D_{\text{min}}=44,7 \text{ мм.}$$

Найменше значення систематичної похибки:  $\Delta_{\text{сист. min}}=0$

Допуск на розмір  $T=0,100$ мм.

$$D_{\text{налог}}=44,7-0,05*0,0454-0-\frac{0,1-0,0914}{2}=44,673\text{мм.}$$

Тривалість обробки до вимушеної зміни різця:

$$T_{\text{зм}}=T_T(T_0+T_{\text{пер}})/T_0=71*0,175*6,889/0,175=2866 \text{ хв.}$$

Питома вага  $C_j=(\Delta_j/\Delta_{\text{сум}})100\%$ , де  $\Delta_j$ - величина  $j$ -ої похибки.

Результати розрахунку  $C_j$  приведені в таблиці 1.24 на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки рисунок 4 графічної частини.

Таблиці 1.24 Результати розрахунку  $C_j$ .

Позначення похибки $\Delta_j$	$\Delta_B$	$\Delta_H$	$\Delta_Y$	$\Delta_{MH}$	$\Delta_j$	$\Delta_T$	$\Delta_{\text{сист}}$
Значення похибки $\Delta_j$	0,020	0,0212	0,0014	0,0454	0,0464	0,0004	0,0460
$C_j$ %	21,88	23,19	1,53	49,67	50,77	0,44	50,33

З гістограми похибок видно, що домінуючими похибками обробки є: похибки від розмірного спрацювання різця.

Можливими заходами по забезпеченню точності та підвищення надійності обробки є застосування більш зносостійкої різальної частини, але визначена технологічна стійкість різця достатня для обробки партії деталей без його заміни.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

### 1.4.5 Нормування технологічного процесу

Штучно-калькуляційний час:  $T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}$ , хв.

Штучний час:  $T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{пер}$ , хв.

Оперативний час:  $T_{он} = T_0 + T_{\delta}$ , хв,

$n$  – число деталей у партії,  $n_{\delta} = 146$  шт.

Допоміжний час:  $T_{\delta} = T_{вст} + T_{упр} + T_{вим}$ , хв,

де  $T_{вст}$  – час на встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{упр}$  – час на управління верстатом, хв.;

$T_{вим}$  – час на вимірювання, хв;

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

$T_{пер}$  – час нормованих перерв, хв.

Як правило,  $(T_{обс} + T_{пер})$  задають в процентах від оперативного часу,  $(P_{обс} + P_{пер})$ .

$T_{н.з}$  – підготовчо-заключний час, хв;

$T_{н.з} = T_{н.з.1} + T_{н.з.2} + T_{н.з.3}$ , хв,

де  $T_{н.з.1}$  – час на комплекс прийомів на наладку верстата, пристрою, інструменту, хв;

$T_{н.з.2}$  – час на прийоми, що не ввійшли в  $T_{н.з.1}$ , хв, – до нього відноситься час на отримання до початку роботи і здачі в її кінці техдокументації, інструменту, пристроїв і інструментаж майстра, тощо.

$T_{н.з.3}$  – час на пробну обробку деталі, – відноситься до верстатів з ЧПК, автоматів, тощо.

Приклад визначення норм часу.

Операція 020. Вертикально-свердлильна з ЧПК, верстат 2Р118Ф2.

Початкові дані:  $T_0 = 0,489$  хв.;

Пристрій з пневмоприводом. На столі встановлюється 1 деталь.

Маса деталі на операції  $M_{\delta} = 2,5$  кг.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{вст.}} = t_{\text{вст.}} + t_{\text{оч.}} + t_{\text{закр.}}$$

Час на встановлення заготовки:

$$t_{\text{вст.}} = 0.15 \text{ хв} \text{ ([12], карта 13, арк. 1, поз. 9, с. 76).}$$

Час на очищення пристрою від стружки:

$$2t_{\text{оч.}} = 0.06 \text{ хв} \text{ ([12], поз. 27, с. 77).}$$

Час на закріплення – відкріплення деталі важелем пневмоприводу:

$$t_{\text{закр.}} = 0.03 \text{ хв} \text{ ([12], поз. 31, с. 78).}$$

$$T_{\text{вст.}} = 0.15 + 0.06 + 0.03 = 0.24 \text{ хв.}$$

Обробка проходить 3-ма інструментами без переміщення стола по координатах. Число підводів інструменту по осі Z –  $i=3$ . число змін інструменту  $i_2=3$ . Допоміжний час автоматичної роботи:

$$T_{\text{да.}} = i_1 \cdot t_1 + i_2 \cdot t_2, \text{ хв.};$$

За таблицею 12 ([5], с. 607)

Час на підвід інструменту по осі Z  $t_1=0.03$  хв.;

Час на поворот револьверної головки  $t_2=0.05$  хв.;

$$T_{\text{да.}} = 3(0.03 + 0.05) = 0.24 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{упр.}} = T_{\text{да.}} + T_{\text{оп.}}$$

Час пов'язаний з операцією, що стосується до перевстановлення перфострічки за таблицею 4.1.2 ([5], с. 79)

$$T_{\text{оп.}} = 0.03 + 0.2 + 0.24 + 0.03 = 0.52 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{упр.}} = 0.24 + 0.52 = 0.76 \text{ хв.};$$

Час автоматичної роботі верстату:

$$T_{\text{а.}} = T_{\text{о.}} + T_{\text{да.}} = 0.489 + 0.24 = 0.729 \text{ хв.}$$

$T_{\text{вим.}} = 0.4$  хв ([12], карта 15, арк. 10, поз. 277 с. 89) час на вимірювання різьби калібром-пробкою. Так як  $T_{\text{вим.}} < T_{\text{а.}}$ , то в склад допоміжного часу він не входить.

$$T_{\text{д.}} = 0.24 + 0.76 = 1.00 \text{ хв.}$$

$$P_{\text{абс.}} + P_{\text{пер.}} = 8\% \text{ ([12], табл. 4.14, поз. 27, с. 90)}$$

$$T_{\text{шт.}} = (0.489 + 1.0)(1 + 8/100) = 1.608 \text{ хв.} \text{ €}$$

За табл. 14 ([5], с. 612-615):

$$T_{\text{п.з.1}} = 10 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{п.з.2}} = 2 + 1.5 + 1 + 5 + 2 + 2 + 3 + 3 * 0.3 + 2 * 0.5 = 18.4 \text{ хв.};$$

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{п.з.3} = n \cdot t_{п.з.3} = 2 \cdot 1.4 = 2.8 \text{ хв.},$$

де n число інструментів, що не працюють напрохід.

$$T_{п.з.} = 10 + 18,4 + 2,8 = 31,2 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к.} = 1,608 + 31,2/30 = 2,648 \text{ хв.};$$

Таблиця 1.25 – Нормування технологічного часу

№ операції	Назва операції	$T_0$ , хв	$T_d$ , хв	$P_{обс} + P_{пер}$ , %	$T_{шт}$ , хв	$T_{п.з}$ , хв	$T_{ш.к}$ , хв
005	Фрезерна з ЧПК	1,897	2,170	9	4,433	40,6	5,786
010	Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК	2,360	4,734	9	7,700	35,3	8,877
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	1,829	2,38	8	4,546	36,8	5,773
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,489	1,00	8	1,608	31,2	2,648
Всього		6,575			18,287		23,084

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Конструкторська частина

### 2.1 Пристрій розточний

#### 2.1.1 Опис призначення будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для базування та закріплення корпусу КИ 2534 Ф1.24.009 на свердлильно-фрезерно-розточній операції з ЧПК 010.

Верстат свердлильно-фрезерно-розточний з ЧПК 6902ПМФ2, розміри стола 320мм×250мм. Ширина центрального Т-подібного паза 14Н8 мм.

Пристрій складається з корпусу 1, на поверхні котрого запресовані: опори 6, пальці 7 і 8, при цьому, пальці розміщені в середині шайб 10, котрі закріплені гвинтами 5.

Під верхньою плитою корпусу 1 загвинчений гідроциліндр 12, у виступаючому кінці поршня котрого загвинчений шток 2 з різьбовим кінцем, на котрому розміщена гайка 4, під котру встановлюється притискач 9.

На стіл верстату пристрій встановлюється шпонками 11 в центральний паз і закріплюється болтами М12 за ГОСТ 12459-67 з гайками і шайбами.

Робоча рідина з гідросистеми до циліндра 12 поступає через 2 отвори М16×1.5-6Н.

Початкове положення. Поршень циліндра 12 – в крайньому верхньому положенні, притискач 9 знятий. Заготовку встановлюють базовими отворами на пальці 7 і 8 до опускання на опори 6 і шайби 10. Під гайку 4 встановлюють притискач 9 і подають робочу рідину в штокову порожнину циліндра 12, поршень котрого разом з гайкою 4 переміщається донизу і через притискач 9 притискає заготовку до опор.

Для відкріплення деталі пристрій приводять в початкове положення, для чого робочу рідину подають в поршневу порожнину через отвір у кришці циліндра 12.

#### 2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

Найбільш навантаженим переходом є обробка фрезерування пов. 2. Схема дії сил на заготовку при зустрічному фрезеруванні наведена на рис. 2.2.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Зусилля на штоці гідроциліндра – зусилля затиску:

$$N = Q = 0.785(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta_{\max}, \text{ ([6], табл. 22, с.92);}$$

$$N = 0.785 \cdot (50^2 - 25^2) \cdot 3 \cdot 0.93 = 4106.5 \text{ Н;}$$

Фактичний коефіцієнт запасу:

$$K_{\phi} = 3,7 \frac{4106.5}{2587} = 5.87.$$

### 2.1.3 Розрахунки пристрою на міцність і зносостійкість

Розрахунок виконуємо по слабких ланках.

#### 2.1.3.1 Розрахунок пристрою на міцність

Слабкою ланкою є різьбове з'єднання М16  $\frac{6H}{6g}$

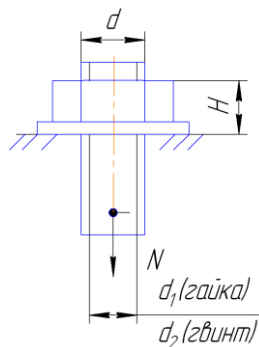


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема

$N = 4106.5 \text{ Н; } H = 24 \text{ мм; } d = 16 \text{ мм; } d_1 = 13.385 \text{ мм; } d_2 = 13.546 \text{ мм;}$

Матеріал з'єднання: Сталь 45, ТО – покращення.

Допустимі напруження ([8], табл. 15, с.86):

$$[\tau_{зр}] = 102.9 \text{ МПа; } [\sigma_{зм}] = 254.8 \text{ МПа; } [\sigma_p] = 166.6 \text{ МПа;}$$

Перевірка різьби гайки надріз:

$$\tau_{зр} = \frac{N}{\pi \cdot d_p \cdot H \cdot 0.87 \cdot 0.61} \text{ МПа} < [\tau_{зр}];$$

$$\tau_{зр} = \frac{4106.5}{\pi \cdot 13.365 \cdot 24 \cdot 0.87 \cdot 0.61} = 7.42 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 102.9 \text{ МПа;}$$

Умова міцності різьби стержня на згин:

$$\sigma_{зм} = \frac{N}{0.785(d^2 - d_2^2) \cdot Z} \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] \text{ МПа,}$$

де  $Z = 6$ , - число одночасно працюючих витків;

$$\sigma_{зм} = \frac{4106.5}{0.785(16^2 - 13.546^2) \cdot 6} = 7.78 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 254.8 \text{ МПа;}$$

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова міцності стержня на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{N}{0.785 \cdot d_2^2} \text{ МПа} < [\sigma_p] \text{ МПа},$$

$$\sigma_p = \frac{4106.5}{0.785 \cdot 13.546^2} = 16.90 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 166.6 \text{ МПа}.$$

За всіма параметрами з'єднання працездатне.

### 2.1.3.2 Визначення річної зносостійкості деталей пристрою

Визначення гарантованої величини спрацювання опор:

Гарантована величина спрацювання

$$\Delta_{z,cr} = N_r / C, \text{ мкм}$$

де  $N_r$  – гарантований ресурс роботи виражений кількістю установок. Річний ресурс роботи опори:

$$N_r = N = 510 \text{ шт}$$

$C$  - зносостійкість. Визначення зносостійкості  $C$  виконуємо за методикою посібника [13]:

1. Твердість робочих поверхонь опор

$$HV = 615HV \text{ (табл. 1.11., с.46).}$$

2. Критерій зносостійкості, що враховує матеріал заготовки і опори:  $P_1 = 1.03$ , (табл. 1.12, с. 47).

3. Зусилля, що діє по нормалі на опору:

$$Q = Q_{np} = 4106.5 \text{ Н.}$$

4. Номінальна площа контакту опор:

$$F = 4 \cdot 0.785(25 + 3.2)^2 + 2 \cdot 0.785 \cdot (30^2 - 12^{12} - 2 \cdot 10^2) = 2774 \text{ мм}^2;$$

5. Критерій навантаження опори:

$$P_2 = \frac{Q}{F \cdot HV} = \frac{4106.5}{2774 \cdot 615} = 0.0024 = 24 \cdot 10^{-4}.$$

6. Зносостійкість  $C = 750 \text{ шт./мкм}$  (рис. 1.6 а с. 49).

7. Поправочний коефіцієнт  $K = K_t \cdot K_L \cdot K_y$ ,

де  $K_t$  – коефіцієнт, що враховує нерухомість контакту заготовки з опорою.

$$K_t = 0.79 \cdot T_0 = 0.79 \cdot 2.36 = 1.86,$$

де  $T_0$  – основний час обробки.  $T_0 = 2.36 \text{ хв.}$  (табл. 1.13 ПЗ);

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_L$  – враховує вплив довжини  $L$  шляху ковзання заготовки по опорах:  $K_L = 1$ , при  $L \leq 25$ , (с. 47);

$K_y$  – коефіцієнт умов обробки,  $K_y = 0.94$ , для обробки з охолодженням (табл. 1.14, с. 50)  $K = 1.85 \cdot 1 \cdot 0.94 = 1.75$ .

8. Фактична зносостійкість:

$$C_\phi = C/K = 750/1.75 = 428 \text{ шт./мкм},$$

$$9. \Delta_{z.cn} = \frac{N}{C_\phi} = \frac{510}{428} = 1.2 \text{ мкм} = 0,0012 \text{ мм}.$$

Визначення гарантованої величини спрацювання:

- циліндричного пальця:

1.  $\Delta_{cn} = 45$  мкм (табл. 1.15, с.51) для сталі У10А.

2. Поправковий коефіцієнт:  $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$ ,

де, (табл. 1.16, с.51):

$K_1 = 0.97$  – враховує матеріал заготовки;

$K_2 = 1.0$  – враховує вид верстата;

$K_3 = 0.94$  – враховує умови обробки;

$K_4 = 2.8$  – враховує число установок (при числі установок до 5 тис);

$K = 0.97 \cdot 0.94 \cdot 2.8 = 2.55$ ;

3.  $C = 100000/45 = 2222$  шт./мкм. (табл. 1.15, с.51);

$$4. C_\phi = C/K = 2222/2.55 = 871 \text{ шт./мкм.},$$

$$5. \Delta_{z.cn} = \frac{N}{C_\phi} = \frac{510}{871} = 0.76 \text{ мкм} = 0,00076 \text{ мм/рік}.$$

- зрізаного пальця:

1.  $\Delta_{cn} = 80$  мкм. (табл. 1.15, с.51) для сталі У10А.

2.  $K = 2.55$ ,

3.  $C = 100000/80 = 1250$  шт./мкм;

$$4. C_\phi = C/K = 1250/2.55 = 490 \text{ шт./мкм},$$

$$5. \Delta_{z.cn1} = \frac{N}{C_\phi} = \frac{510}{490} = 1.04 \text{ мкм} = 0,0010 \text{ мм}.$$

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1.4 Розрахунок пристрою на точність та довговічність

Норми точності пристрою та точність виготовлення окремих базуючих деталей (пальців) приймаємо за рекомендаціями:

Вибір ступеня точності та допуски паралельності опорних поверхонь пристрою до його основи, перпендикулярність осей базуючи пальців до основи пристрою – за таблицями 5.10 ([9]).

Точність виготовлення пальців та точність віддалей між ними за с. 586, 569 ([15]).

## 2.1.5 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристрою

Розрахунок коефіцієнта уніфікації ведемо за формулою:

$$K_y = \frac{\Sigma_{заг} - \Sigma_0}{\Sigma_{заг}} \cdot 100\%$$

де  $\Sigma_{заг} = 11$  шт. - загальне число найменувань деталей та складальних одиниць в пристрої.

$\Sigma_0 = 2$  шт. - число найменувань оригінальних деталей та складальних одиниць.

$$K_y = \frac{11 - 2}{11} \cdot 100\% = 82\% \text{ - пристрій можна вважати уніфікованим.}$$

## 2.2 Пристрій контрольний

### 2.2.1 Опис призначення будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для контролю перпендикулярності (торцювого биття) пов. 2 відносно осі пов. “А”. Контрольований допуск  $T_{\uparrow} = 0.03$  мм.

Пристрій спроектований з базуванням елементів матеріалізації базової осі по середній поверхні  $\varnothing 45H8$ , що оброблюється з однієї установки з базовою пов. А –  $\varnothing 22H8$ . Одна з похибок базування – можлива неспіввісність отворів  $T_O = \pm 0.006$  мм.

Пристрій складається з корпусу 3, на точній циліндричній поверхні котрого розміщена втулка 2 (гофрована), верхньою стороною вона впирається у виступ корпусу 1, а знизу о- в притискач 1, протилежний (різбовий) кінець котрого виходить за межі корпусу, на котрому розміщена гайка 6.

Щоб при закріпленні втулки, вона не прокручувалась, обертання притискача 1 запобігає гвинт 8, циліндричний кінець котрого розміщений у пазі притискача.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На дисковій частині корпусу 1 закріплений через втулку 4 гвинтом 7 – індикатор 10 з ціною поділки 1 мкм, діаметрально протилежно індикатору 10 розміщений гвинт 9 з гайкою 5.

Пристрій встановлюється на контрольовану поверхню, при цьому втулка 2 розміщується в базовому отворі.

Притримуючи корпус 1 за дискову частину загвинчують гайку 6 до досягнення беззорового з'єднання втулки 4 – деталь з можливістю обертання. Доцільно індикатор встановити на «нуль», забезпечивши «натяг» близько половини вимірювальної границі.

Повертаючи пристрій за дискову частину корпусу 1 в отворі деталі, записують показники індикатора в карту вимірювань через кожні  $30^0$ .

Застосування пристрою доцільно робити вибірково, в 10-20% деталей, тому що верстат забезпечує перпендикулярність торцевих поверхонь оброблюваних отворах,  $T_{\perp}=0.006\text{мм}$ , що значно перевищує вимоги креслення.

Сам пристрій дає похибку базування  $E_{\delta 1}=0.003\text{ мм}$  ([10], с.42).

Визначення придатності деталі.

Сумарна похибка вимірювання за методикою с. 551 ([4]):

$$U_{\Sigma} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + U_5^2 + U_6^2}, \text{ мкм}$$

де  $U_1$  - похибка засобів вимірювання;  $U_1 = \sqrt{U_{1.1}^2 + U_{1.2}^2}$ ,

$U_{1.1}=0.0018\text{ мм}$  – похибка індикатора ([4], с.562);

$U_{1.2}=0\text{ мм}$ ;

$U_1=0.0018\text{ мм}$ ;

$U_2$  - похибка методу вимірювання;

$$U_2 = \sqrt{U_{2.1}^2 + U_{2.2}^2 + U_{2.3}^2 + U_{2.4}^2 + U_{2.5}^2 + U_{2.6}^2} \text{ мкм};$$

$U_{2.1}$  - похибка базування;

$$U_{2.1} = \sqrt{E_{\delta 1}^2 + T_o^2} = \sqrt{0.003^2 + 0.006^2} = 0.0067\text{ мм};$$

$U_{2.2}$  - похибка від неповного охоплення вимірюваної поверхні,  $U_{2.2}=0$ ;

$U_{2.3}$  - похибка від не виключеного впливу шорсткості вимірюваної поверхні;

$U_{2.3}=0$  – за рахунок наконечника;

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$U_{2.4}$  - похибка від не виключеного впливу відхилення форми вимірюваної поверхні,  $U_{2.4}=0$ ;

$U_{2.5}$  - похибка від нестабільного характеру вимірювання відхилення форми та розташування,  $U_{2.5}=0$ ;

$U_{2.6}$  - інші невиявлені похибки,  $U_{2.6}=0$ ;

$U_2=0$ . мм;

$U_3$  - температурна похибка,  $U_3=0$ ;

$U_4$  - похибка від вимірюваного зусилля,  $U_4=0$ ;

$U_5$  - суб'єктивна похибка оператора, залежність від досвіду і кваліфікації,

$U_5=0,0005$ мм (приймаємо 0.5 поділки індикатора);

$U_6$  - інші невиявлені похибки,  $U_6=0$ ;

$$U_{\Sigma} = \sqrt{0.0018^2 + 0.0067^2 + 0.0005^2} = 0.00695 \text{ мм}$$

Заокруглюємо до більшого значення, в зв'язку з можливою наявністю невиявлених похибок.

$$U_{\Sigma} = 0.007 \text{ мм.}$$

Визначення придатності деталі:

$$T_{\text{вим}} = T - U_{\Sigma} \text{ мм}$$

де  $T$ -допуск деталі, мм;  $T = \pm 0.03$  мм;

$$T_{\text{вим}} = 0,06 - 0,007 = 0,053 \text{ мм.}$$

Деталь придатна, якщо різниця показників вимірювального приладу не більше 0,053 мм.

### 2.2.2 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристрою

Коефіцієнт уніфікації визначаємо за формулою аналогічно п. 2.1.5:

$$K_y = \frac{10 - 4}{10} \cdot 100\% = 60\%$$

де  $\Sigma_{\text{заг}} = 10$  шт. - загальне число найменувань деталей та складальних одиниць в пристрої.

$\Sigma_0 = 4$  шт. - число найменувань оригінальних деталей та складальних одиниць.

Отже, пристрій є уніфікованим.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки розточного пристрою

Для визначення напружено-деформованого стану елементів притискного пристрою під дією прикладеного навантаження та врахування взаємодії між ними застосовано програму Simulation, яка є модулем відомої програми SolidWorks.

SOLIDWORKS Simulation – це повнофункціональне рішення для інженерних розрахунків та аналізу виробів, повністю інтегроване в робоче середовище SOLIDWORKS. Воно допомагає підприємствам швидше виводити продукцію на ринок, економити кошти і підтримувати високу якість виробів. З SOLIDWORKS Simulation можуть працювати не тільки фахівці з розрахунків і аналізу, а й інженери з конструкторських відділів.

Завдання, які вирішуються в програмі SOLIDWORKS:

Конструкторська підготовка виробництва:

- 3D проектування виробів (деталей і зборок) будь-якого ступеня складності з урахуванням специфіки виготовлення.
- Створення конструкторської документації.
- Промисловий дизайн.
- Проектування комунікацій (електроджгутів, трубопроводи тощо.).
- Інженерний аналіз (міцність, стійкість, теплопередача, частотний аналіз, динаміка механізмів, газо / гідродинаміка, оптика і світлотехніка, електромагнітні розрахунки, аналіз розмірних ланцюгів і ін.).
- Експрес-аналіз технологічності на етапі проектування.

Технологічна підготовка виробництва:

- Проектування оснащення і інших засобів технологічного оснащення.
- Аналіз технологічності конструкції виробу.
- Аналіз технологічності процесів виготовлення (лиття пластмас, аналіз процесів штампування, витяжки, гнуття та ін.).
- Розробка технологічних процесів.
- Матеріальне та трудове нормування.

					MP.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

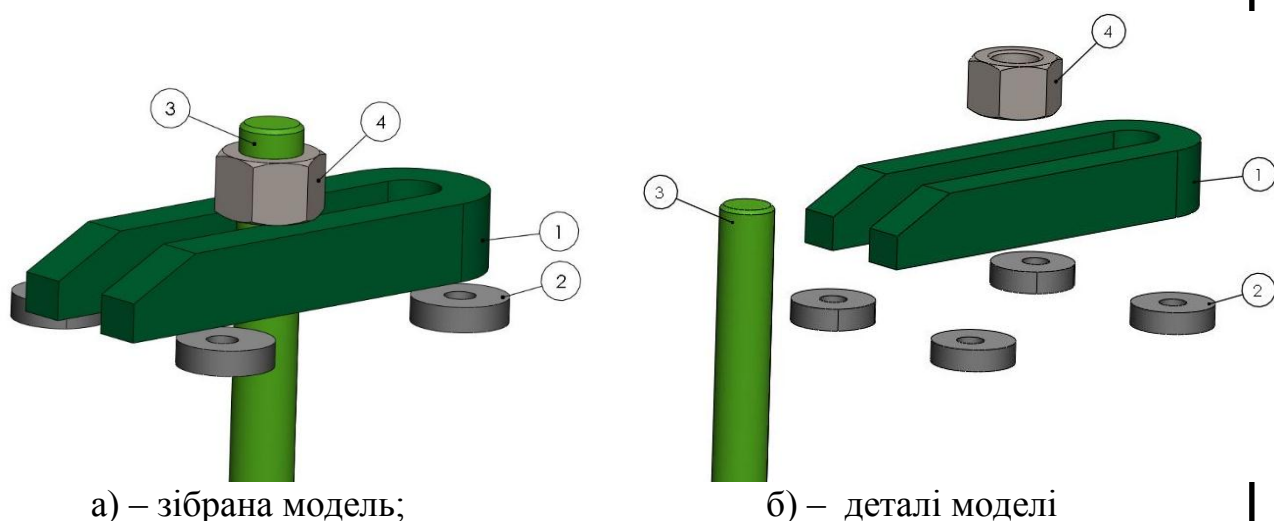
- Механообробка: розробка керуючих програм для верстатів з ЧПУ, верифікація УП, імітація роботи верстата. Фрезерна, токарна, токарно-фрезерна і електроерозійна обробка, лазерна, плазмова і гідроабразивна різання, вирубні штампи, координатно-вимірювальні машини.

- Управління даними і процесами на етапі ТПП.

Управління даними і процесами:

- Робота з єдиною цифровою моделлю виробу.
- Електронний технічний і розпорядчий документообіг.
- Технології колективної розробки.
- Робота територіально-розподілених команд.
- Ведення архіву технічної документації.
- Проектне управління.
- Захист даних.
- Підготовка даних для ERP, розрахунок собівартості.

Перед проведенням дослідження притискного пристрою спочатку створено його модель (рис. 3.1).



а) – зібрана модель;

б) – деталі моделі

1 – притискач; 2 – втулки; 3 – шток; 4 – гайка

Рисунок 3.1 – Модель притискної ланки пристрою

Розрахункову схему, що використовується під час імітаційного моделювання подано на рисунку 3.2. Коефіцієнтом тертя між поверхнями деталей, що знаходяться у контакті – 0. На розрахунковій схемі маленькими стрілками вказано

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закріплення втулок, а великими – напрямок дії прикладеного навантаження. Величини навантаження – 4106 Н.

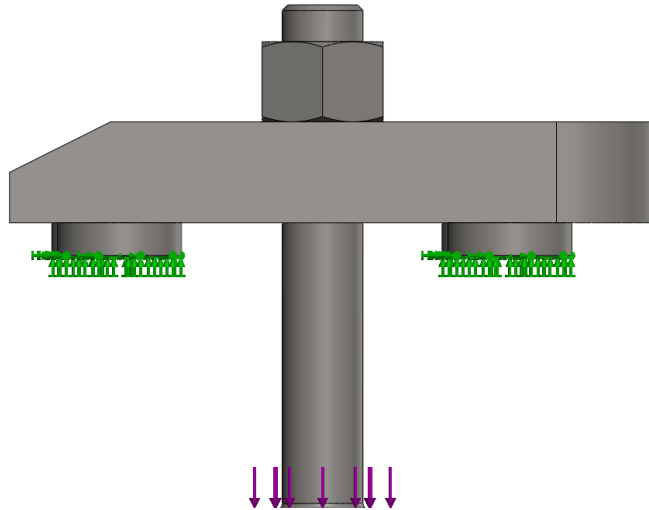


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Для визначення напружено-деформованого стану притискного пристрою потрібно спочатку розбити його на сітку скінченних елементів. На рисунку 3.3 показано сітку скінченних елементів, розміри якої використані за замовчуванням.

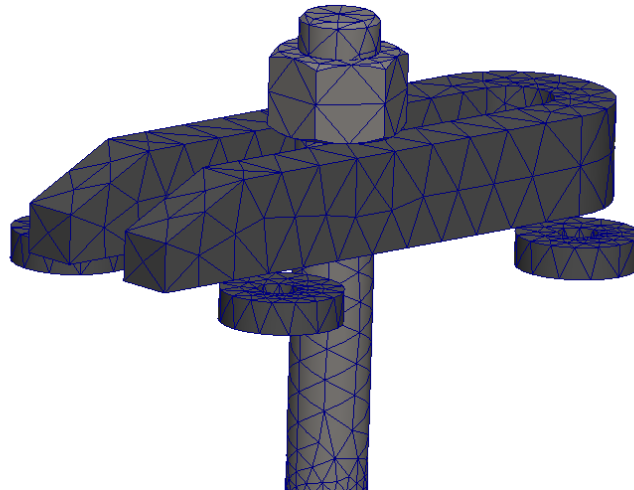


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

На рисунку 3.4 показано розподіл еквівалентних напружень у досліджуваній моделі притискного пристрою.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

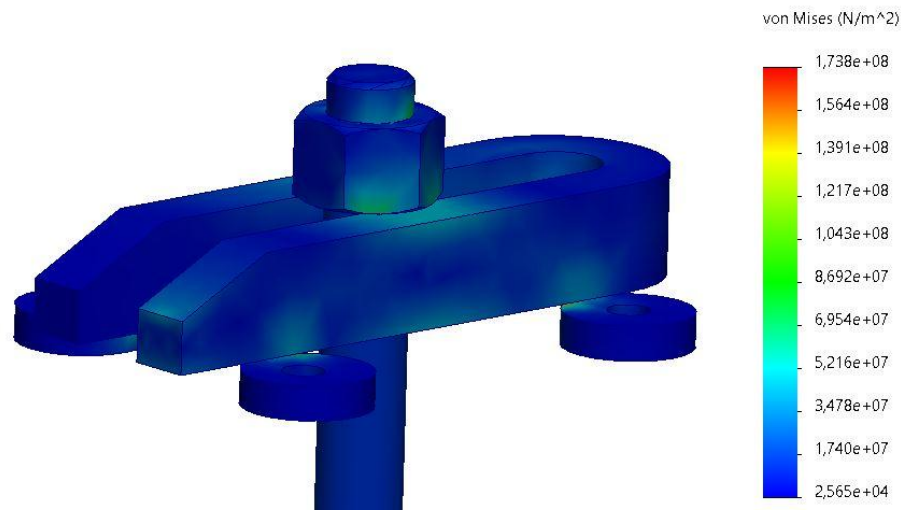


Рисунок 3.4 – Розподіл еквівалентних напружень

Максимальне значення еквівалентних напруження, що виникає під час навантаження пристрою становить 178 МПа. Концентрація напружень зосереджена на втулках та гайці.

На рисунку 3.5 показано деформації елементів пристрою.

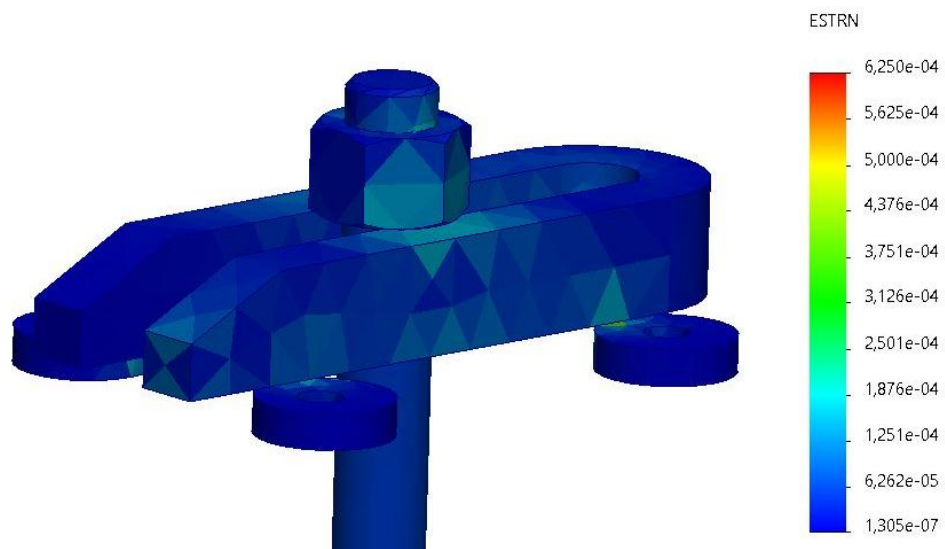


Рисунок 3.5 – Деформація в елементах пристрою

На рисунку 3.6 показано переміщення деталей при дії навантаження.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

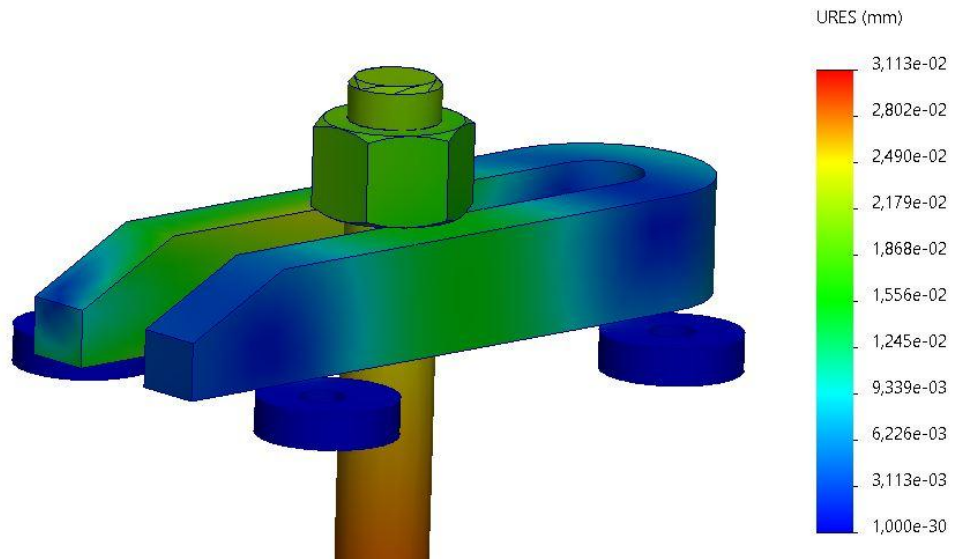
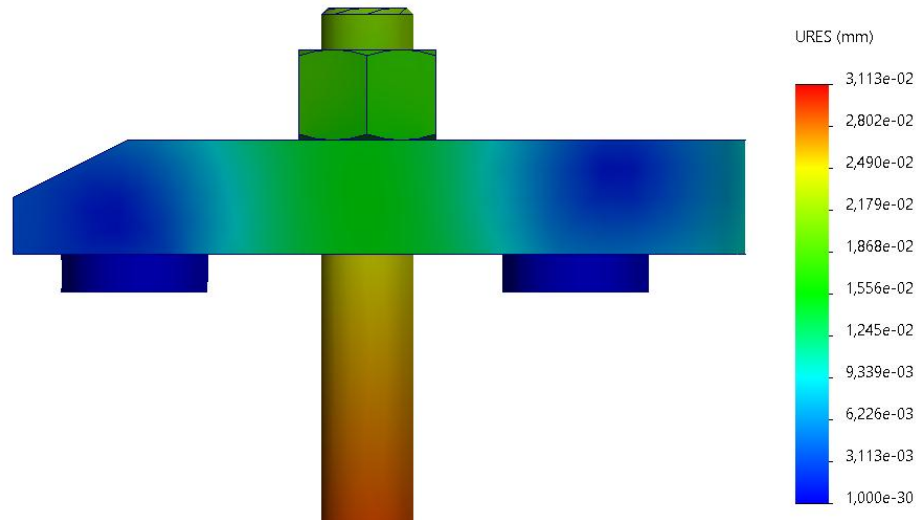
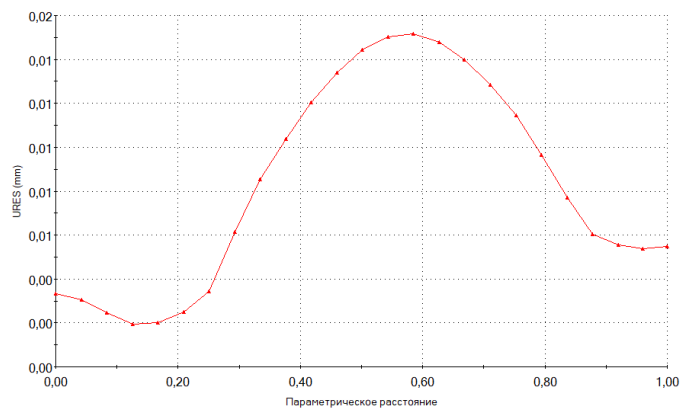


Рисунок 3.6 – Переміщення деталей пристрою під навантаженням

На рисунку 3.7 та 3.8 показано переміщення (прогин) швелера та побудовані відповідні графічні залежності по нижній (рис. 3.7) та верхній (рис. 3.8) кромках.



а)



б)

а) – кромка на швелері; б) – графічні залежності

Рисунок 3.7 – Розподіл переміщень по нижній кромці швелера

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно розрахунку максимальне значення переміщення наявне у швелері та складає 0,12 мм.

На рисунку 3.8 показано розподіл контактної тиску на поверхні контакту головки болта та швелера.

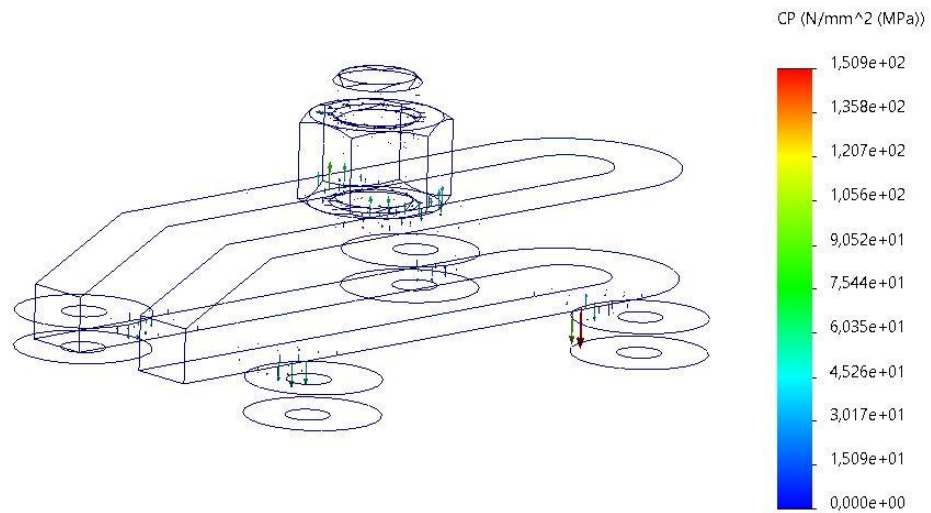


Рисунок 3.8 – Розподіл та величини контактної тиску

Максимальна величина контактної тиску складає 229 МПа.

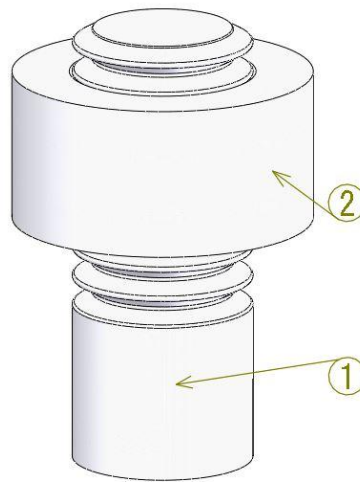
#### Висновки

У результаті проведення імітаційного моделювання отримано розподіли у досліджуваних деталях: еквівалентних напружень, переміщень, деформацій та контактної тиску. також встановлено максимальні значення вищезгаданих результатів: еквівалентні напруження – 285 МПа; переміщення – 0,12 мм; контактний тиск – 229 МПа.

					МП.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Дослідження напружено-деформованого стану різьбового з'єднання

Для дослідження напружено-деформованого стану різьбового з'єднання побудовано його тривимірну модель (рис. 3.9).



1 – болт; 2 – гайка

Рисунок 3.9 – Модель різьбового з'єднання

Варта зауважити, що модель різьбового з'єднання виконано спрощено – на гайці відсутні грані. Це зроблено тому, що у подальшому для спрощення та пришвидшення розрахунку досліджуватиметься це з'єднання у осесиметричній постановці.

На рисунку 3.10 показано розрахункову схему різьбового з'єднання, а на рисунку 3.11 – граничні умови, що були до нього прикладені.

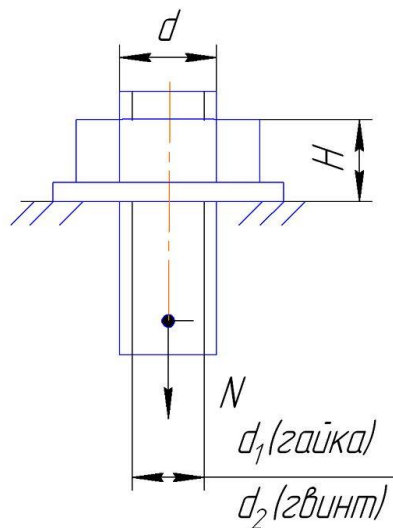


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

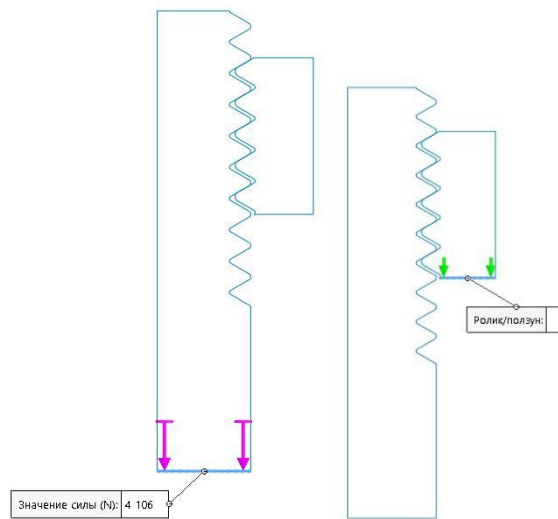


Рисунок 3.11 – Граничні умови

Як видно з рисунку 3.11, на різбове з'єднання діє осьове навантаження величиною 4106 Н, а до торця гайки прикладено умову "ролик/повзун". Така умова дає можливість вільному переміщенню торця гайки у радіальному та тангенційному напрямку окрім осьового. Це дозволяє відтворити поведінку торця гайки майже як у реальних умовах контакту з якоюсь поверхнею.

На рисунку 3.12 наведено розподіл еквівалентних напружень у досліджуваному різбовому з'єднанні.

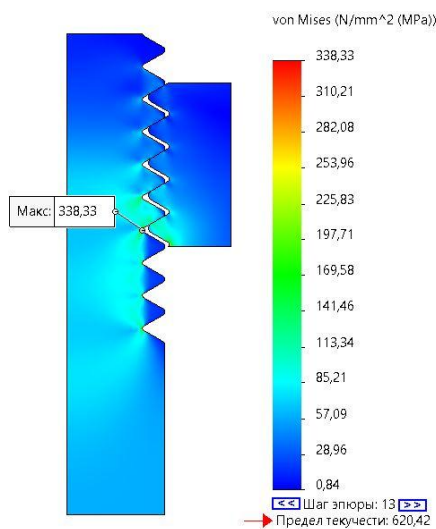


Рисунок 3.12 – Розподіл еквівалентних напружень

Згідно рисунку 3.12 максимальні напруження концентруються у першій впадині витка ніпеля. У наступних витках напруження спадають. Такий розподіл напружень добре корелюється з теорією А. І. Біргера.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щодо переміщень у досліджуваній моделі, то за прикладеного навантаження його максимум сягає 0,008 мм (рис. 3.13).

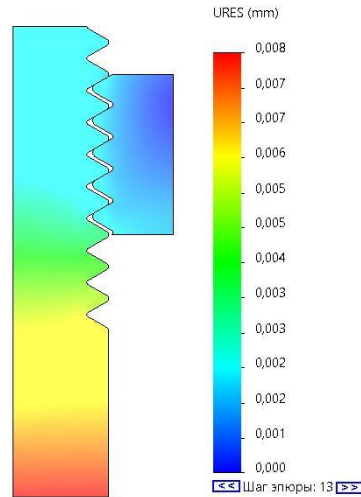


Рисунок 3.13 – Переміщення у досліджуваній моделі

На рисунку 3.14 показано розподіл контактного тиску по поверхнях витків. Максимальна величина контактної тиску складає 143 МПа.

Варта зауважити, що сітка, яка використовувалась під час імітаційного моделювання показано на рисунку 3.15.

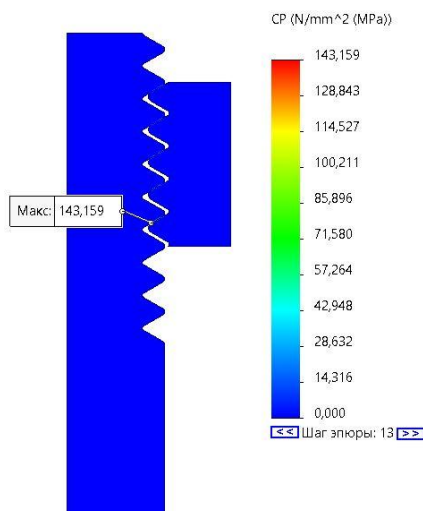


Рисунок 3.14 – Контактний тиск

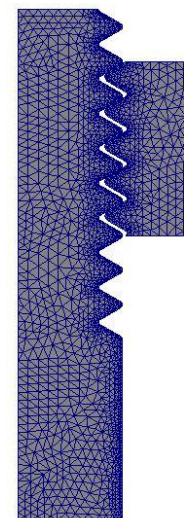


Рисунок 3.15 – Сітка скінченних елементів

### Висновок.

У результаті імітаційного дослідження різьбового з'єднання встановлено його напружено-деформований стан, а саме: розподіл еквівалентних напружень; розподіл переміщень, розподіл контактної тиску по поверхні витків різьби.

					МР.ПМК-347.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В магістерській роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення деталі Корпуса КИ 2534 Ф1.24.009 в умовах середньо-серійного виробництва.

В процесі проектування проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі та базового технологічного процесу. На основі результатів аналізу обґрунтовано застосування заготовки – листово-зварної конструкції, верстатів з ЧПК (фрезерні, розточувальні та свердлильні), а також застосовано пристрої з механізованим приводом. Складальне креслення одного з них приведено в графічній частині. Крім цього, в графічній частині приведено графіки, діаграми та схеми до аналізу точності обробки отвору  $\varnothing 45H8$ , карти налагодження до свердлильної операції; складальне креслення контрольного пристрою та схеми (рисунки) до імітаційного дослідження роботи верстатного пристрою.

Проектований технологічний процес, для котрого пораховані припуски, режими різання та норми часу приведені в додатку у вигляді комплекту технологічної документації у відповідності до норм ЄСТД.

Техніко-економічні розрахунки підтверджують, що у випадку впровадження у виробництво запропонованого техпроцесу разом з заходами по техніці безпеки та охороні праці, можна отримати позитивні економічні показники.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Список використаних джерел

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. Ф. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973, 694 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А. Н. Маллова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973, 568 с.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под ред. А. А. Панова – М.: Машиностроение, 1988, 736 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
7. Руденко П. А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К., Вища школа, 1991. – 247 с.
8. Анурьев В. И. справочник конструктора-машиностроителя. – М., Машиностроение, 1980. – Т.1 – 728 с., Т.2 – 559 с.
9. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора. – М.: Машиностроение, 1984. – 464 с.
10. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1964.
12. Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. – М., Экономика, 1990 – 208 с.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. посібник/Під ред. Карпика Р. Т. – Івано-Франківськ, “Факел”, 1999. – 216 с., іл.
14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975 – 656 с.
15. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 1. Под ред. Н. Вардашкина, М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
16. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 2. Под ред. Н. Вардашкина, М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
17. Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
18. 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.
19. Копей В.Б., Одосій З.М., Онисько О.Р. Технологія машинобудування: навчальний посібник. Частина 1. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. - 203 с.
20. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ - 2000" , 2012. - 358 с.
21. 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.
22. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник под. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

					<b>МР.ПМК-347.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **Додатки**



















Шпиндель супорта  
револьверної головки

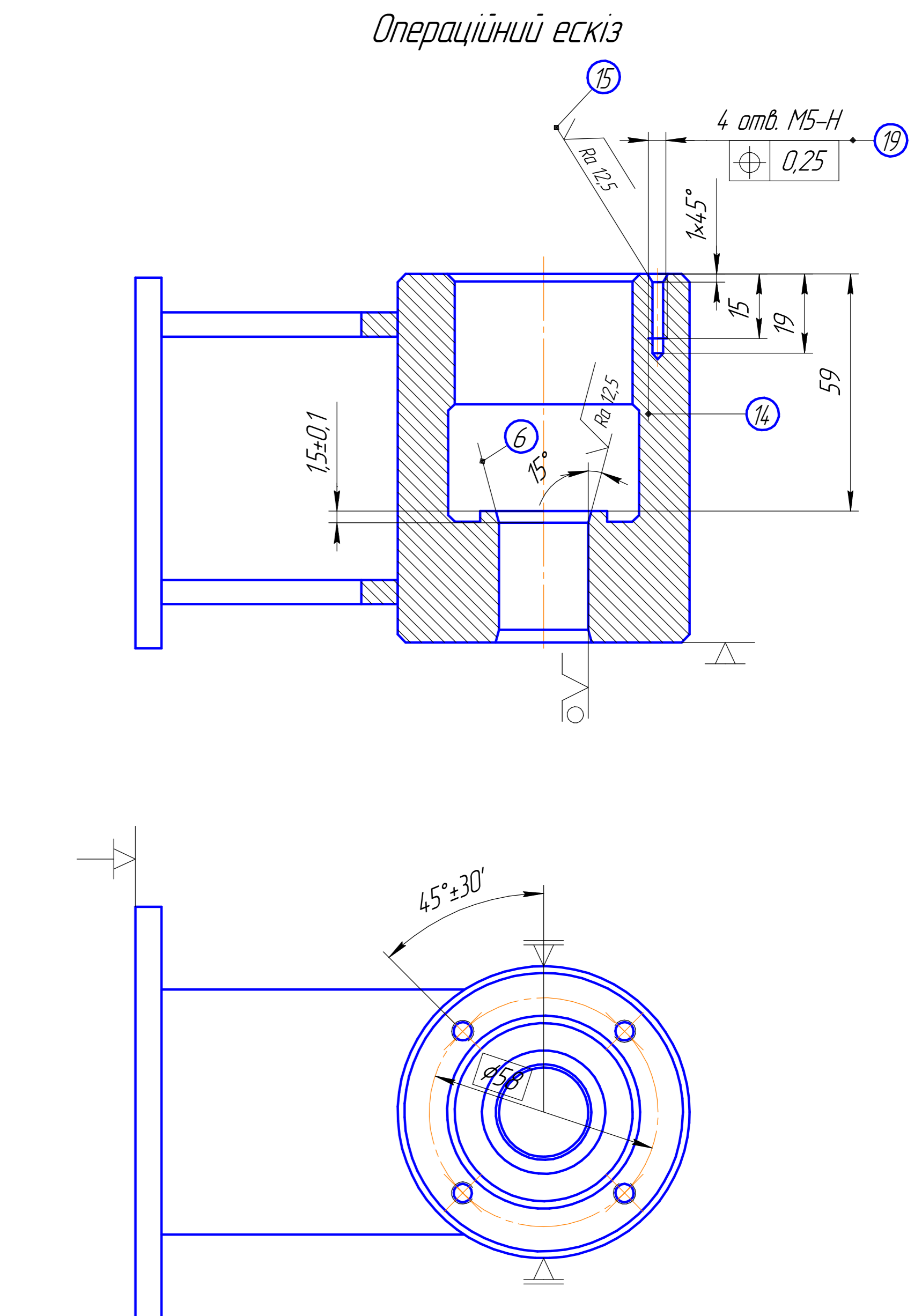
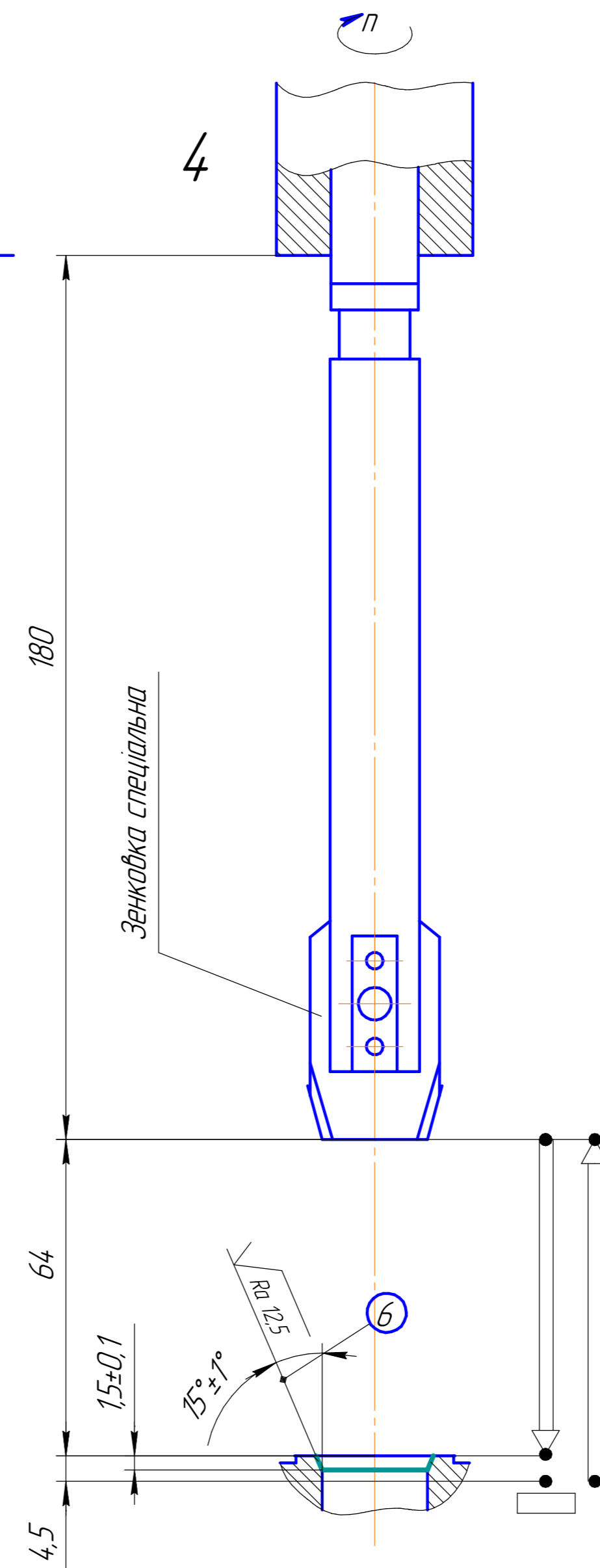
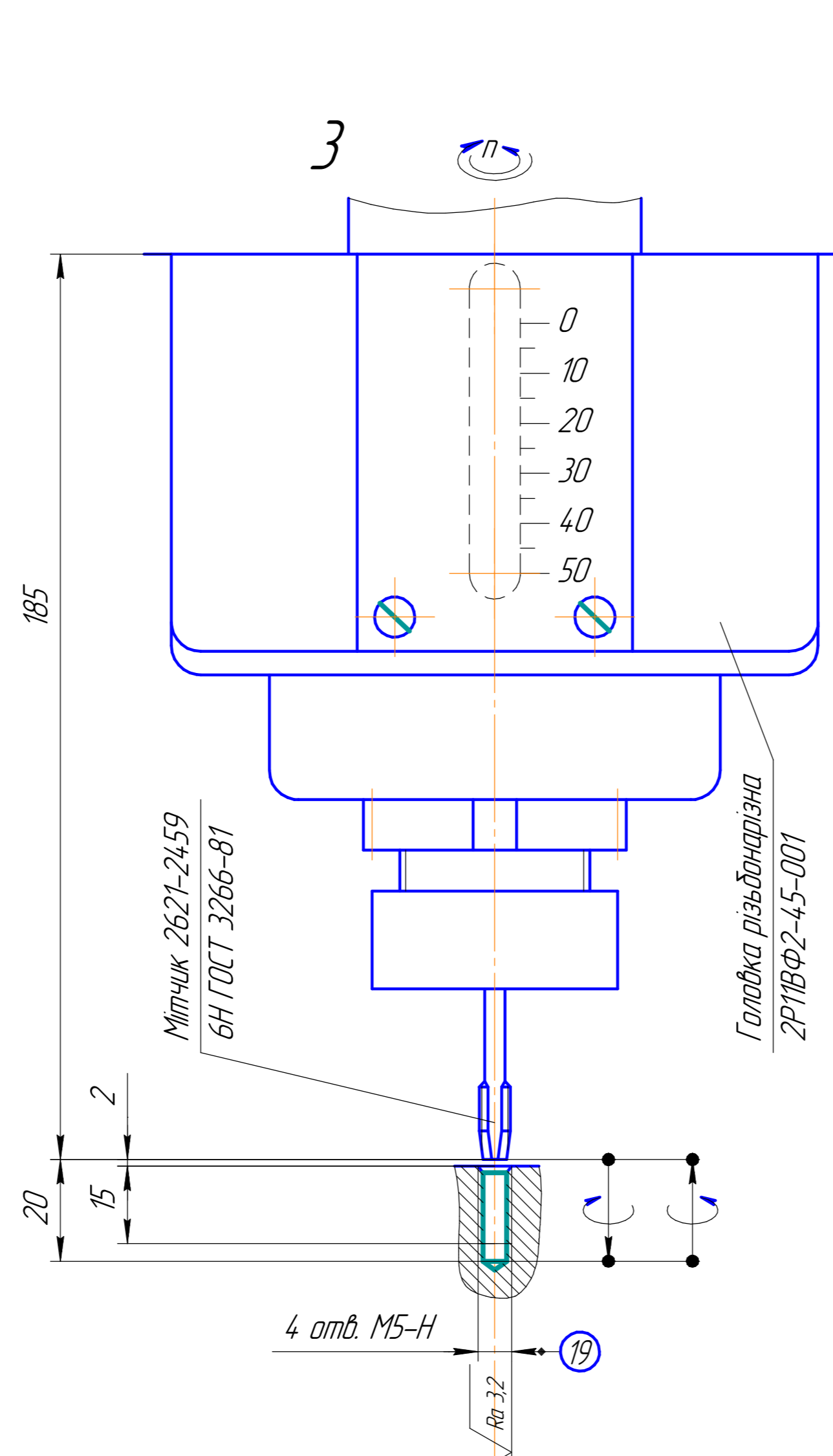
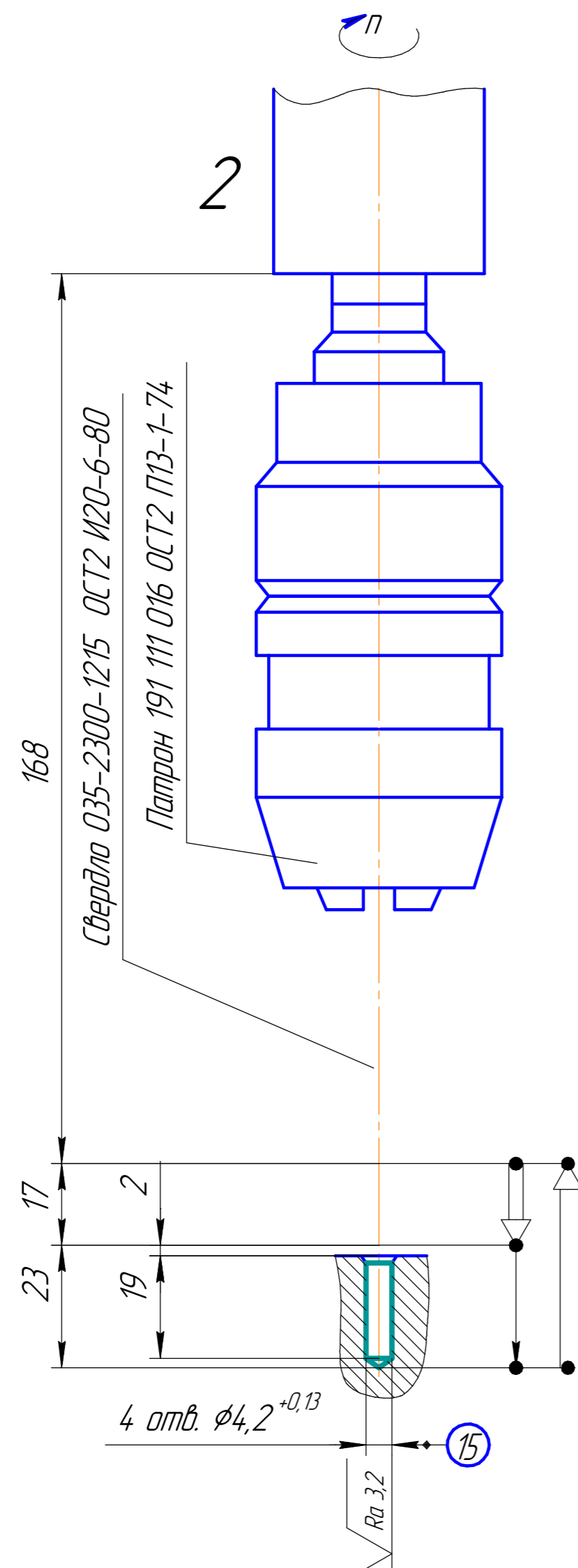
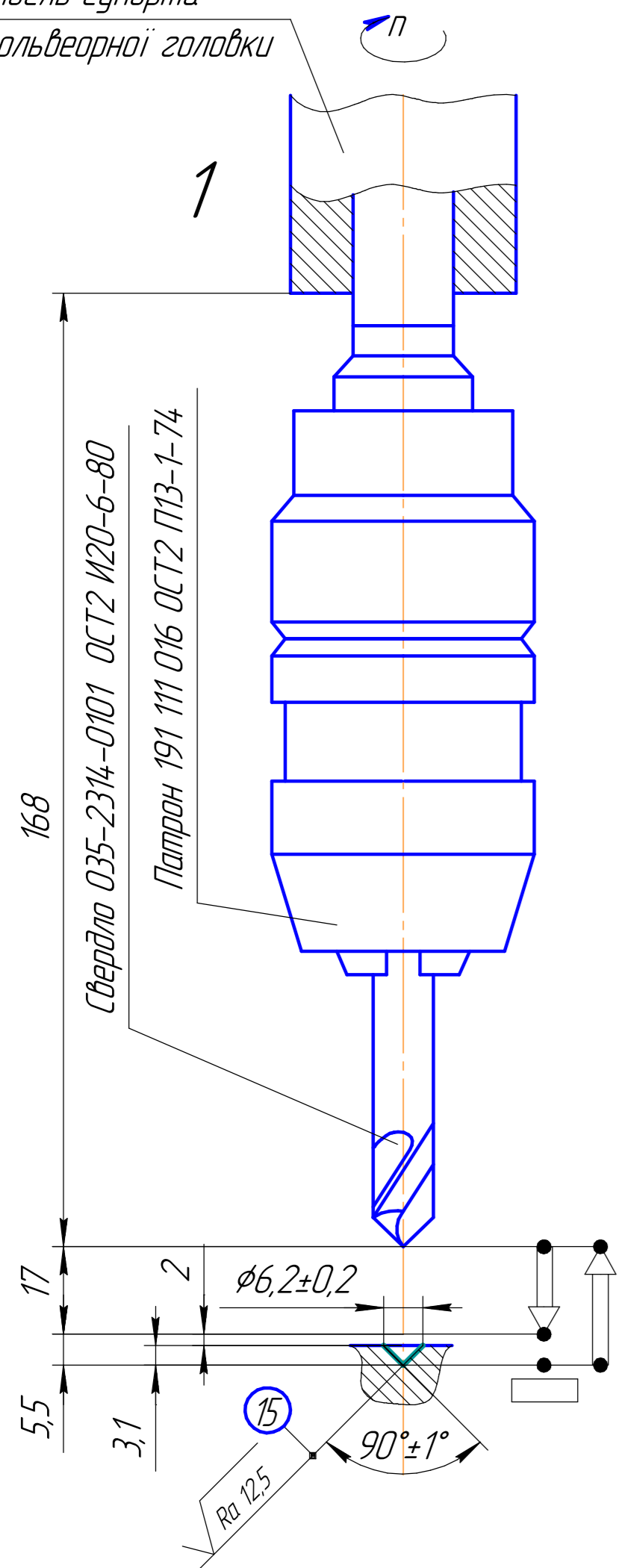
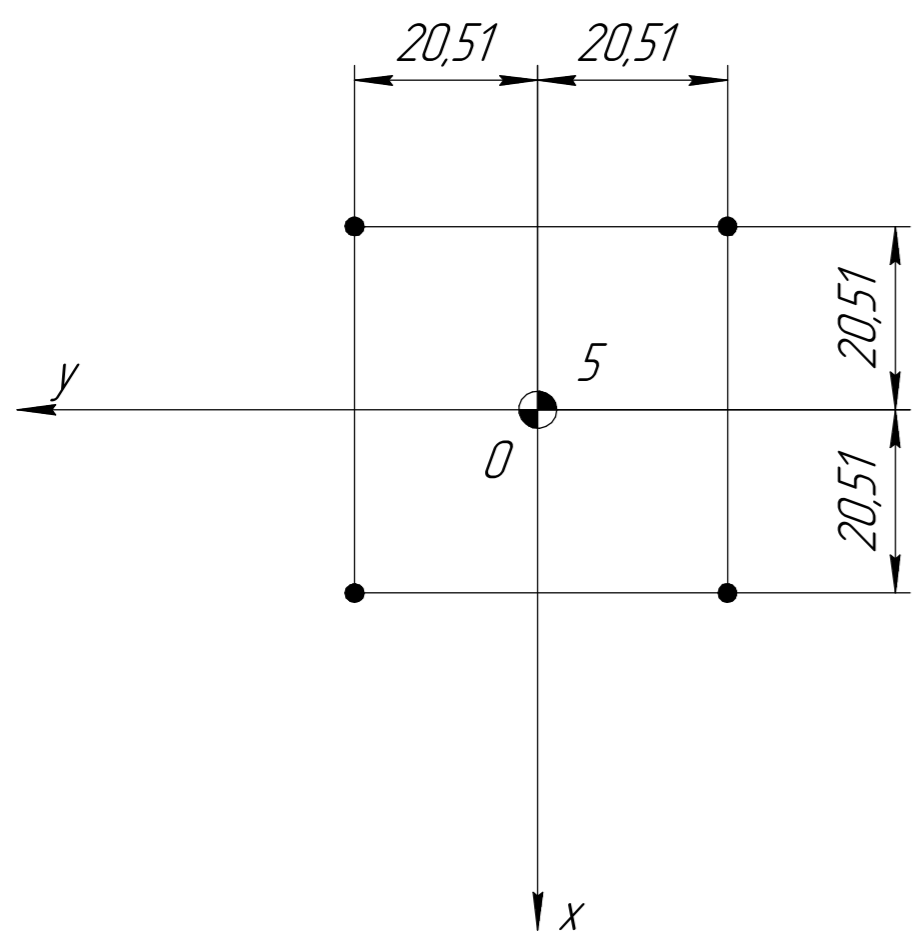


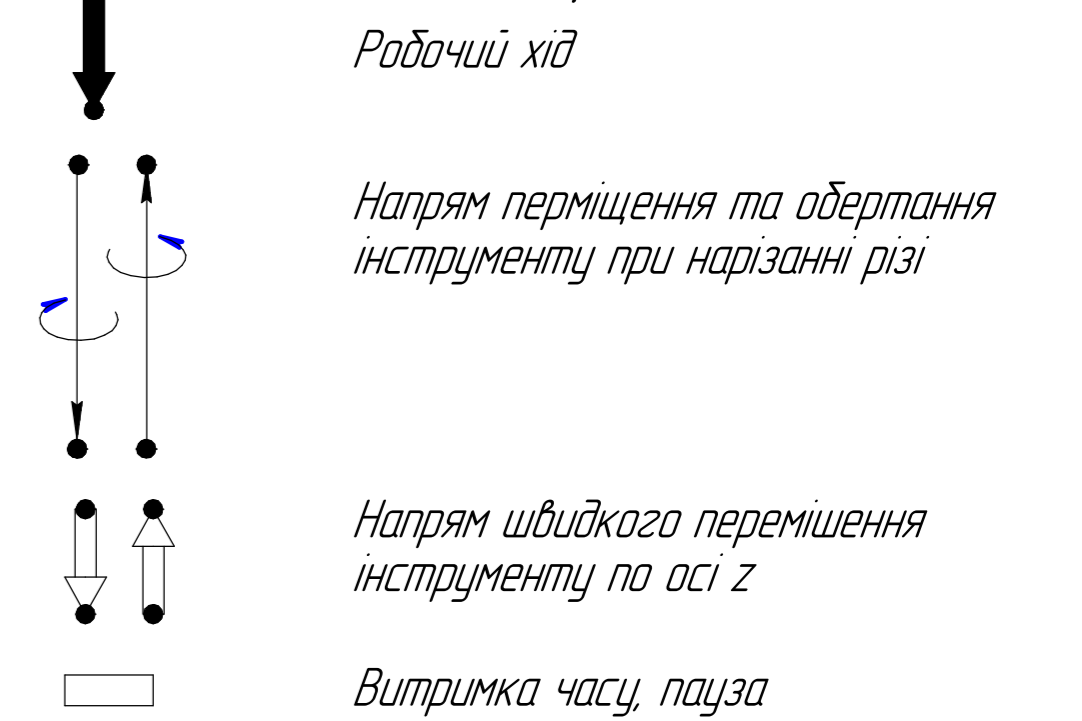
Схема розташування опорних точок



Координати опорних точок

Координата	№ опорної точки				
	1	2	3	4	5
x	-20,51	-20,51	20,51	20,51	0
y	-20,51	20,51	20,51	-20,51	0

Умовні позначення до циклограми

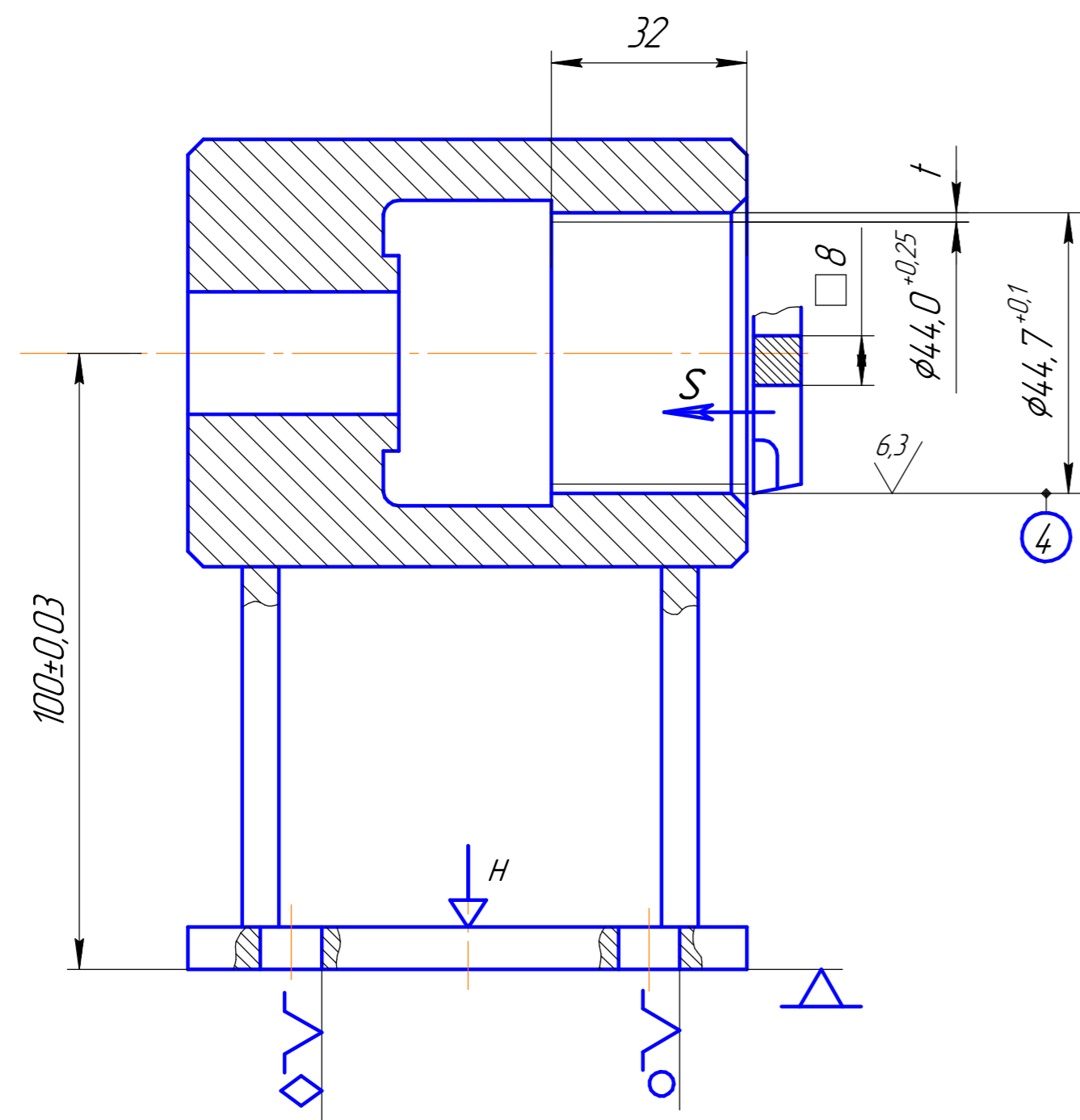


№ опт.	Геометрична інформація					Технологічна інформація							L, № корект.
	x, мм	y, мм	z, мм	R, мм	f, мм	S, мм/об	S <sub>п</sub> , мм/хв	V <sub>п</sub> , м/хв	п, об/хв	напрям оберт.	окол. інст.	№ інст.	
1	-20,51	-20,51											01
2	-20,51	+20,51	5,5	17	3,1	0,062	125	38,94	2000	пр	+	1	01
3	+20,51	+20,51											02
4	+20,51	-20,51											02
3	-20,51	+20,51	23	17	2,1	0,07	100	18,46	1400	пр	+	2	02
2	-20,51	+20,51											02
1	-20,51	-20,51											03
1	-20,51	-20,51											03
2	-20,51	+20,51	20	0	0,4	0,8	1284	5,57	355	пр лв	+	3	03
3	+20,51	+20,51											03
4	+20,51	-20,51											04
5	+0	+0	4,5	64	0,15	0,14	50	25,08	355	пр.	+	4	04

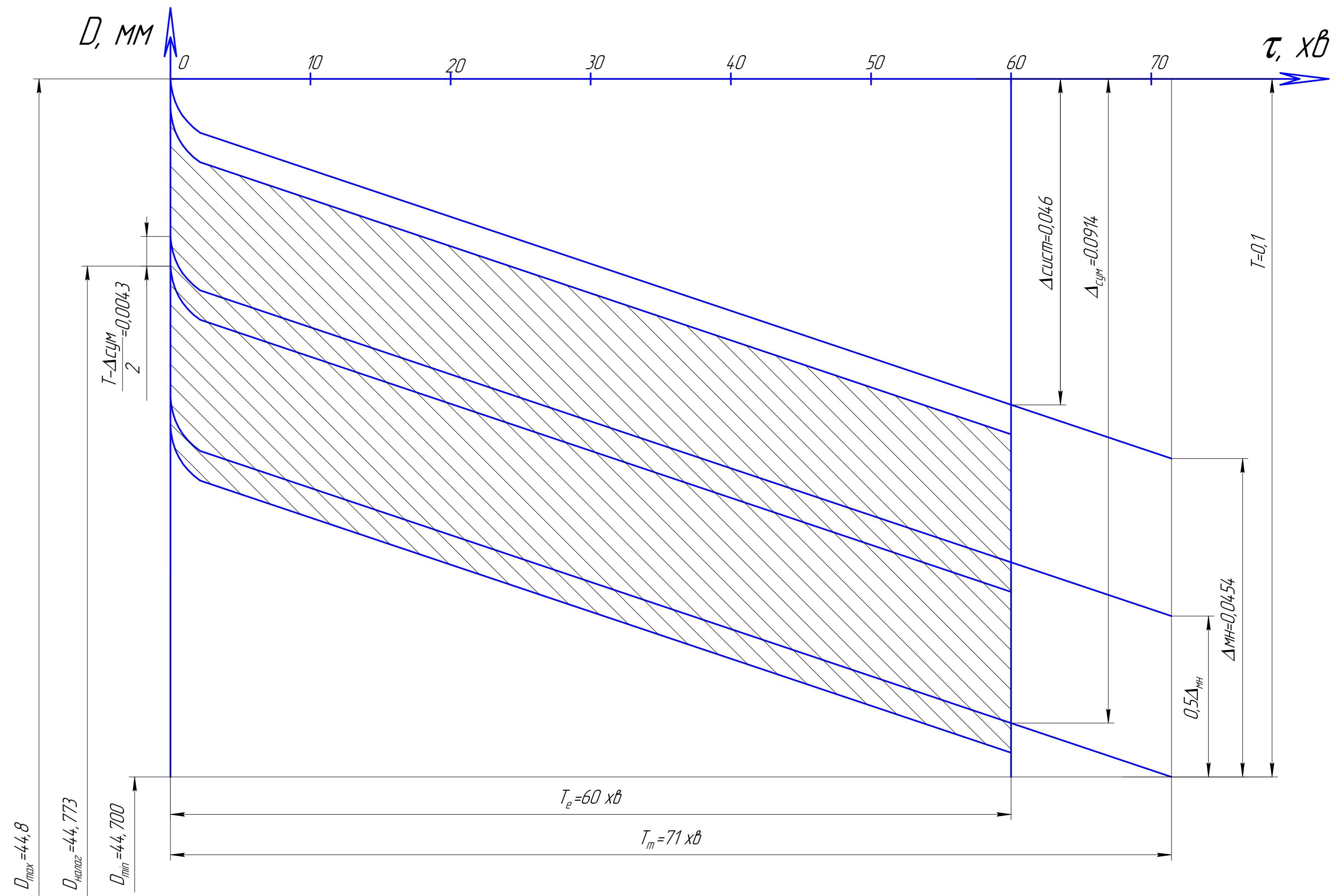
MR.ПМК-34.7.01.00.000 СХ

Карта налагодження

Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
1				1	1:1



Ескіз обробки



Теоретична діаграма точності обробки

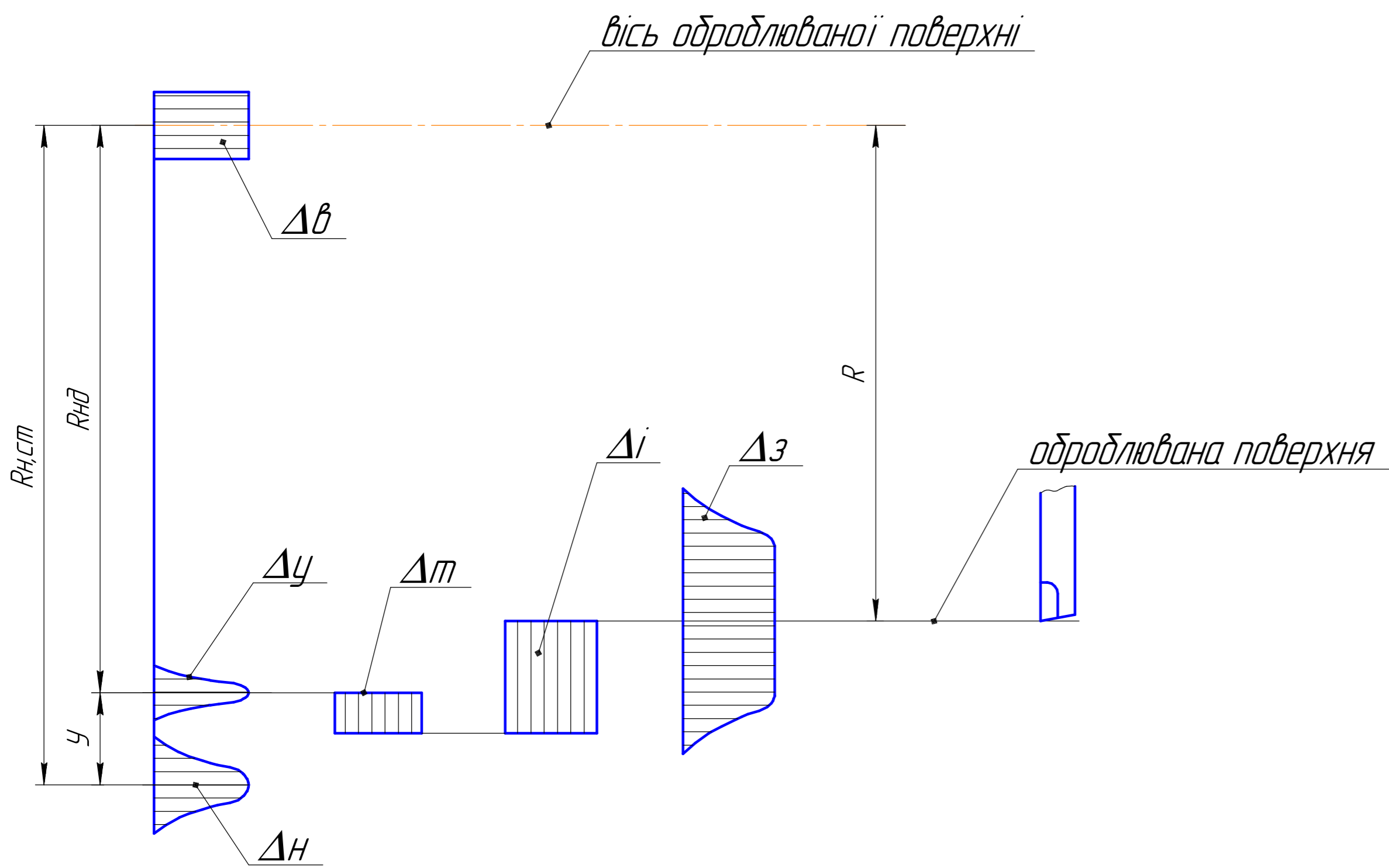
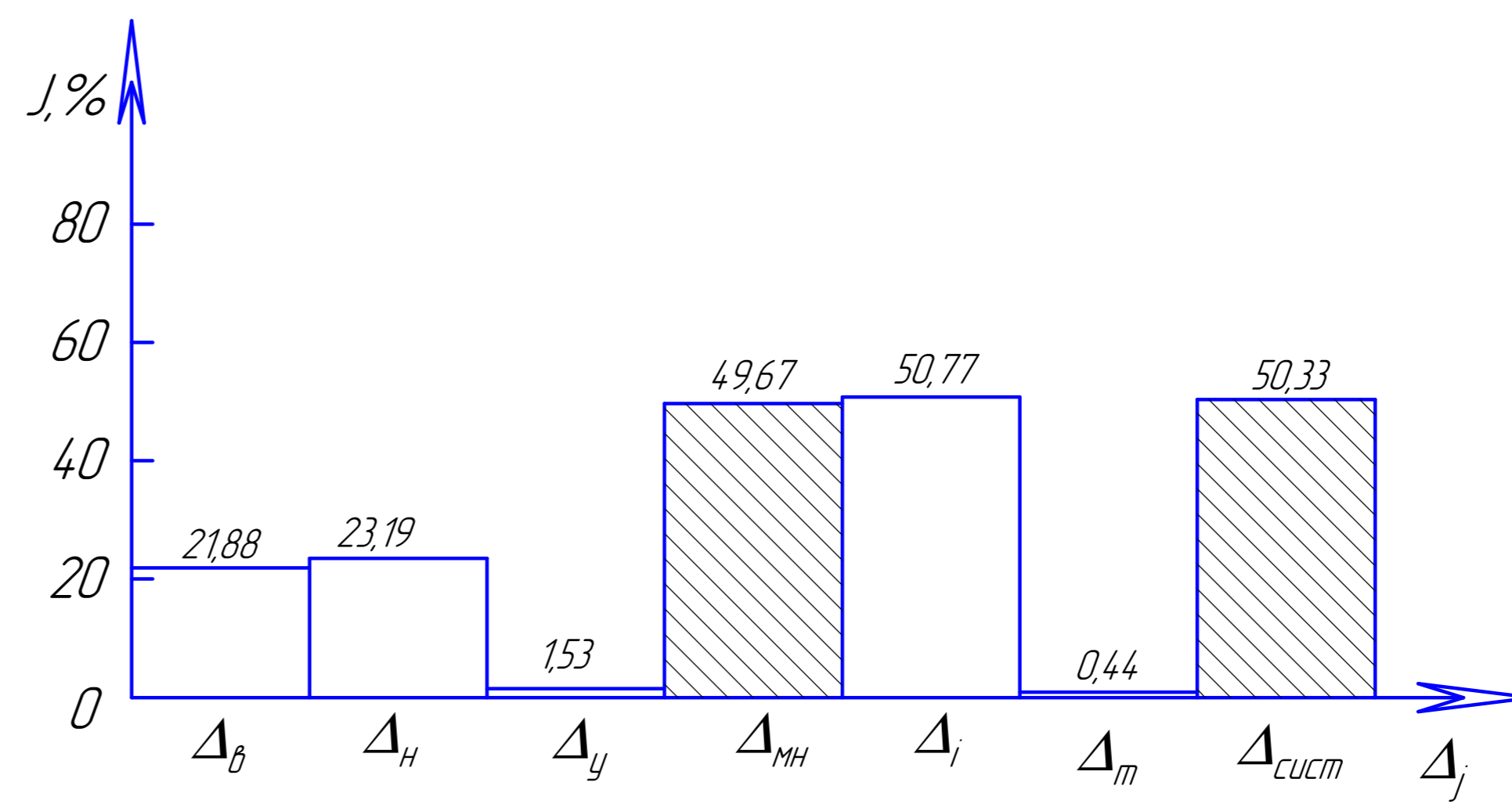


Схема технологічного розмірного ланцюга

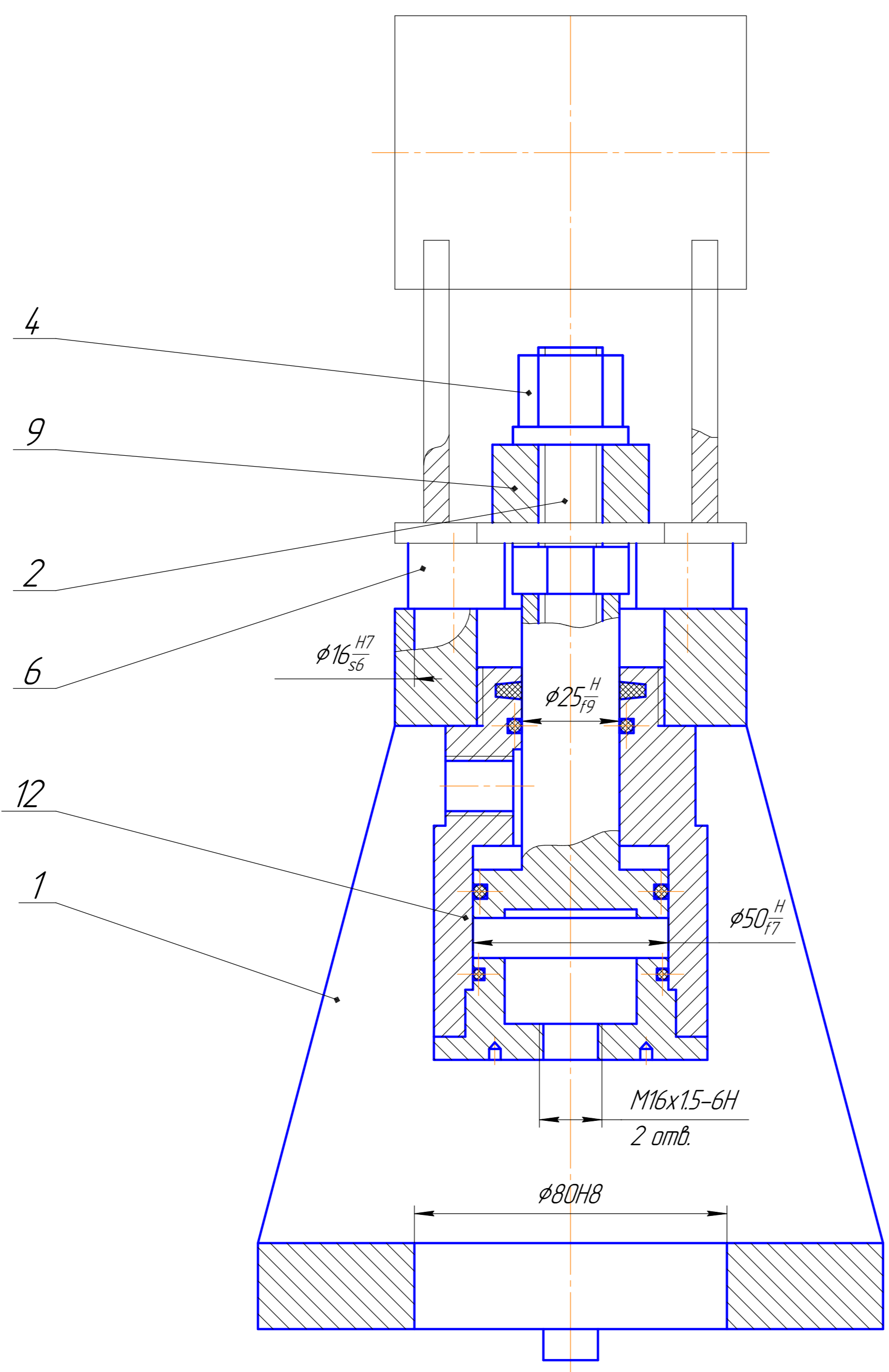


Гістограма похибок обробки

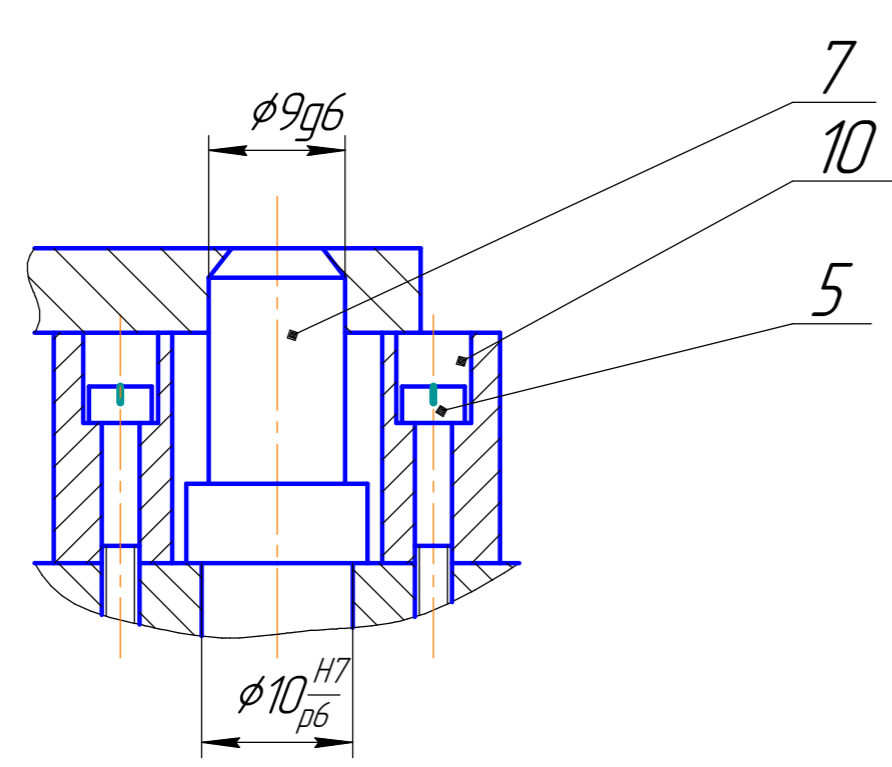
МР.ПМК-34.7.02.00.000 СХ				Лист	Масштаб
Взм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист
Разр.	Гринь				Листов
Проб.	Копей				1
Т.контр.	Копей				
Н.контр.	Копей				
Утв.	Ланчук				
Аналіз точності				Лист	Листов 1
				ІФНТУНГ	
				ПМКМ-22-1	
				Формат А1	

Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20  
Лист № 21  
Лист № 22  
Лист № 23  
Лист № 24  
Лист № 25  
Лист № 26  
Лист № 27  
Лист № 28  
Лист № 29  
Лист № 30  
Лист № 31  
Лист № 32  
Лист № 33  
Лист № 34  
Лист № 35  
Лист № 36  
Лист № 37  
Лист № 38  
Лист № 39  
Лист № 40  
Лист № 41  
Лист № 42  
Лист № 43  
Лист № 44  
Лист № 45  
Лист № 46  
Лист № 47  
Лист № 48  
Лист № 49  
Лист № 50

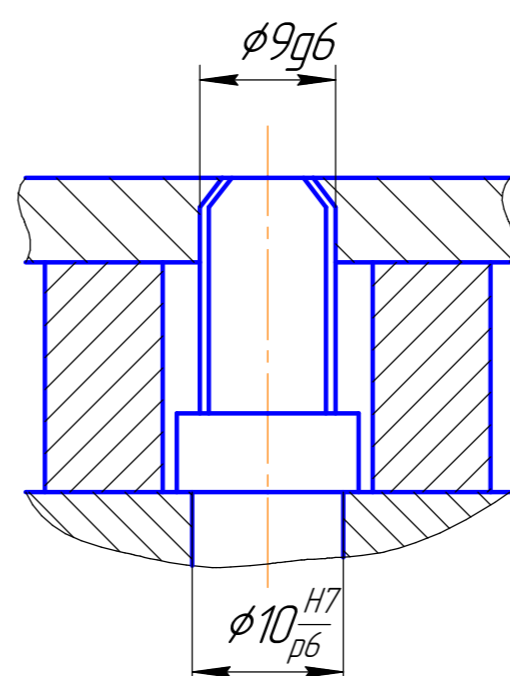




A-A (2:1)



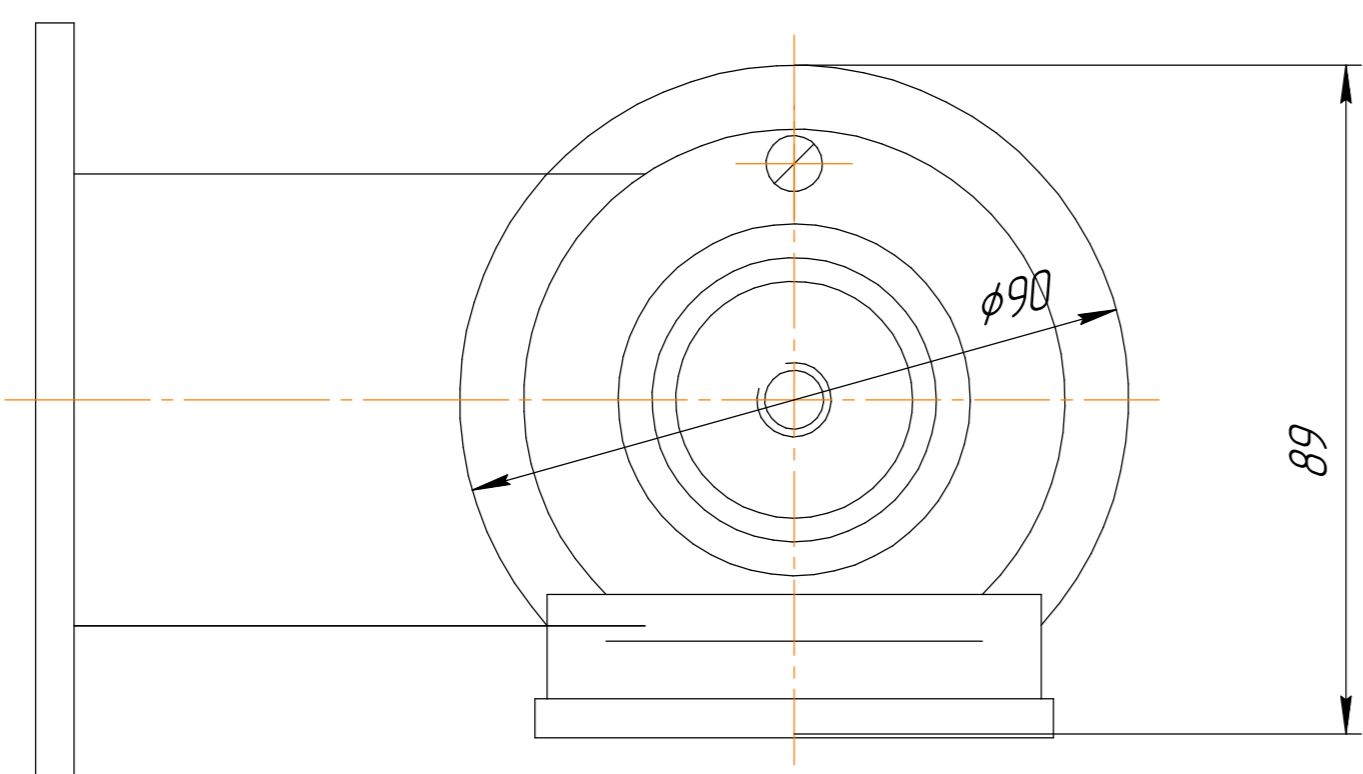
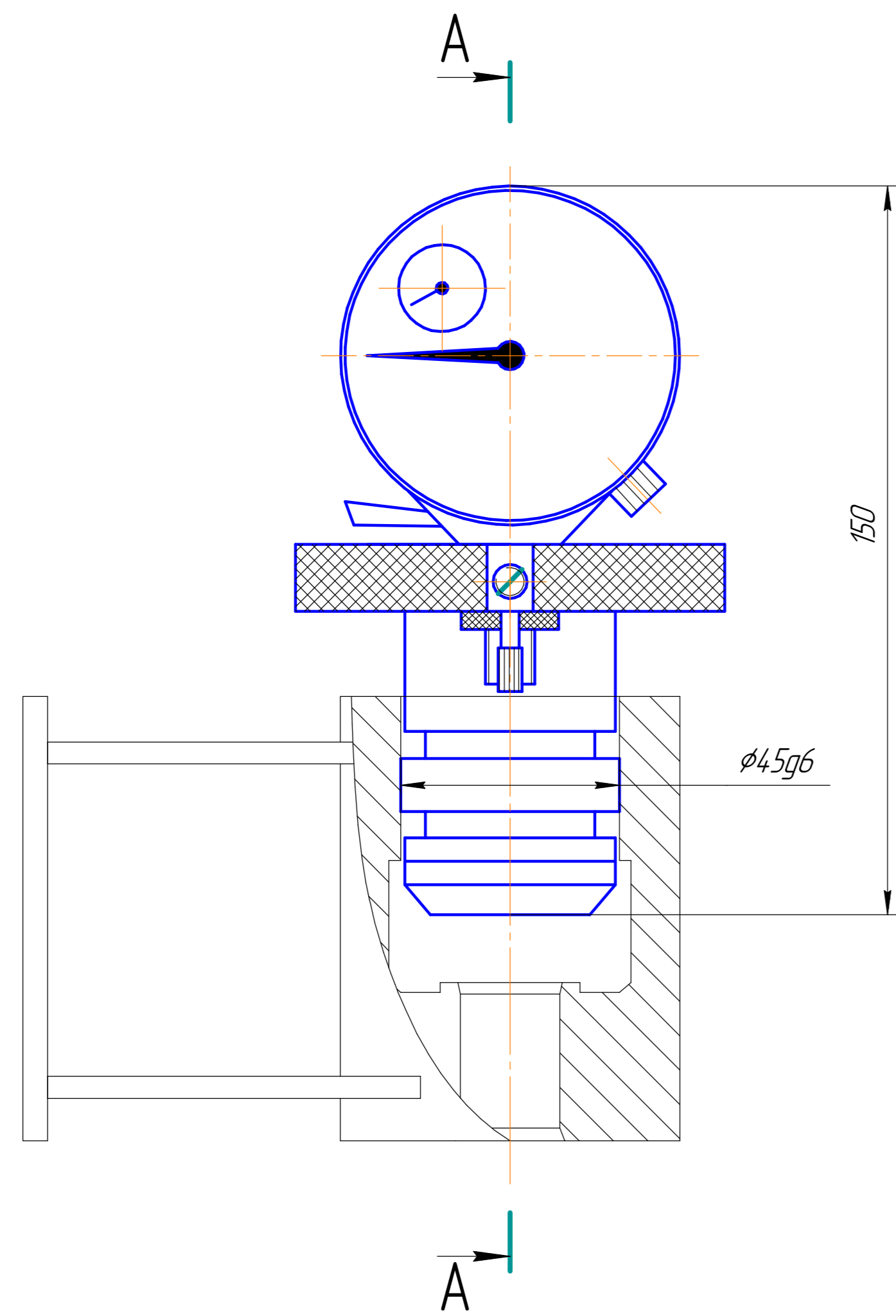
B-B (2:1) ☉



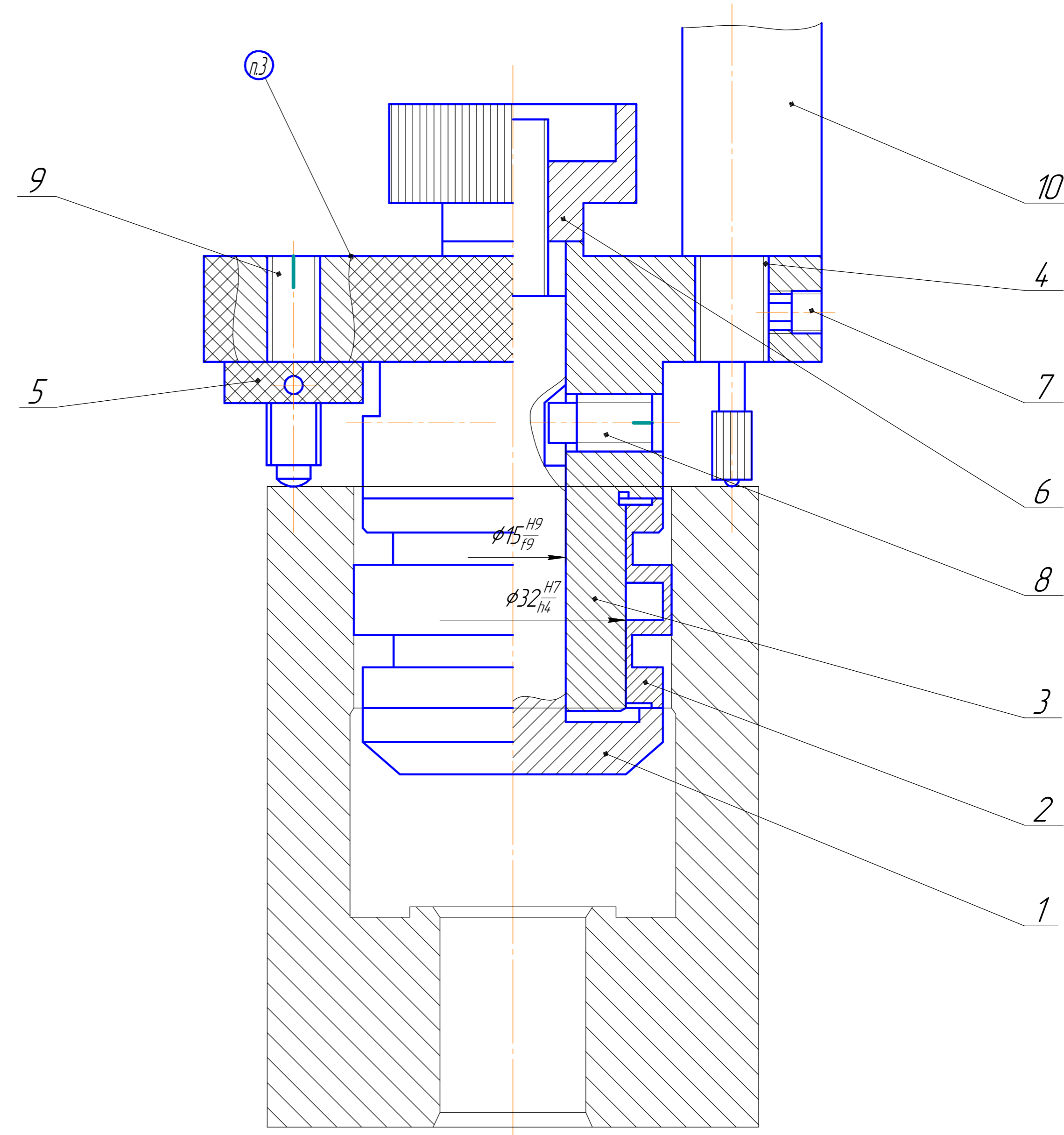
Перв. примен.
Справ. №

Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №

				МР.ПМК-34.7.03.00.000 СК			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристрій розточний	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Гринів				Н		1:1
Проб.	Копей				Лист	2	Листов
Т.контр.	Копей			ІФНТУНГ			
Н.контр.	Копей			ПМКМ-22-1			
Чтб.	Панчук			Копировал			Формат А2



A-A (2:1)



- 1. \*Розміри для довідок
- 2. Деталь придатна при різниці показів індикатора (поз.10) не більше 0,053 мм
- 3. Маркувати: МР.ПМК-34.7.04.00.000  
КИ 2534Ф1.24.009, Т0,03

				МР.ПМК-34.7.04.00.000 СК			
Взм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Гринів				Н		1:1
Проб.	Копей				Лист	Листов	1
Т.контр.	Копей				ІФНТУНГ ПМКМ-22-1		
Н.контр.	Копей				Формат А1		
Утв.	Ланчук				Копірован		

Лист № 1  
Стор. № 1  
Лист № 1  
Лист № 1  
Лист № 1

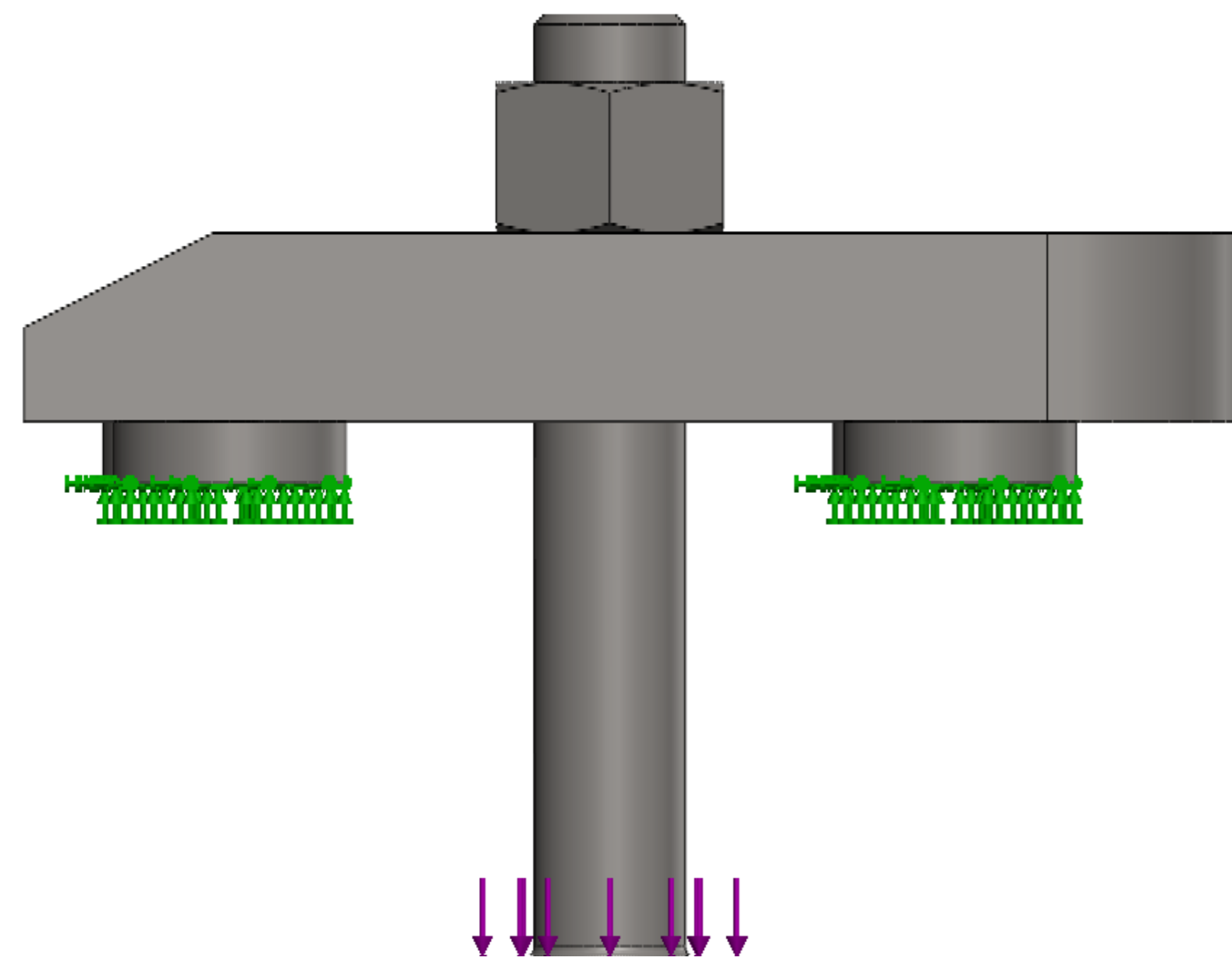


Рисунок 1 - Розрахункова схема

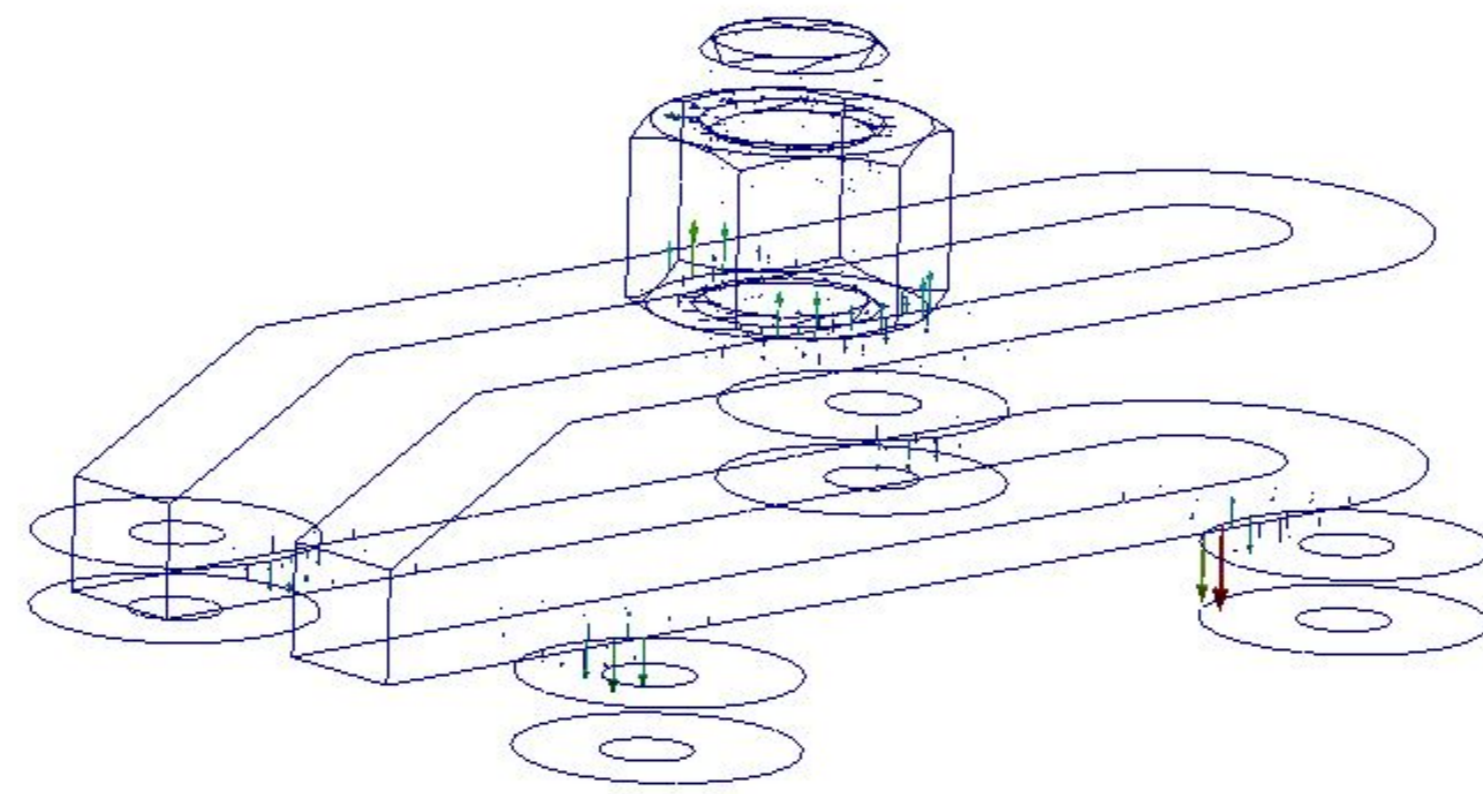
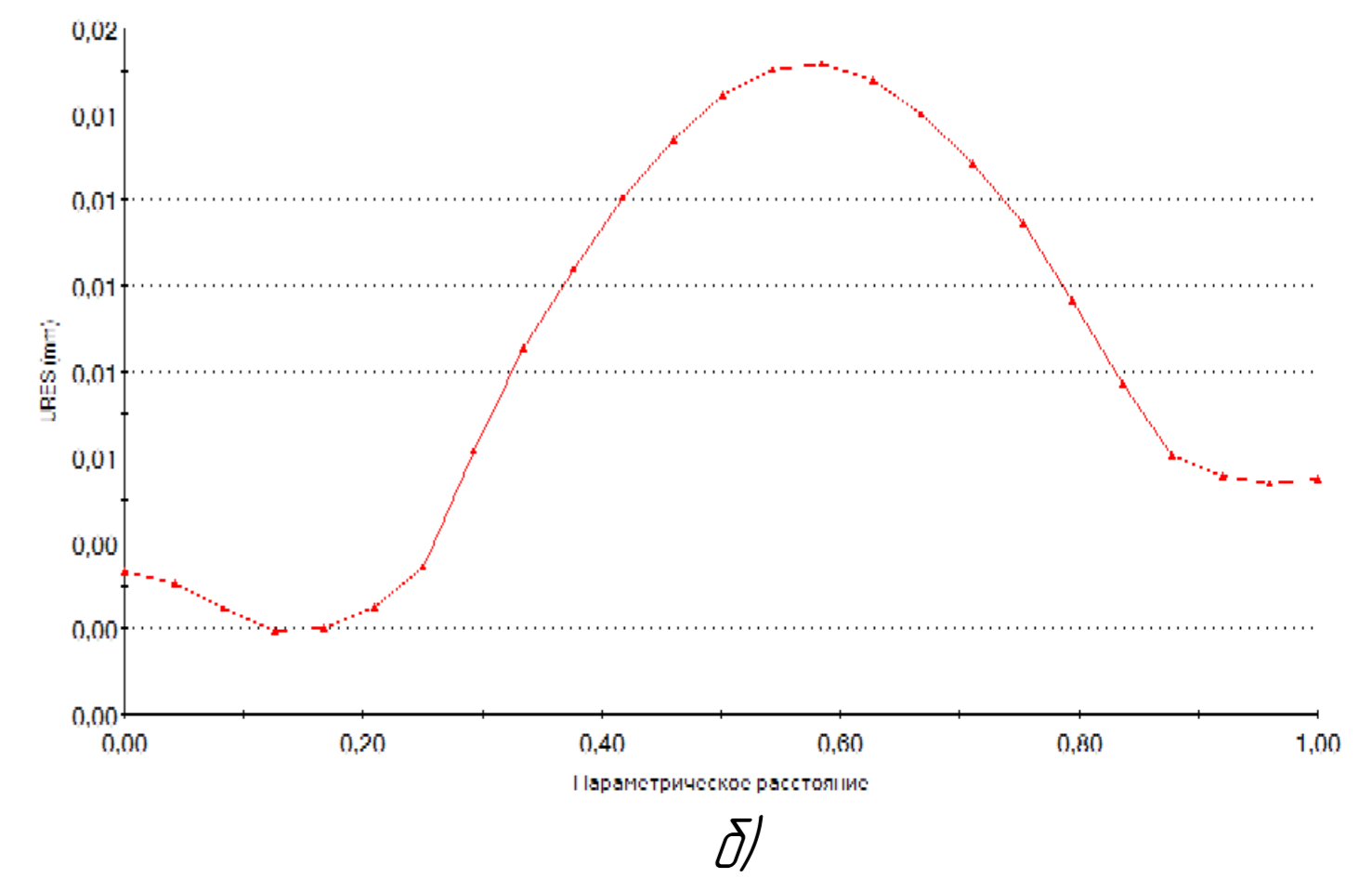
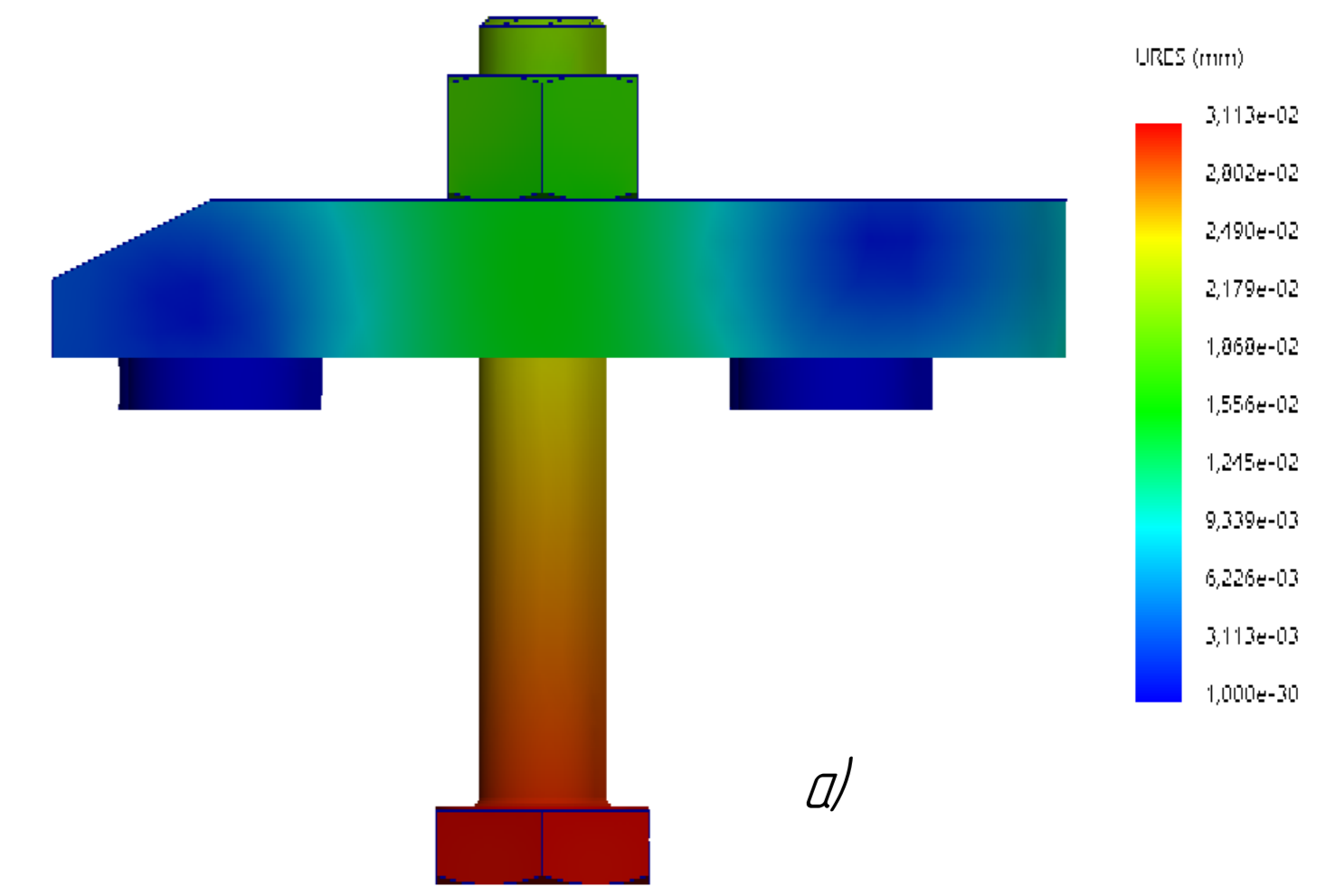
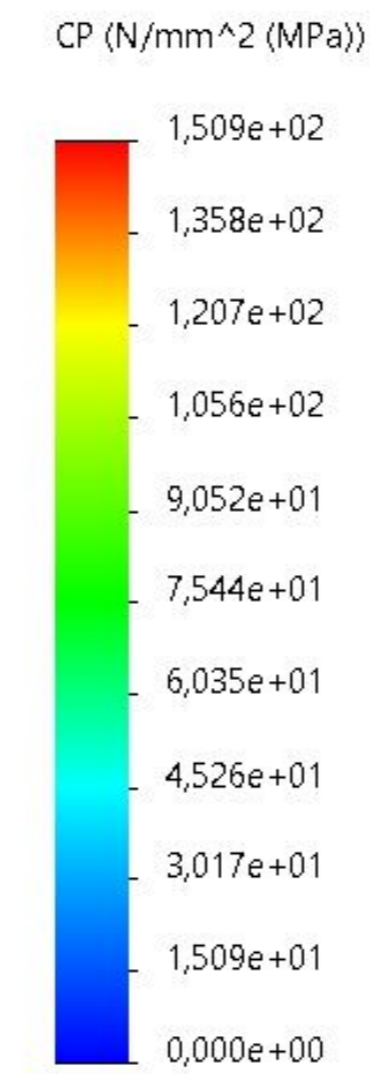


Рисунок 4 - Контактний тиск



а) - кромка на швелері; б) - графічні залежності  
Рисунок 7 - Розподіл еквівалентних напружень по кромці прижиму

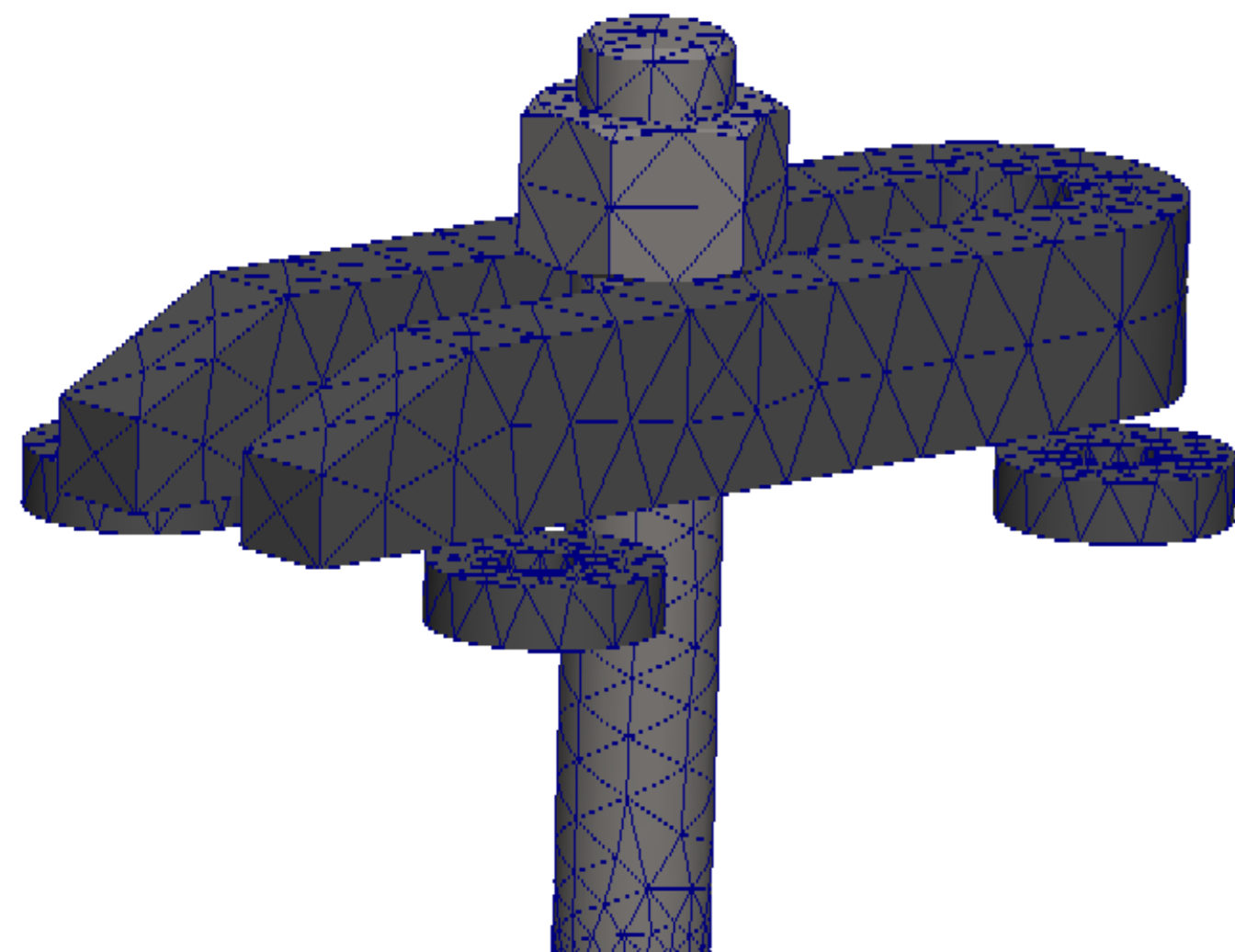


Рисунок 2 - Сітка скінченних елементів

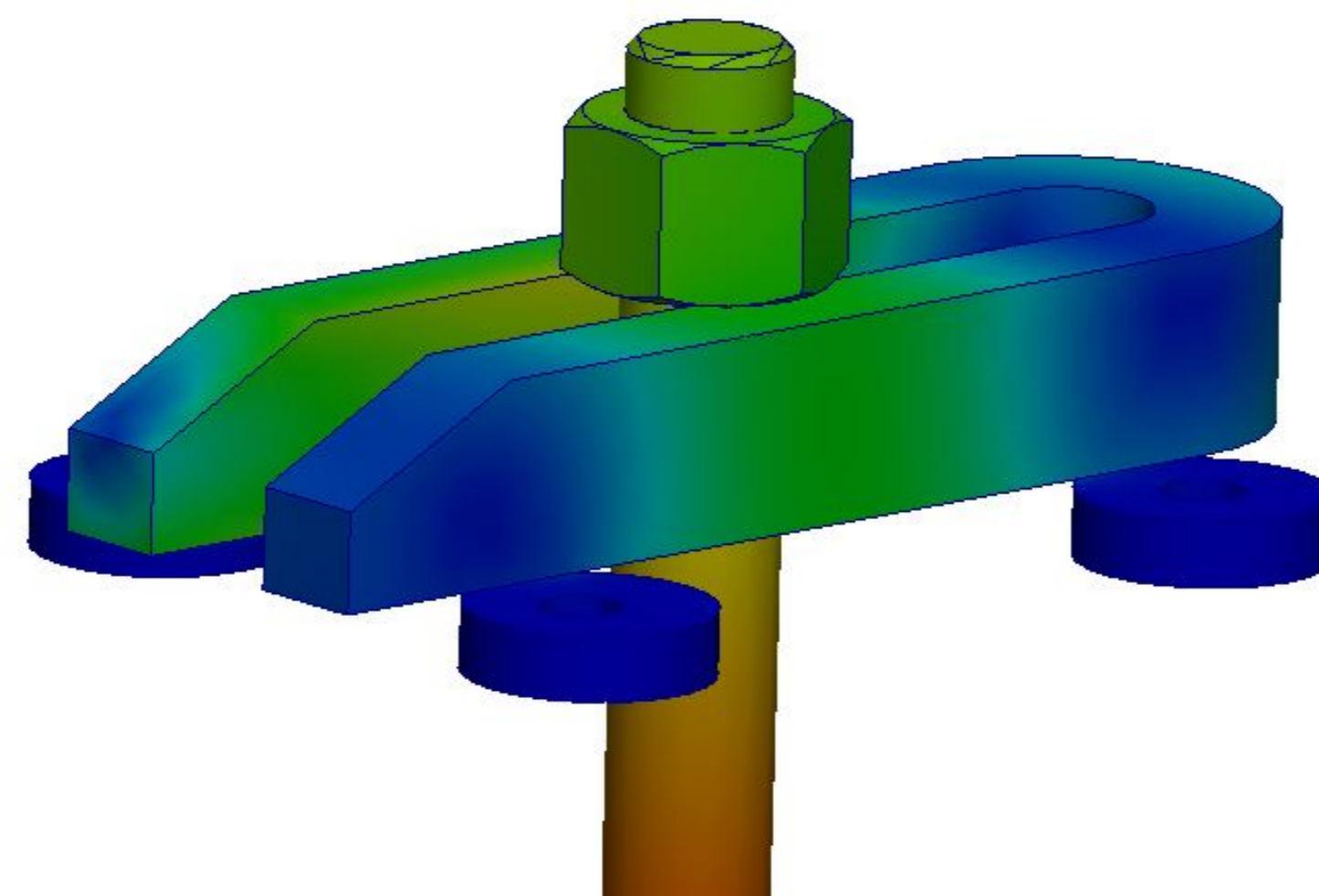


Рисунок 5 - Переміщення

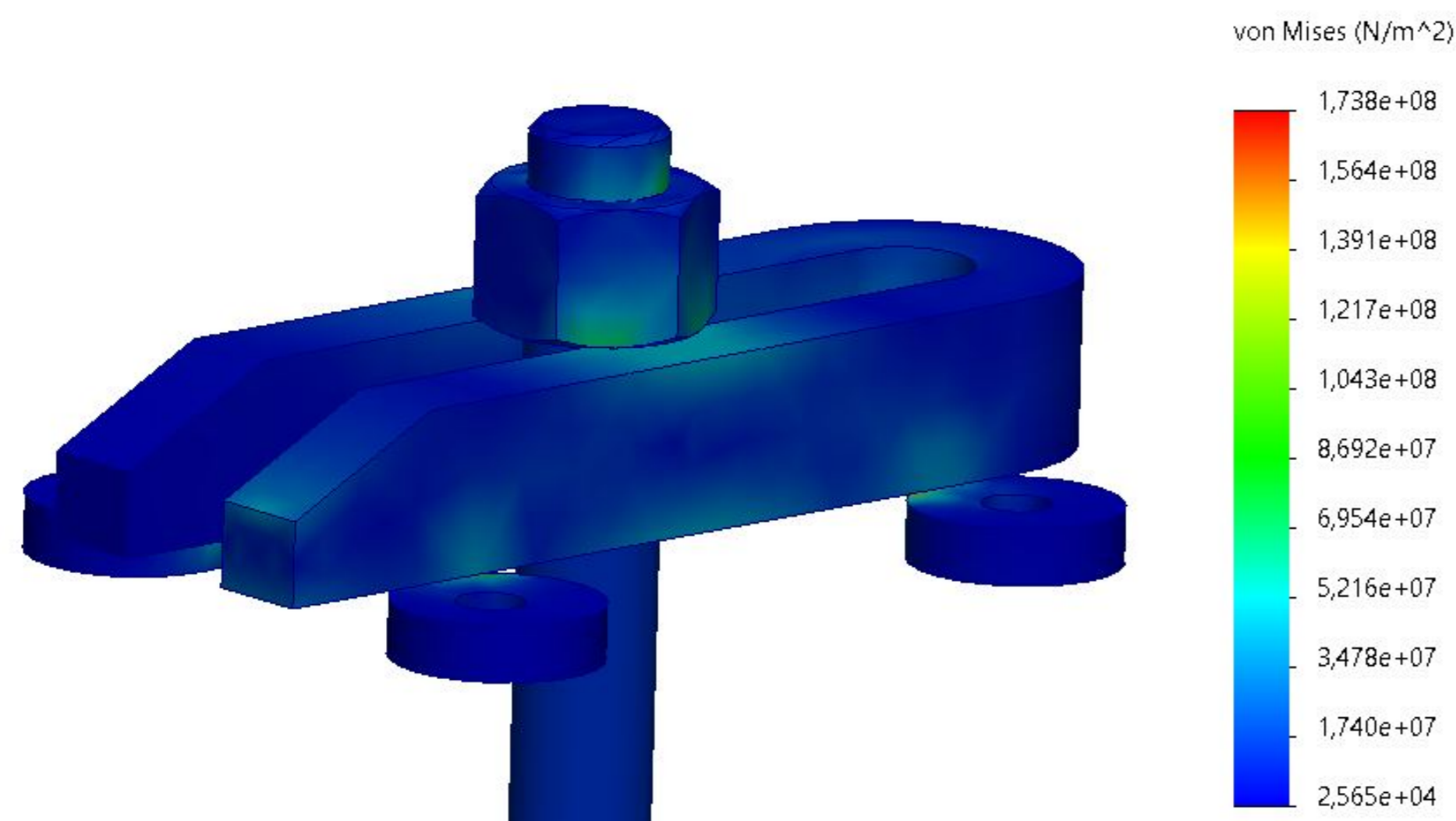
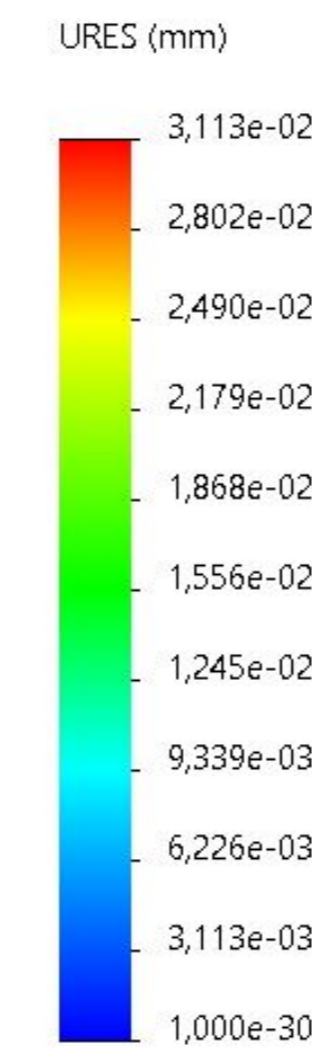


Рисунок 3 - Розподіл еквівалентних напружень

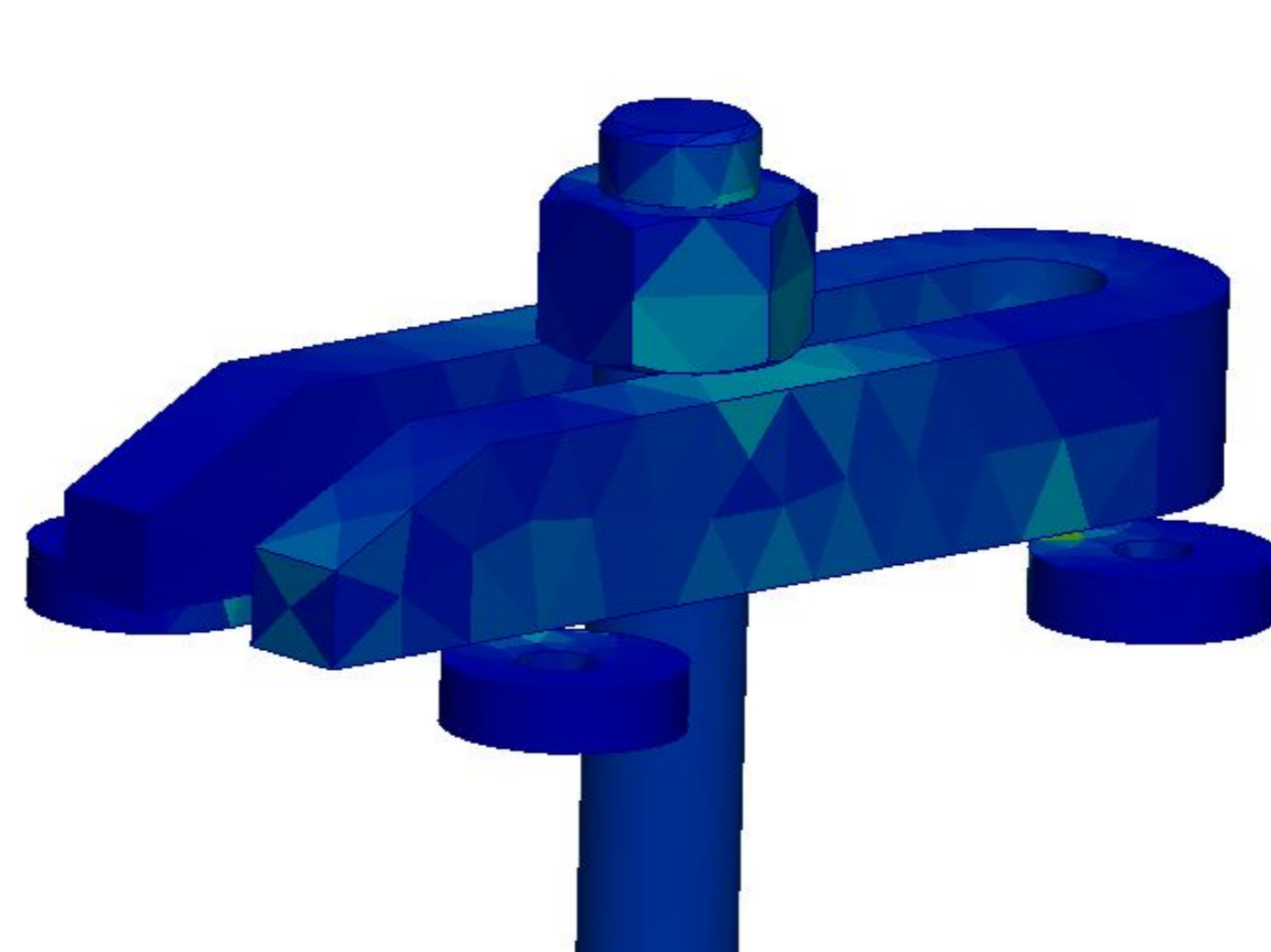
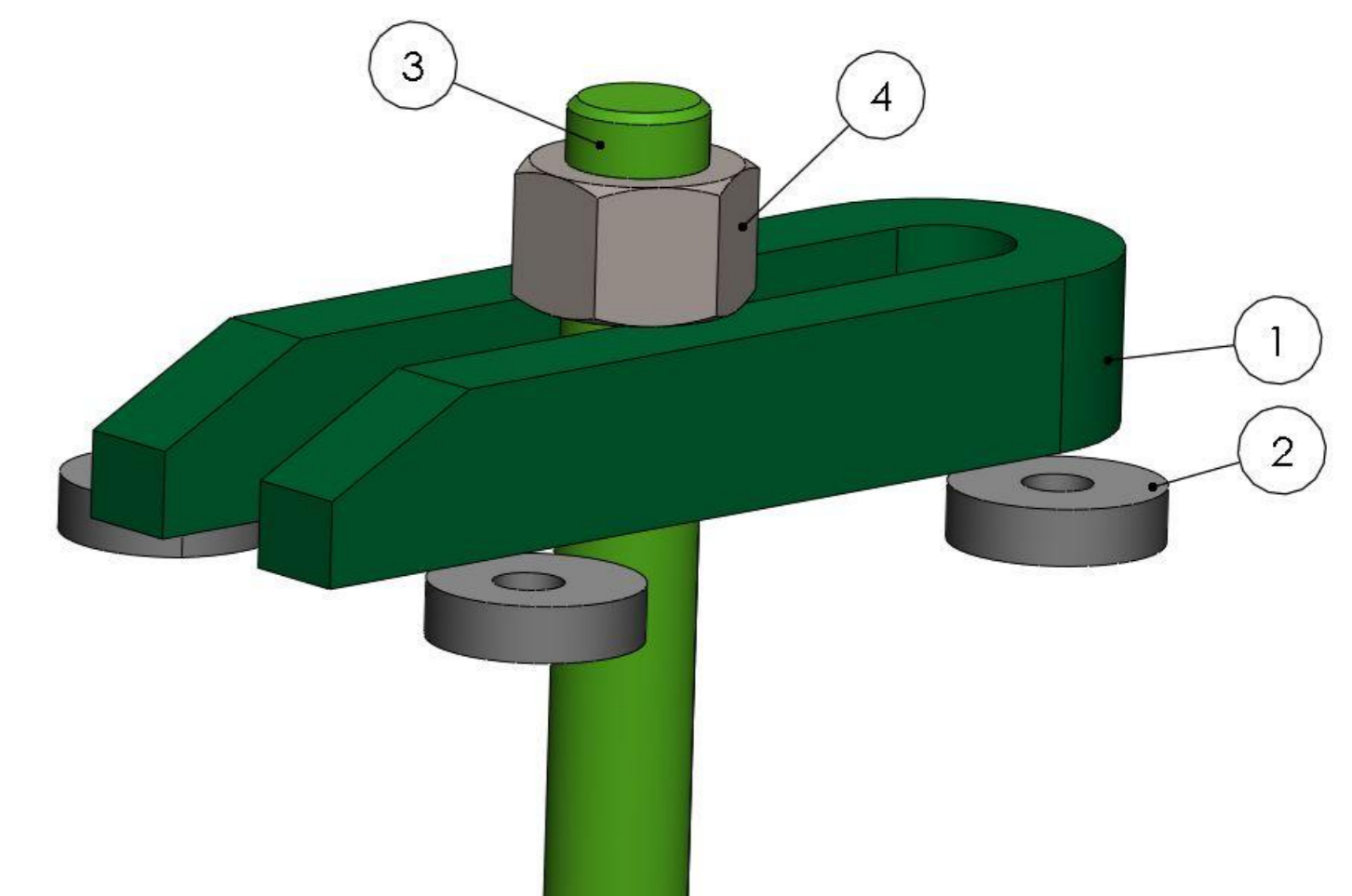


Рисунок 6 - Деформація



1 - притискач; 2 - втулки; 3 - шток; 4 - гайка  
Рисунок 8 - Модель притисного пристрою (у зборі)

				MP.ПМК-34.7.05.00.000 СХ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Имитационное исследование	Лит. Масса Масштаб
Разраб.	Гринь					1:1
Проб.	Копей				Лист	Листов 1
Т.контр.	Копей				ИФНТУНГ ПМК-22-1	
Исполн.	Копей					
Утв.	Панчук					

Лист 1 из 1  
Справ. №  
Лист 1 из 1  
Лист 1 из 1  
Лист 1 из 1

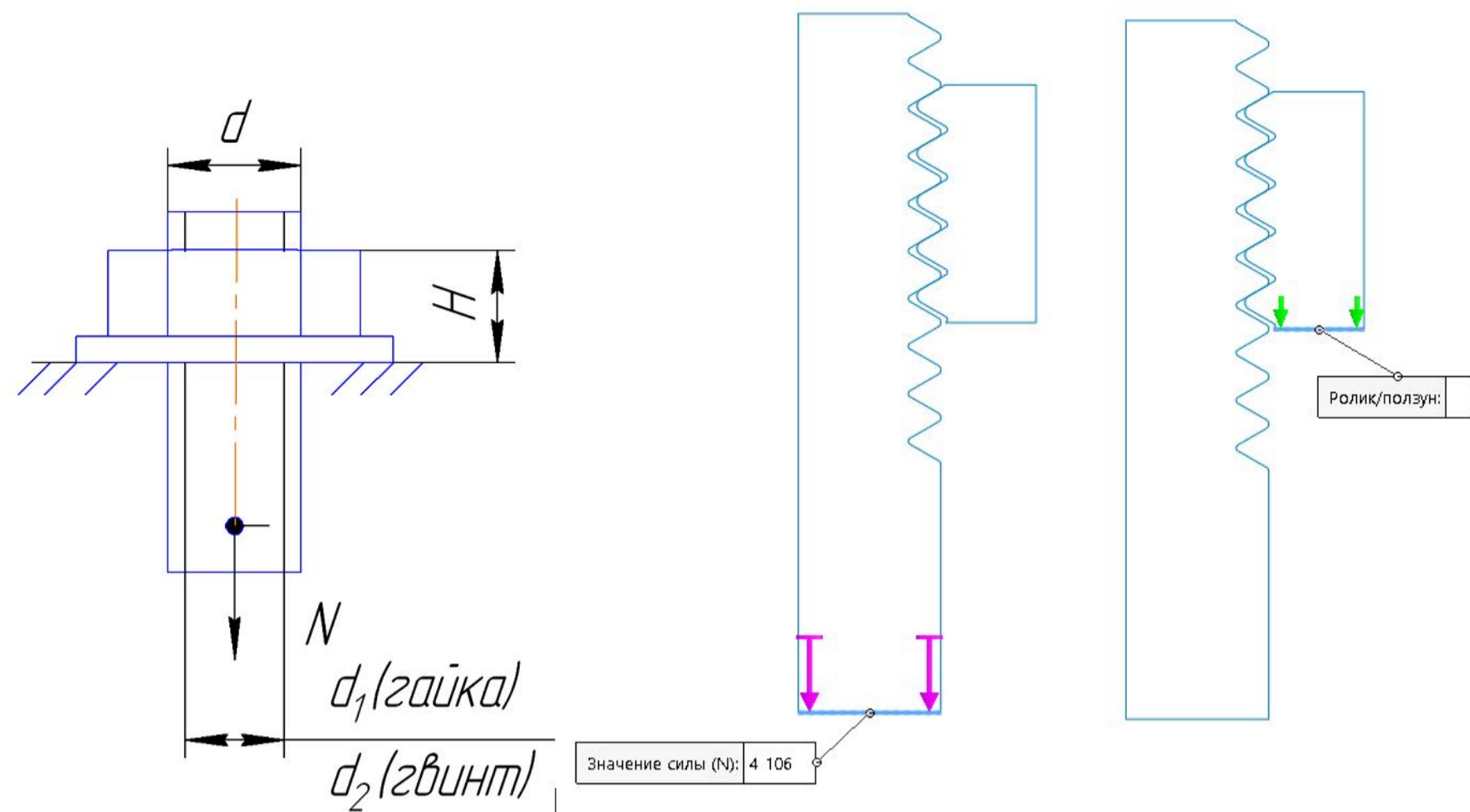


Рисунок 1 - Розрахункова схема

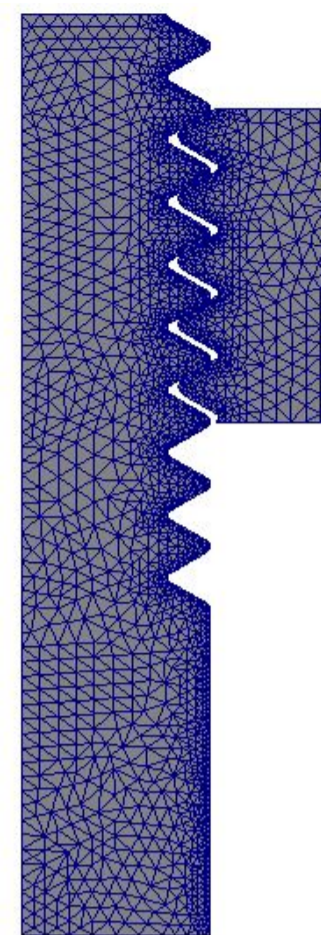


Рисунок 2 - Сітка скінченних елементів

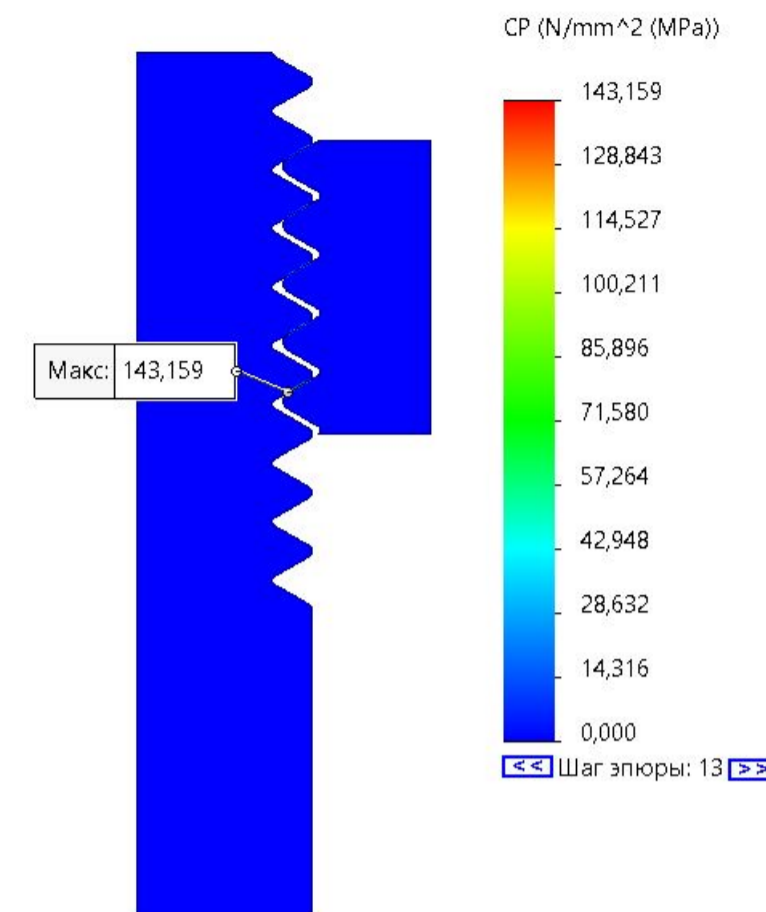


Рисунок 4 - Контактний тиск

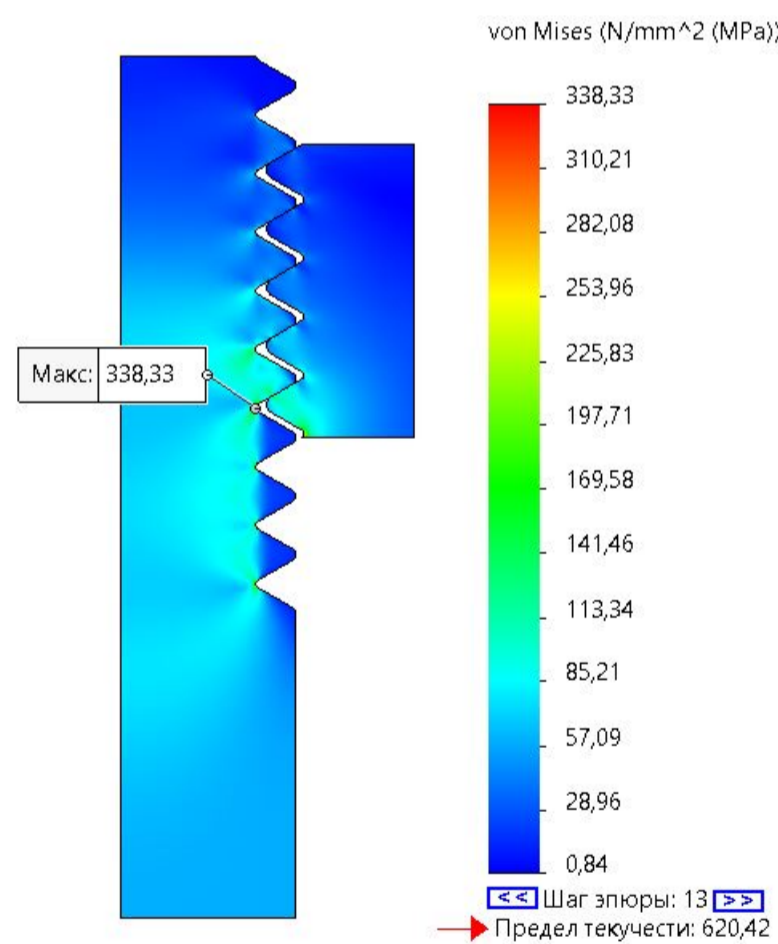


Рисунок 3 - Розподіл еквівалентних напружень

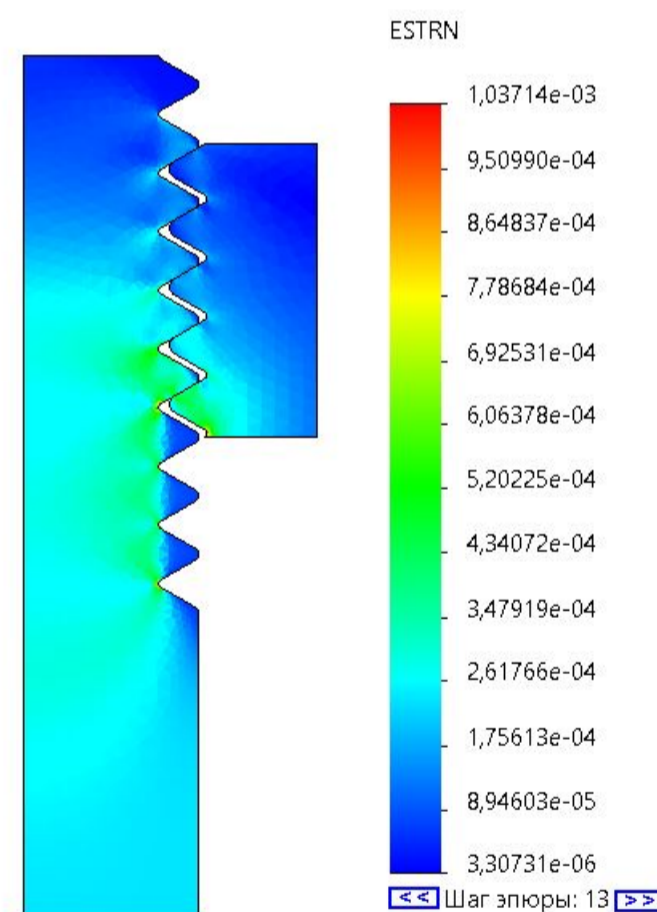


Рисунок 6 - Деформація

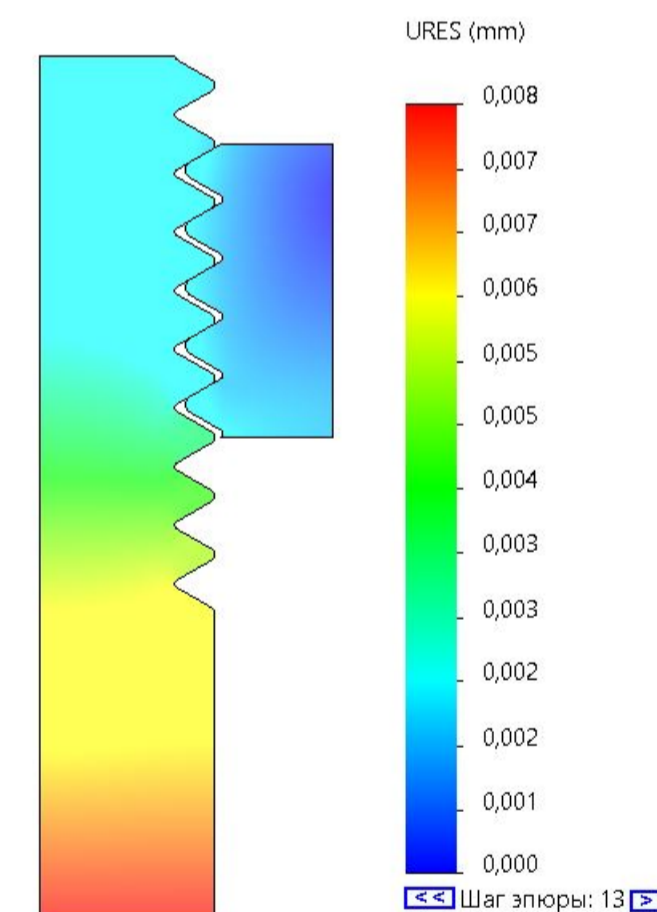


Рисунок 5 - Переміщення

				MP.ПМК-34.7.06.00.000 СХ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Имитационное исследование	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Гриньб			ризьбового зєднання	Н		1:1
Проб.		Копей				Лист	Листов	1
Т.контр.		Копей				ІФНТУНГ ПМКМ-22-1		
Н.контр.		Копей						
Утв.		Панчук						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.