

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Левицький Євген Мирославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА


Технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн КС-4574.25.011»
(назва роботи)

для умов середньосерійного типу виробництва

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

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)



Є.М. Левицький

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Врюкало Віктор Володимирович, к.т.н., доц.

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Проф.

(посада)

(підпис)

(дата)

В.Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процес виготовлення деталі “Кронштейн КС-4574.25.011” для умов середньосерійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 85 сторінок і містить: 18 рисунків, 19 таблиць, 20 посилання на літературу та додатки на 8 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “Кронштейн КС-4574.25.011”.

Мета роботи – розробити, на базі існуючого заводського технологічного процесу механічної обробки кронштейна КС-4574.25.011 покращений проектний, який дозволить здешевити собівартість виготовлення, досягнувши задану кресленням деталі якість та точність поверхонь деталі, а також розробити конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та підтвердити працездатність верстатного та оптимізувати конструкцію його притискних ланок за допомогою програмного продукту.

Згідно завдання в роботі проведений аналіз конструкції, призначення і функцій деталі у вузлі, аналіз заводського способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. По результатах аналізу та рекомендацій технічних літературних джерел, розроблено проектний технологічний маршрут механічної обробки кронштейна, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та норми часу. Для закріплення деталі на горизонтально-фрезерній операції (005) розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою з гідроприводом, працездатність котрого підтвердили розрахунки проведенні в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

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

Студент: Левицький Є.М.

SUMMARY

of the qualification master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing the part “Bracket KC-4574.25.011” for medium-sized batch production”.

The explanatory note consists of 85 pages and contains: 18 figures, 19 tables, 20 references to literature and appendices on 8 pages.

Graphic part: 7 sheets of A1 format.

Object of research - the process of machining.

The subject of research is the part “Bracket KC-4574.25.011”.

The purpose of the work is to develop, on the basis of the existing factory technological process of machining the bracket KC-4574.25.011, an improved design process that will reduce the cost of production, achieving the quality and accuracy of the part surfaces specified by the part drawing, as well as to develop the design of machine tools and control devices, and to confirm the operability of the machine tool and optimize the design of its clamping links using a product.

According to the assignment, the work analyzed the design, purpose and functions of the part in the assembly, analyzed the factory method of obtaining the workpiece and the machining route. Based on the results of the analysis and recommendations of technical literature sources, a design technological route for machining the bracket was developed, the optimal method of obtaining the workpiece was selected, and allowances, cutting modes, and time standards were calculated. For fixing the workpiece in the horizontal milling operation (005), a special machine tool device with a hydraulic drive was designed, the performance of which was confirmed by the calculations performed in the 2nd and 3rd sections of the explanatory note.

The results of the work can be used in the machine-building industry.

Keywords: *part, workpiece, operation, technological route, equipment, device, tool, cutting modes, cutting force.*

Student: Levytskyi Y.M.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Левинському Євгену Миралавовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі Кропштейн КС-4574.25.011 " для умов середньосерійного типу виробництва

керівник роботи Врюкало Віктор Володимирович, к.т.н. р.ч.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "22" листопада 2024 року № 780/7

2. Строк подання студентом роботи 05.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. креслення деталі 2. матеріали середньосерійної практики 3. тип виробництва – середньосерійний

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

1. Технологічна частина

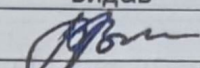
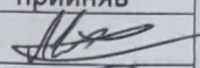
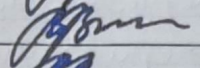
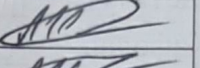
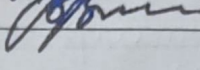
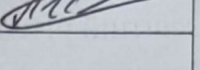
2. Конструкторська частина

3. Імітаційне моделювання роботи критичної ланки фрезерною шпінделлю за умови прораму

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

1. Карта налаштування – 1 формат А1. 2. Брауерний аналіз точності обробки – 1 формат А1. 3. Пристрій фрезерний – 2 арк. формат А1. 4. Пристрій контрастний – 1 арк. формат А1. 5. Імітаційне моделювання – 2 арк. формат А1

6. Консультанти розділів роботи

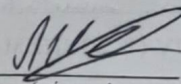
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Врюкало В.В. доц. катр. КМВ		
2.	Врюкало В.В. доц. катр. КМВ		
3.	Врюкало В.В. доц. катр. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25 листопада 2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

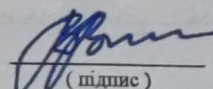
№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технологічна частина	29.11.2024р	
2.	Конструкторська частина	29.11.2024р	
3.	Імітаційне моделювання роботи критичної ланки фрезерного пристрою	02.12.2024р	
4.	Оформлення колекційної змінки та графічної частини магістерської роботи	04.12.2024р	

Студент


(підпис)

Мельничук С.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Врюкало В.В.
(прізвище та ініціали)

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 Техніко-економічне 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 налагодження та керуючої програми	
1.4.4 Аналіз точності обробки	
1.4.5 Нормування технологічного процесу	
2 Конструкторська частина	
2.1 Пристрій фрезерний	
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	

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Левицький				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Врюкало В.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Врюкало В.В.					ІФНТУНГ зр. ПМКм-23-1		
Затверд.	Панчук В.Г.							

2.2 Пристрій контрольний	
2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристроїв	
3 Імітаційне дослідження роботи притискної ланки фрезерного пристрою	
Висновки	
Список використаних джерел	
Додатки	

					<i>МР.ПМК-633.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

З метою забезпечення розвитку будівельної індустрії та транспортних перевезень новим рухомим вантажо-підіймальним обладнанням, підприємства-виробники цього обладнання здійснюють постійну модернізацію як самої продукції так і процесу виробництва.

Метою магістерської роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки однієї з деталей автомобільного крану моделі КС-4574 в умовах середньо-серійного виробництва.

Поставленої мети досягається застосуванням економнішого способу отримання заготовки, верстатів з ЧПК для концентрації операцій і забезпечення стабільності якості деталей, пристроїв з механізованим приводом та різального інструменту, що забезпечує застосування прогресивних режимів різання у відповідності з високими можливостями застосованого обладнання.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі

1.1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Ескіз деталі «кронштейн КС-4574.25.011» із нумерацією поверхонь, що необхідно обробити, наведений на рисунках 1.1 та 1.2. Він виконаний на підставі робочого креслення КС-4574.25.011 (з літерою “О₁”) з врахуванням сучасних змін до позначення шорсткості обробки, технічних вимог до виробу та довідникових вимог до відповідальних поверхонь.

Кронштейн входить до складу допоміжної лебідки КС-4574.25.000 і призначений для фіксації положення розміщеного та закріпленого в ньому підшипника з привідним валом.

Найбільш точною та відповідальною поверхнею деталі є пов. 8 - Ø110Н9, шорсткістю Ra 1,6мкм, та поверхонь 3 і 4, шорсткістю Ra 3,2 мкм та допуском розміщення відносно осі пов. Б – 0,06 мм.

Габаритні розміри деталі: 236мм × 88мм × 250мм, маса - $M_d = 8$ кг.

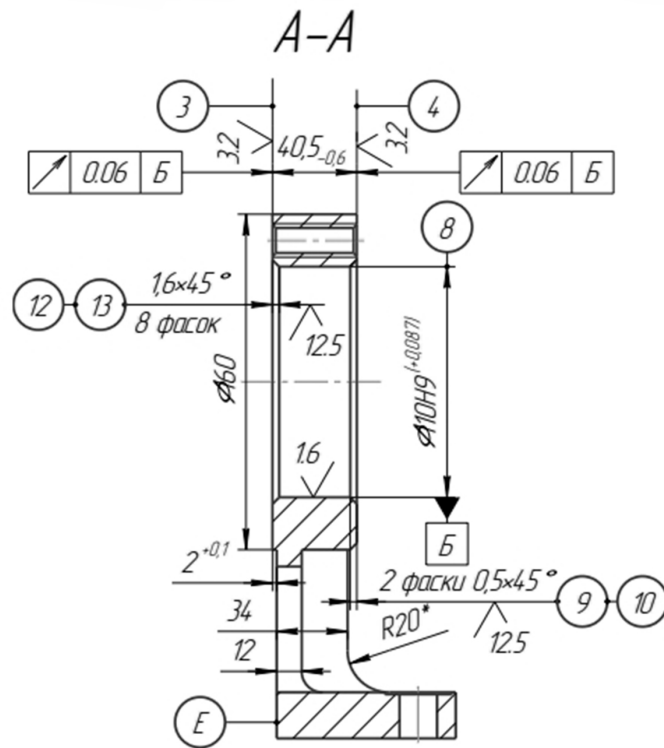
Заготовка деталі: вилівок із сталі 25Л-1ГОСТ 977-88.

Опис конструкції деталі приведений в таблиці 1.1.

ГОСТ 977-88 в даний момент втратив чинність, і сталь 25Л-1 виготовляють за ДСТУ 8781:2018.

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

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1. Матеріал: сталь 25ЛІ-І ДСТУ 8781:2018.
2. Н14; h14; $\pm t/2$.
3. Заготовка: виливок точності 10-0-010 ДСТУ 8981:2020. Вимоги до заготовки та невказані розміри у відповідності до креслення деталі КС-4574.25.011.
4. Решта технічних вимог за кресленням КС-4574.25.011.
5. Маса 8 кг.

Рисунок 1.2 – Переріз А – А по рис.1.1 та технічні вимоги до деталі кронштейн КС-4574.25.011.

Таблиця 1.1- Вимоги до точності та якості поверхонь деталі.

№ Поверхні	Поверхня, конфігурація, призначення	Розміри, мм	Квалітет точності, мм	Ступінь точності форми I розміщення, мм	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1-(2)	Площина. Допоміжна. Для встановлення на спряжену деталь. Допоміжна технологічна база.	170	$\pm 0,5$	-	6,3
3-4	Торці циліндричної частини деталі. Допоміжні. для встановлення кришок.	40,5	-0,6	Допуск торцьового биття відносно осі пов. Б-0,06 мм	3,2
5	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна. Для розміщення стержневої частини болта.	$\varnothing 18$	+0,7		12,5
6	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна.	$\varnothing 32$	+1		12,5

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6
7-(Г)	Площина. Допоміжна. Для розміщення шайби.	1	+0,8		6,3
8	Внутрішня циліндрична поверхня. Основна конструкторська база "Б". Для розміщення підшипника.	Ø110	H9 (^{+0,087})		1,6
9,10	Фаска. Вільна. Для покращення умов складання.	0,5×45°	$\pm \frac{t2}{2}$ (±0,1×±1°)		12,5
11	Внутрішня різьбова поверхня. Допоміжна. Для розміщення різьбової частини гвинтів.	M8	6H		3,2
12,13	Фаска. Вільна. Для усунення гострих кутів.	1,6×45°	$\pm \frac{t2}{2}$ (±0,2×±1°)		12,5
1-(Г)	Площина. Допоміжна.	22	-1		6,3

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 25Л-I ДСТУ 8781:2018.

Вміст елементів в %				
Вуглець, С	Кремній, Si	Марганець, Mn	Сірка, S	Фосфор, P
			не більше	
0.22-0.30	0.20-052	0.45-0.90	0.045	0.040

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 25Л-I ДСТУ 8781:2018.

Межа міцності σ_B , МПа	Межа текучості σ_T , МПа	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження, Ψ , %	Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ²	Твердість НВ
441	235	19	30	392	187

1.1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.

Матеріал заготовки деталі Кронштейн КС-4574.25.011 відноситься до третьої групи ливарних матеріалів за ГОСТ 26645–85 і має задовільні ливарні властивості. Заготовку корпусу можна отримати різними способами лиття:

- у піщано-глинисті форми за дерев'яними, металевими чи пластмасовими моделями при ручній чи машинній формовці;
- у металеві форми з різними варіантами стрижнів;
- в оболонкові форми;
- за виплавленими моделями.

Якщо не звертати уваги на обов'язковість литої заготовки, то заготовку такої або близької конфігурації можна отримати гарячим штампуванням на

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP.ПМК-633.00.000 ПЗ					

кривошипних, гідравлічних чи дугостаторних пресах або штампувальних молотах. Крім цього, заготовку кронштейна можна отримати зварюванням з окремих, попередньо оброблених, елементів.

Найдешевшим методом отримання заготовки для розрахованої річної програми є виліток у металеві форми.

Висновок: за можливістю отримання заготовки корпус технологічний.

Деталь за формою є комбінацією кільця, зв'язаного з плитою основи симетричним стояком з прямокутним отвором по вертикальній осі симетрії. Тому обробку поверхонь можна виконувати на різних групах верстатів:

- поверхні що розташовані по осі пов." Б " - 3, 4, 8, 9, 10 - на верстатах токарної групи,
- площини 1, а також 3 і 4, - на верстатах фрезерної групи;
- отвори, пов. 5, 11, 6, 7, а також фаски 12 і 13, - на верстатах свердлильної групи;
- крім цього, всі поверхні можна обробляти на багатоцільових верстатах. Для обробки деталі достатньо верстатів нормальної точності. Обробку деталі необхідно здійснювати з застосуванням спеціальних пристроїв не складної конструкції.

Отже, за можливістю обробки на металорізальних верстатах, деталь технологічна.

Всі оброблювані поверхні, крім 6, 7 та фасок, що є функціональними, відкриті і їх можна оброблювати напрохід .

Різьбові отвори 11 є глухими і при їх обробці потрібно використовувати запобіжні патрони для мітчиків чи різьбонарізних головок; заміна глухих отворів наскрізними неможлива.

До всіх поверхонь є вільний доступ різального та вимірного інструменту.

Конструкція корпусу жорстка і дозволяє застосувати прогресивні режими різання.

Віддаль між отворами достатня для застосування для їх обробки багатошпиндельного обладнання.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За першу, чорнову базу, доцільно прийняти необроблену пов. 3 або 4 з допоміжною базою 8, на котрій обробити першу чистову базу 1, а разом з нею – за другу чистову базу прийняти, разом з пов. 1, отвори 5, 5'; виконані з вищою точністю, що дозволить виконати повну обробку деталі з одного установа, крім різьбових поверхонь, що легше і дешевше обробити на свердлильних чи різьбонарізних верстатах.

З метою зменшення кількості оброблюваних поверхонь(фаска 10, а також фаска з протилежного боку по краях пов.3, де, на наш погляд, також не допустимі гострі краї), в заготовці по діаметру 160мм на пересіченнях з пов. 3 і 4 потрібно передбачити достатні радіуси, щоб після обробки поверхонь 3 і 4 не утворювались гострі кути, або переходи з тупим кутом.

На кресленні деталі достатньо розмірної інформації для її виготовлення, але потрібно виключити зірочку з позначень біля наступних розмірів: $18^{+0.7}$; 50 ± 0.5 ; 170 ± 0.5 ; та 200 ± 0.6 , що не відповідає змісту.

Заготовка спроектована раціонально з відсутністю оброблюваних поверхонь, котрі можна не обробляти.

Коефіцієнт оброблюваності сталі 25Л-1: $K_{v_m} = 1,1$ ([18], табл. 1, с. 21), в порівнянні з еталоном – сталь 45 (HB197, $\sigma_B = 650$ МПа).

Висновок:

1. За всіма параметрами деталь кронштейн КС-4574.25.011 технологічна.
2. Для виготовлення деталі потрібно застосувати спеціальні пристрої середньої складності.
3. Доцільно обробити 2 отвори $\varnothing 18$ мм до розмірів за 9 квалітетом точності для застосування як допоміжні технологічні бази.

					<i>MP.ПМК-633.00.000 ПЗ</i>	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 1.4.

Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій.

№ операції	Назва операції	Модель верстату	T _{шт} , хв
015	Вертикально-фрезерна	6550	3.70
035	Вертикально-фрезерна	6550	3.20
065	Радіально-свердлильна	2М55	3.05
070	Радіально-свердлильна	2М55	2.50
100	Токарно-карусельна	1512	15.90
120	Радіально-свердлильна	2М55	8.45
Разом			36.80

Число операцій $n=6$; сумарний штучний час $\sum T_{ум} = 36.80$ хв. Середній штучний час:

$$T_{ум.сер} = \frac{\sum T_{ум}}{n} = \frac{36.8}{6} = 6.133 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_g = k_3 \cdot T_{ум.сер},$$

де k_3 – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$$10 < k_3 < 20. \text{ Приймаємо } k_3 = 18, \text{ тоді:}$$

$$t_g = 18 \cdot 6.33 = 110.4 \text{ хв.}$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_d \cdot 60}{t_g} = \frac{3900 \cdot 60}{110.4} = 2120 \text{ шт,}$$

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

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_{\partial} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{2120 \cdot 12}{251} = 101 \text{ шт.},$$

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

F – кількість робочих днів у році, $F = 251$ днів.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{ум.сер}} \cdot n_{\partial}}{480 \cdot 0,8} = \frac{6.133 \cdot 101}{480 \cdot 0,8} = 1.6 \text{ змін.},$$

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

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у

дрібносерійному виробництві.

Прийнята кількість змін $C_{np} = 2$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_{\partial} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{ум.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{6.133} = 125.2 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_{\partial} = 120$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

Число запусків $i = \frac{N}{n_{\partial}} = \frac{2120}{120} = 17.67$.

Приймаємо $i = 18$; $N = i \cdot n_{\partial} = 18 \cdot 120 = 2160$ шт.

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Базова заготовка за кресленням – виливок у піщані форми із сталі 25Л – І ДСТУ 8781:2018; точність за ГОСТ 26645–85:

- клас точності розмірів і мас – 10;
- ряд припусків – не регламентований;
- ступінь короблення – не регламентований.

Спосіб отримання заготовки – литво у піщані форми.

В зв'язку з відсутністю даних про масу базової заготовки, визначаємо її як суму маси деталі та маси припуску на обробку, скориставшись даними базового техпроцесу.

Маса базової заготовки $M_{з.б.} = M_d + M_{пр.б.}$, кг.

Маса деталі $M_d = 8$ кг.

Маса припуску $M_{пр.б.} = \rho \cdot V_{пр.б.}$, кг,

де $\rho = 7.8 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³ - густина матеріалу заготовки;

Об'єм припуску:

$V_{пр.б.} = V_1 + V_3 + V_4 + 3 V_5 + 3 V_{6-7} + V_8 + 4 V_{11}$, мм³;

$V_{пр.б.} = [(40 \times 86) + 2(39 \times 18) + (39 \times 30)]5 + \pi/4(160^2 - 102^2)5 + \pi/4(160^2 - 102^2)3 + 3 \times \pi/4 \times 18^2 \times (22 - 1) + 3 \times \pi/4 \times 32^2 \times 1 + \pi/4(110^2 - 102^2)40.5 + 4 \times \pi/4 \times 7.2^2 \times 40.5 = 30070 + 59675 + 35805 + 5344 + 2413 + 53947 + 6596 = 17949 + 14353 = 193850$ мм³.

$M_{пр.б.} = 7,8 \cdot 10^{-6} \cdot 193850 = 1.512$ кг.

$M_{з.б.} = 8 + 1.512 = 9.512$ кг.

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{вм.б.} = \frac{M_d}{M_{з.б.}} = \frac{8}{9.512} = 0.84.$$

За альтернативну заготовку приймаємо виливок у металеві форми (кокіль):

У відповідності за даним типом виробництва визначаємо точність заготовки за ГОСТ 26645-85.

Діапазон класів точності (табл. 9, с. 32, ГОСТ 26645-85):

$K_M = 8, K_B = 14;$

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діапазон рядів припусків ([7], табл.4.5, с.47):

$$P_M=2, P_6=4;$$

- ступінь складності $C_1 = 2$, - середньої складності;
- коефіцієнт серійності $C_2 = 2$, - середньо – серійне виробництво;
- ваговий коефіцієнт $C = C_1 + C_2 = 2+2=4$;
- Клас точності виливка:

$$K_B=K_M+C \frac{K_6 - K_M}{8} = 8+4(14-8)/8=11, \text{ що відповідає 8 кл. точності}$$

- Ряд припусків виливка:

$$P_B=P_M+C \frac{P_6 - P_M}{8} = 2+4(4-2)/8=3.$$

Граничне відхилення елементів виливка по площині рознімання:

$$\rho_{в.зм}=\pm 0.6 \text{ мм ([7], табл. 4.11, с.63).}$$

Ступінь короблення та граничні відхилення короблення елементів виливка при

$$L_{\min}/L_{\max}=86/250=0.344>0.2, C_{\text{кор}}=5; \rho_{в.кор}=0.24 \text{ мм ([7], табл. 4.12, с.63).}$$

Коректування класу точності поверхонь виконується за додатками до таблиці 2 ([4], с.582).

Масу альтернативного виливка визначаємо аналогічно базовому.

$$M_{з.пр.}=M_d+M_{пр.пр}, \text{ кг.}$$

$$V_{пр.пр}=2/5V'_1+2V_{3-4}+V'_8+(3V_5+3V_{6-7}+4V_{11}), \text{ мм}^3;$$

$$V_{пр.пр}=2/5(30070)+\pi/4(160^2-105^2)\times 2\times 1.75+\pi/4(110^2-105^2)\times 40.5+14353=$$
$$=12028+40065+34194+14353=100640 \text{ мм}^3.$$

$$M_{пр.пр} = 7,8 \cdot 10^{-6} \cdot 100640 = 0.785 \text{ кг.}$$

$$M_{з.пр} = 8 + 0.785 = 8.785 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{вм.пр.} = \frac{M_d}{M_{з.пр.}} = \frac{8}{8.785} = 0.91.$$

Цехова вартість виливка:

$$Ц_B=Ц_1*M_3-(M_3-M_d)*Ц_{відх.1}, \text{ грн.};$$

$$\text{Ціна 1 кг відходів } Ц_{відх.1}=2.4 \text{ грн.};$$

Цехова вартість 1 кг лиття:

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в піщані форми $C_{16}=31.4$ грн;
 - в металеві форми $C_{1пр} = C_{16} * K_1 * K_2 = 31.4 * 1.25 * 0.75 = 29.44$ грн,
 де коефіцієнт за точність виливка $K_1=1.25$, коефіцієнт вартості кокільного лиття $K_2=0.75$ ([7], с.39).

$$C_{в.б} = 31.4 * 9.5 - (9.5 - 8) * 2.4 = 294,72 \text{ грн};$$

$$C_{в.пр} = 29.44 * 8.8 - (8.8 - 8) * 2.4 = 257,16 \text{ грн};$$

За меншою вартістю та вищим $K_{вм}$ (менші припуски – менша трудомісткість мехобробки) до подальшої розробки приймаємо альтернативний виливок.

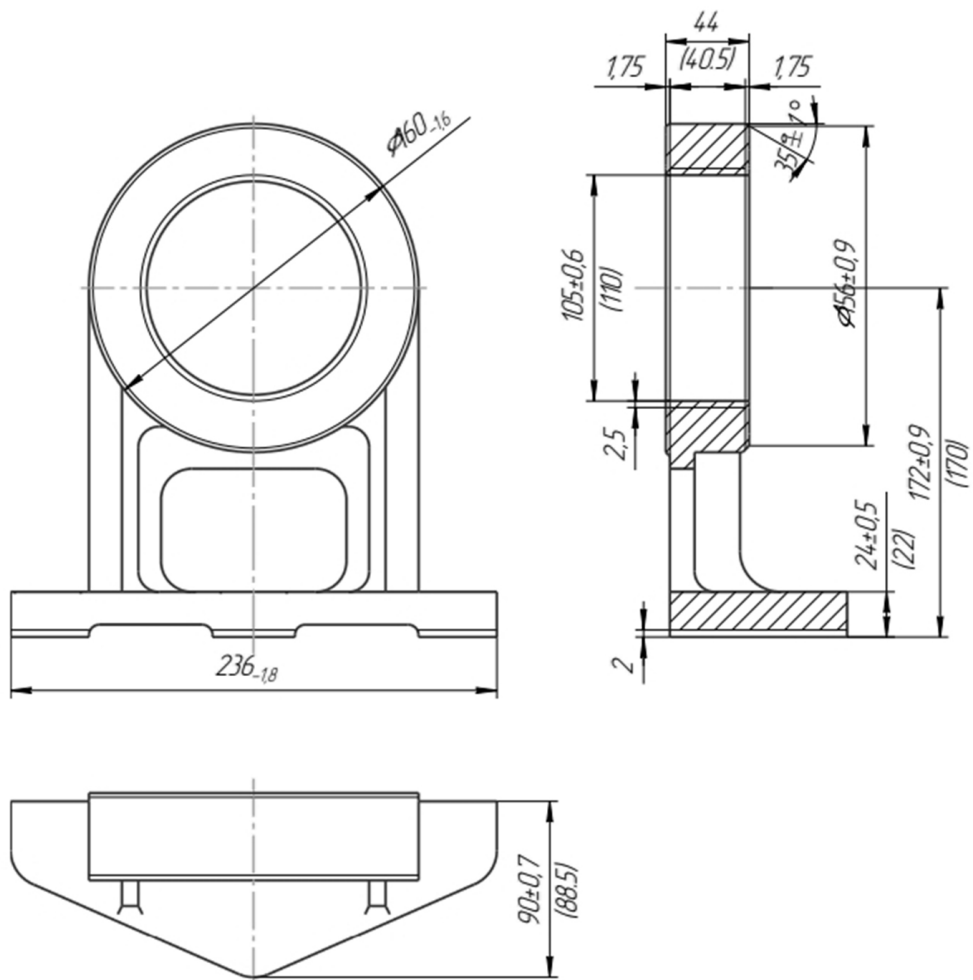
Розрахунок розмірів виливка приведено в таблиці 1.5; ескіз заготовки на рисунку 1.3.

Таблиця 1.5 – Розрахунок розмірів заготовки

№ п.п	Назва параметрів	№ поверхонь, розміри			
		1-(2), Н	1-(Г), h	3 – 4, L	8, D
Деталь					
1	Розмір, мм	170±0.5	22 _{0.1}	40.5 _{0.6}	110
2	Квалітет	IT14	IT15	IT14	H9
Заготовка					
3	Клас точності	8	8	8	7
4	Допуск T, мм	1.8	1.0	1.1	1.2
5	Відхилення, мм	±0.9	±0.5	±0.55	±0.6
6	Позначення припуску	Z ₁	Z ₂	2Z ₃	2Z ₄
7	Основний припуск, мм	2.4	1.4	2*1.6	2*2.4
8	Додатковий припуск, мм*	-	0.4	2*0.2	-
9	Загальний припуск, мм	2.4	1.8	2*1.8	2*2.4
10	Розрахунковий розмір, мм	172.4	24.4	44.1	105.2
11	Виконавчий розмір заготовки з відхиленням, мм	172±0.9	24±0.5	2*1.75	2*2.5
12	Остаточний припуск, мм	2.0	2.0	2*1.75	2*2.5

Примітка: додатковий припуск призначався при перевищенні короблення елементів виливка або зміщення по поверхні рознімання половини допуску на розмір виливка.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1. Матеріал: сталь 25Л-І ГОСТ 977-88;
2. 124...187 НВ;
3. Точність вилівка: 8 – 5 – 3 – 8 ГОСТ 26645-85;
4. Зміщення по поверхні рознімання не більше 0.6 мм;
5. Короблення не більше 0.24 мм;
6. Решта технічних вимог за ГОСТ 26645-85;
7. Маса вилівка 8.8 кг.

Рисунок 1.3 – Ескіз проєктного вилівка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-633.00.000 ПЗ

Арк.

1.3.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

Технології обробки за базовим технологічним процесом приведені в табл. 1.6.

Інші можливі варіанти обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх розміщення – в табл. 1.7.

Маршрут технологічної обробки деталі і зміст операцій (базовий технологічний процес) – в табл. 1.8.

Базовий техпроцес спроектований під одиничне з елементами дрібносерійного виробництва і, крім однієї операції, виконується виключно без застосування спеціальних пристроїв. Заготовки встановлюють на столі верстата і закріплюються при допомозі заводського комплекту технологічних кріпильних деталей, куди крім болтів, гайок та шайб входять опори, упори, притискачі. Перед остаточним закріпленням заготовки її виставляють при допомозі індикаторних вимірних пристроїв чи інструментів відносно осі шпинделя та напрямку руху верстату.

Таблиця 1.6 – Технології обробки поверхонь за базовим технологічним процесом

№ пов.	Перехід механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз, №	Параметр точності взаємного розташування поверхонь, який при цьому забезпечується
1	Фрезерування одноразове	Вертикально-фрезерний 6550, пристрій спеціальний.	Е,Г,3	
3	Фрезерування чорнове і чистове	.Також	1,4,В	опуск торцьового биття відносно осі поверхні Б-0.06 мм
4	Точіння чорнове і чистове	Токарно-карусельний 1512, пристрій спец.	1,3 2отв.5	
8	Розточування чорнове, чистове і тонке			
9	Розточування			

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.6.

5	Свердління	Радіально-свердлильний 2М55, кондуктор	Г,Е,2	
6-7	Цекування	Радіально-свердлильний 2М55, набір технологічних кріпильних деталей	1,Е,5	
11	Свердління, нарізання різьби	Радіально-свердлильний 2М55, кондуктор накладний, набір технологічних кріпильних деталей	3, 1, 8	
12,13	Зенкування			

Таблиця 1.7 – інші можливі варіанти технології обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх розміщення

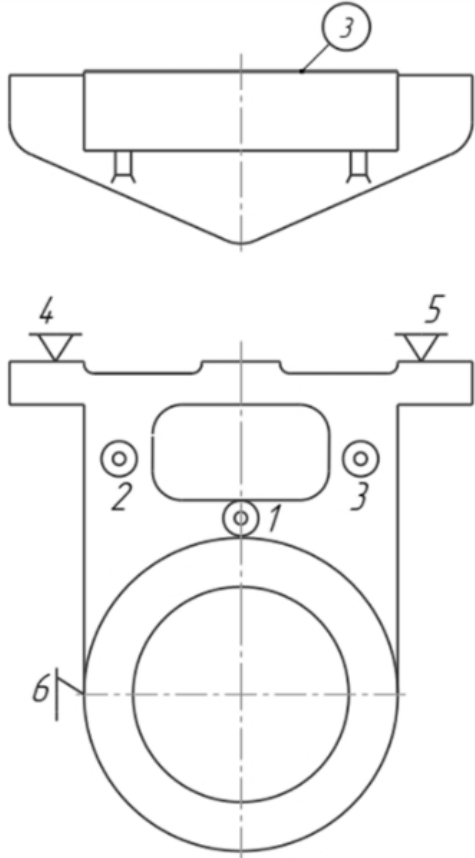
№ пов.	Переходи механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Пов. технологічних баз, №	Параметр точності розміщення поверхонь, що забезпечуються
1	Фрезерування чорнове і чистове	Фрезерний з ЧПК 6Р81ГМФ3. Пристрій спеціальний	3,8,Г	
5	Свердління			
5*	Свердління, зенкерування та розвертування			
6-7	Цекування			
3,4	Фрезерування чорнове та чистове	Фрезерний з ЧПК 6Р81ГМФ3. Пристрій спеціальний	1, 2 отв.5*	Допуск торцьового биття відносно осі поверхні Б 0,06 мм
9	Розточування			
11	Свердління			
12, 13	Зенкування			
11	Нарізання різьби			

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-633.00.000 ПЗ

Арк.

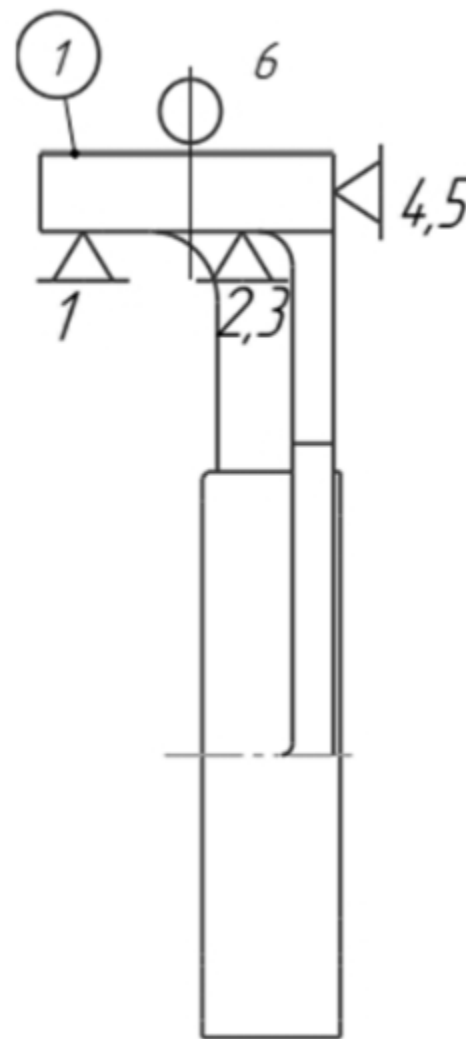
Таблиця 1.8 – Маршрут механічної обробки деталі і зміст операцій

№ операції	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема установки обробки
015	Вертикально-фрезерна. Фрезерувати пов. 3 начорно і начисто. Фреза торцюва	Вертикально-фрезерний мод. 6550	Спеціальний, привід ручний	

МР.ЛМК-633.00.000 ПЗ

Продовження таблиці 1.8

035	Вертикально – фрезерна. Фрезерувати пов. 1. Фреза торцьова	Вертикально- фрезерний мод. 6550	Спеціаль- ний, привід гідрав- лічний.
-----	--	--	---



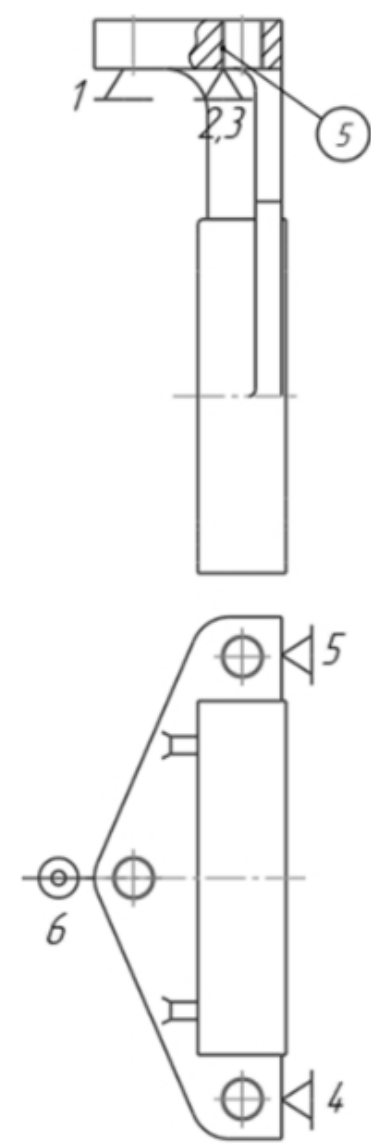
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-633.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

065	Радіально-свердлильна Свердлили 3 отв. 5 Свердло спіральне.	Радіально- свердлильний мод. 2М55	Кондуктор накладний
-----	---	---	------------------------



МР.ПМК-633.00.000 ПЗ

Змін.

Арк.

№ докум.

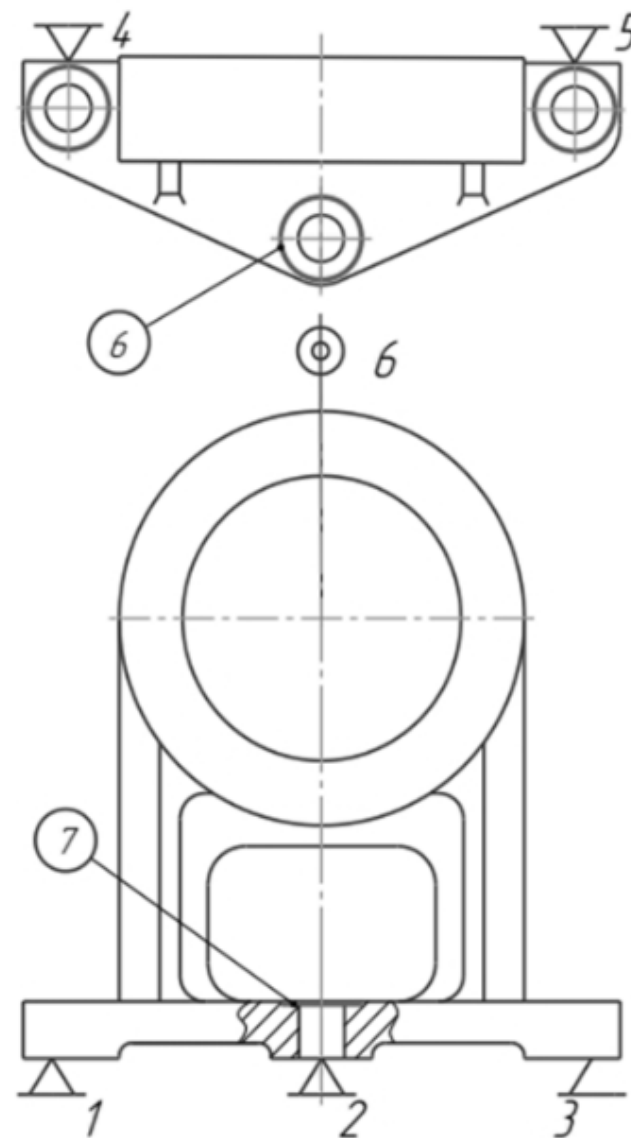
Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 1.8

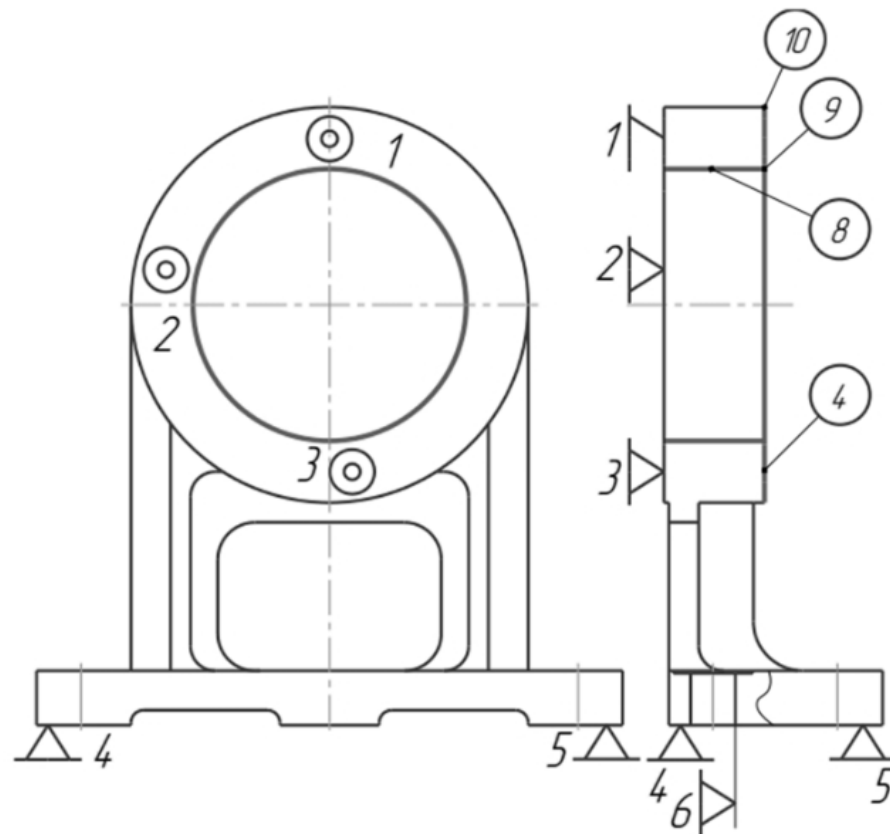
070	Радіально-свердлильна Цекувати пов. 6 і 7 Цековка	Радіально-свердлильний мод. 2М55	Набір техно-логічних кріпильних деталей
-----	---	-------------------------------------	--



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
МР.ПМК-633.00.000 ПЗ				
	Арк.			

Продовження таблиці 1.8

100	<p>Токарно-карусельна</p> <p>1.Точити пов.4 начорно і начисто</p> <p>Різець прохідний</p> <p>2. Розточити пов.8 начорно, начисто і остаточно</p> <p>Різець прохідний, $\varphi=45^{\circ}$.</p> <p>3. Притупити гострі кути фасками 9 і 10.</p> <p>Різець прохідний.</p>	<p>Токарно-карусельний мод. 1512</p>	<p>Спеціальний з ручним приводом</p>
-----	---	--------------------------------------	--------------------------------------

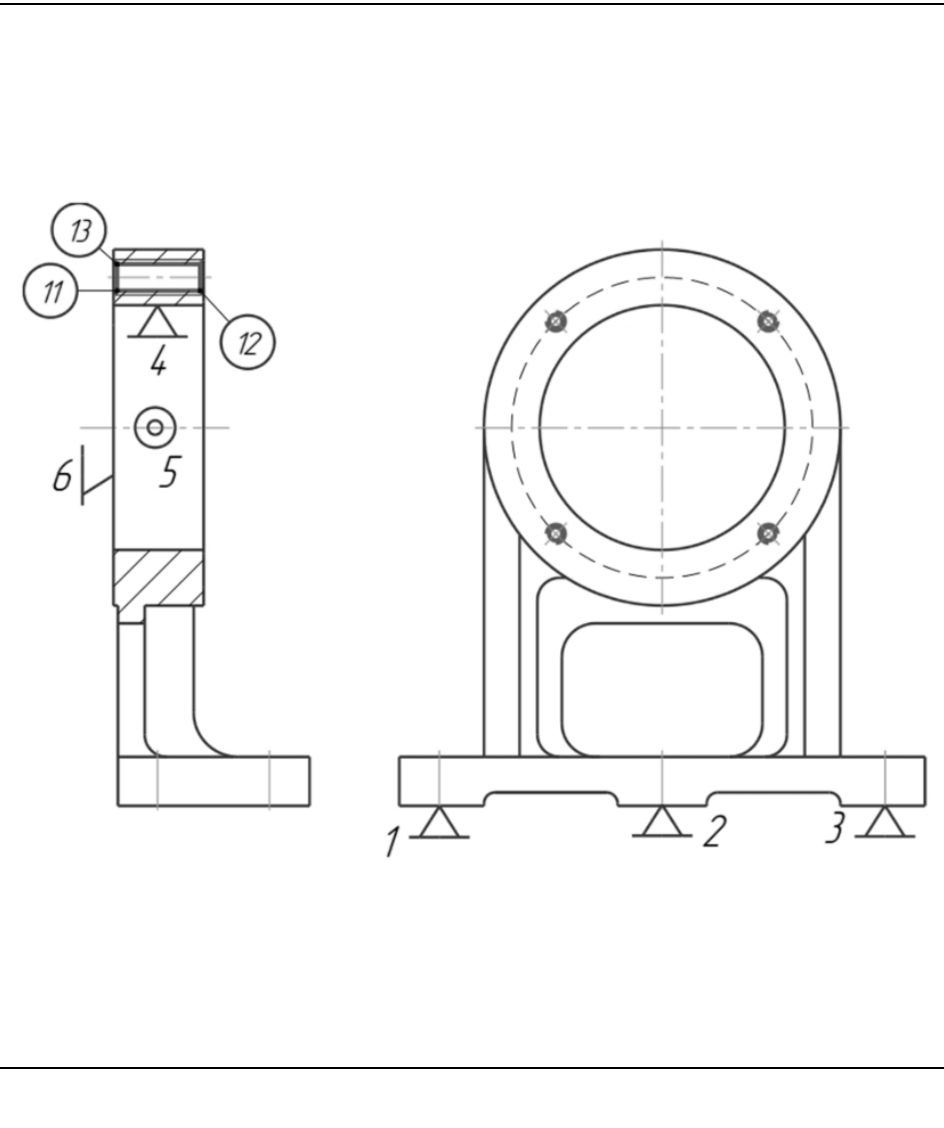


МР.ГМК-633.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

120	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Свердлити 4 отв.11. Свердло спіральне.</p> <p>2. Зенкувати фаски 12 і 13 з переустановкою. Зенківка.</p> <p>3. Нарізати різьбу в отв.11 Мітчик.</p>	<p>Радіально – свердлильний мод. 2М55, стійка кутова</p>	<p>Набір технологічних кріпильних деталей, кондуктор накладний</p>
130	Контрольна		



МР.ПІМК-633.00.000 ПЗ

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

Арк.

Крім приведених в таблиці 1.6 операцій, в базовому техпроцесі передбачено операції, не пов'язані з мехобробкою:

- ливарна 005;
- транспортування – 010, 020, 030, 040, 050, 060, 075, 085, 095, 105, 115, 125, 135;
- слюсарні, на котрих видаляють заусенці та притуплюють гострі кути: 025, 045, 080;
- тарувальна 040;
- контрольні (проміжні): 055, 090, 110;

Базовий технологічний процес за структурою побудовано як для велико – серійного, а за змістом як для дрібно – серійного виробництва.

Загальні зауваження до всіх операцій:

- всі застосовані верстати завеликого типорозміру, недоцільним є застосування токарно-карусельного верстату.
- всі пристрої, крім операції 035, - з ручним приводом;
- на операціях 015, 065, 070 за допоміжні бази необґрунтовано застосовані поверхні, що в подальшому не обробляються.

Не зважаючи на це, завдяки низькій точності поверхонь деталі та їх розміщення, можна отримати деталь у відповідності до вимог креслення.

Так як для заданого типу виробництва характерним є концентрація операцій та застосування верстатів з ЧПК, то доцільно на першій же операції підготувати чистові постійні бази для подальшої обробки на них всіх решти поверхонь. Такими базами можуть бути – пов.1 – основною, та допоміжні – 2 отв.5 (позначимо їх 5'), котрі забезпечать постійну кутову фіксацію заготовки.

Тобто на першій операції обробляємо: пов.1, 2 пов. 5' (до точності 18Н9), один отв.5 та 3 пов 6-7 (цекуванням). Для цього можна використати горизонтально-фрезерний верстат з поворотним столом (цекування) та (доцільно) з магазином інструментів та невеликого типорозміру.

Таким верстатом є 6Р81ГМФ3, оснащений гідроприводом швидкого переміщення і повороту стола. Одночасно гідропривід можна використати для приводу пристроїв, тому що, що в гідростанції верстатів передбачено окрему вітку відбору потужності, котру потрібно до оснастити відповідними приладами

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та арматурою. При оснащенні верстату системами ЧПК та приводами імпорного виробництва площа, що займає верстат зменшиться приблизно вдвічі за рахунок відсутності електричних шаф управління і перетворювачів.

Проаналізувавши можливості верстата 6P81ГМФ3, виявляється доцільність його застосування для обробки решти поверхонь, крім нарізання різьби, щоб не займати час ($T_a > 2xв$) автоматичної роботи другого верстату обробкою, що можна виконати на продуктивному верстаті з простим оснащенням – різьбонарізному, наприклад 2E056.

Застосування фрезерного верстату 6P81ГМФ3 для обробки отворів замість радіального верстату 2M55 включають наступні недоліки обробки:

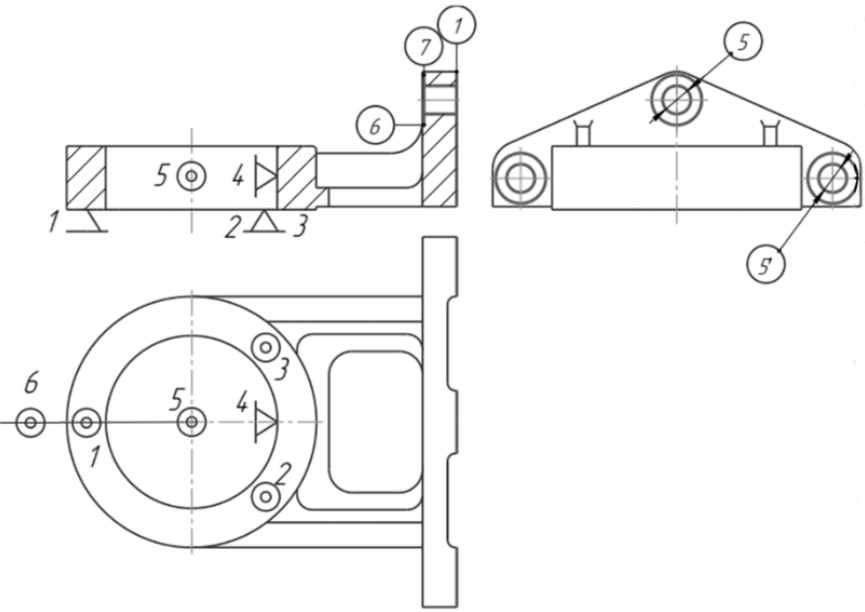
- застосування накладних кондукторів;
- ручне керування верстатом, т. ч. переміщенням;
- ручна зміна інструменту.

Проектний варіант технологічного процесу виготовлення кронштейна КС – 4574.25.011 приведені в таблиці 1.9.

В ньому відсутні недоліки, що виявились в процесі аналізу базового техпроцесу. Він складається з трьох операцій мехобробки замість шести в базовому. В проектному техпроцесі відсутні операції транспортування, тому що застосовані нормативи передбачають це ([12], карта 2, с.51, „примітка”). Заготовка в механічний цех подається очищеною від забруднення, з видаленими ливниками, заґрунтованою та з нанесеним тавром відповідно до креслення КС-4574.25.011.

					<i>MP.ПМК-633.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9– Пропонований варіант технологічного процесу обробки деталі

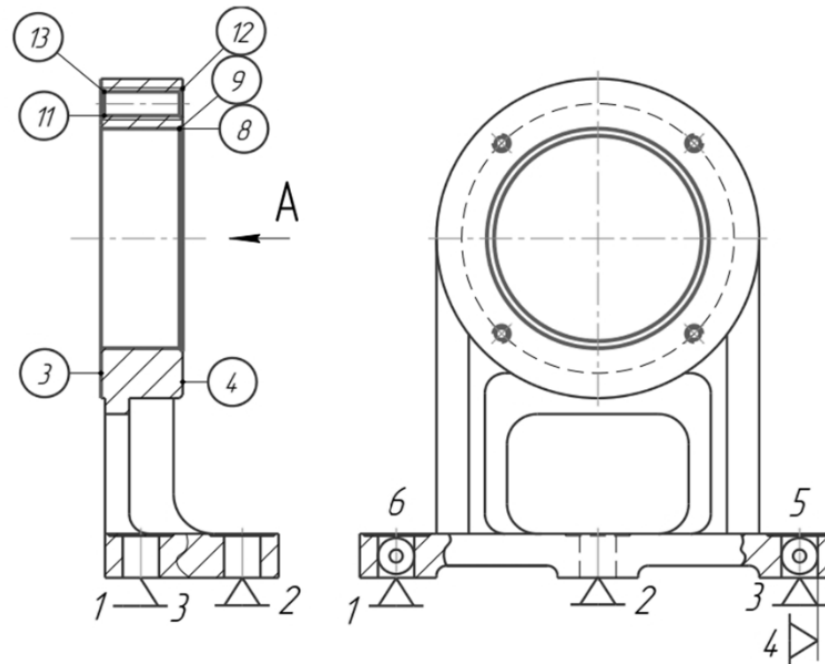
№ операції	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема установки обробки
005	<p>Горизонтально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1. Фрезерувати пов.1 начорно і начисто Фреза торцюва 2-ступінчаста</p> <p>2. Свердли 1 отв. 5 (центр) Свердло спеціальне</p> <p>3.Свердли, зенкувати, розвернути 2 отв. 5' (крайні). Свердло, зенкер, розвертка.</p> <p>Повернути стіл на 180°.</p> <p>4. Цекувати пов. 6 і 7. Цековка.</p>	Горизонтально-фрезерний з ЧПК мод. 6P81ГМФ3	Спеціальний з гідроприводом	 <p>The technical drawing shows a cylindrical part with various features. Callout 1 points to a chamfered edge, 2 to a chamfered edge, 3 to a chamfered edge, 4 to a chamfered edge, 5 to a central hole, 6 to a hole on the side, and 7 to a hole on the side. The schematic shows the part mounted on a lathe bed with a tool post and tool holder, with callout 5 pointing to the tool holder and callout 6 pointing to the tool post.</p>
010	Контрольна			

МР.ГМК-633.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

015	<p>Горизонтально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1. Фрезерувати начорно і начисто пов. 3 і 4 з поворотом стола на 180⁰. Фреза торцьова 2-ступінчаста.</p> <p>2. Розточити начорно і начисто пов. 8, фаску 9.</p> <p>Різці розточні оправкові.</p> <p>3. Свердлити отв. 11 фаски 12.</p> <p>Свердло комбіноване спеціальне.</p> <p>Повернути стіл на 180⁰.</p> <p>4. Зенкувати фаски 13.</p> <p>Зенківка.</p>	<p>Горизонтально – фрезерний з ЧПК 6P81ГМФ3</p>	<p>Спеціальний з гідроприводом</p>
020	<p>Різьбонарізна</p> <p>Нарізати різьбу в отв. 11</p> <p>Мітчик</p>	<p>Різьбонарізний 2E056</p>	<p>Підставка спеціальна</p>
025	<p>Контрольна</p>	<p>Стіл ВТК</p>	



МР.ГМК-633.00.000 ПЗ

Арк.

1.3.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту механічної обробки

Основні зміни технологічного процесу та їх обґрунтування пов'язані з:

- застосуванням горизонтально-фрезерних верстатів з ЧПК моделі 6P81ГФ3 замість радіально-свердлильних верстатів 2M55; при цьому застосування верстатів з ЧПК 6P81ГФ3 здійснюється на операціях 005 та 015 проектного техпроцесу, а верстати 2M55 на 065, 070, та 120 операціях базового техпроцесу. Так як нема повної відповідності змісту базових та проектних операцій, до розрахунків прийнято виконання частини переходів на операції 005 замість повної обробки на базових операціях 065 та 070;
- застосування спеціальних пристроїв.

Співставляємо три варіанти техпроцесу обробки деталі:

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

На підставі порівняння технічних показників ефективності варіантів технології базової і декількох можливих визначимо найраціональніший. Критерієм оптимальності процесу є мінімум витрат на одиницю продукції. Аналіз варіантів здійснюємо за допомогою таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані і результати техніко-економічного обґрунтування маршруту обробки

Показники	Варіанти		
	Базовий	Проектний 1	Проектний 2
	2M55	6P81МФ3	Агрегатний
Штучний час $T_{шт}$, год	0,322	0,12	0,11
Число запусків деталей на рік A	12	12	12
Число операцій в кожному запуску V_0	4	3	2
ККД верстата η	0,7	0,85	0,85
Підготовчо-заклучний час $T_{пз}$, год	0,2	0,3	–
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання μ	1	1	1
Складність ремонту мех. частини R_M	8	60	6,5
Складність ремонту електротехнічної частини R_e	6	41	5

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4
Площа, яку займає обладнання S , м ²	4,4	3,8	10,0
Площа, яку займає система ЧПК S_y , м ²	–	1,5	–
Коефіцієнт додаткових площ λ	5	4,5	2,5
Число верстатів, обслуговуваних одним:			
– верстатником d	1	2	1
– наладчиком d_1	–	2	2
Фонд часу Φ_0 , год	4015	3890	3890

Річна програма випуску $N = 2160$ шт знаходиться в межах області ефективного використання верстатів з ЧПК.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовка:

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

$\rho_{зм}=600$ мкм,

короблення заготовки в місці обробки:

$\rho_{кор}= 240$ мкм. (див. технічні вимоги до вилівка).

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

$\rho_{заг}=\sqrt{600^2 + 240^2} = 646$ мм.

Похибка установки

$E_1=\sqrt{E_{\sigma 1}^2 + E_{\sigma 2}^2}$

Похибка базування $E_{\sigma 1}=T_0=1000$ мкм, де T_0 – допуск на розміщення отвору,
 $T_0=\pm 0.5$ мм;

Похибка базування $E_{\sigma 2}$ – по горизонталі, - $E_{\sigma 2}=1/2*S_{max}$, мкм,

де S_{max} , зазор між циліндричним пальцем і отвором в деталі:

$S_{max}= D_{max}-d_{п. min}$, мкм,

$D_0=18H9(^{-0.043})$, $d_{п.}=18f7(^{-0.016}_{-0.034})$;

$S_{max}=0.043+0.034=0.077$ мм;

$E_{\sigma 2}=\sqrt{1000^2 + 77^2} = 1003$ мкм;

Похибка закріплення:

$E_3=80$ мкм ([1], табл. 4.13, с.82);

$E_1=\sqrt{1003^2 + 80^2} = 1006$ мкм.

На послідуєчих переходах механічної обробки, після:

- чорнового розточування: $R_z=40$ мкм; $h=50$ мкм ([5],табл. 27 с.190);
- н/чистового розточування: $R_z=20$ мкм; $h=20$ мкм ([5],табл. 27 с.190);
- чистового розточування $R_z=5$ мкм; $h=5$ мкм ([5],табл. 20 с.185);

Для визначення ρ_i та E_i використовується коефіцієнт уточнення K_{yi}
([5],табл. 29, с.190):

- після чорнового розточування $K_{yi}=0,06$;
- після н/чистового розточування $K_{yi}=0,04$;
- після чистового (тонкого) розточування $K_{yi}=0,03$;

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 646 = 39 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 646 = 26 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 646 = 19 \text{ мкм};$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{848^2 + 380^2}) = 2 \cdot 1289 \text{ мкм} = 2.578 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\min} = 2(40 + 50 + \sqrt{51^2 + 15^2}) = 2 \cdot 143 \text{ мкм} = 0.286 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\min} = 2(20 + \sqrt{29^2 + 2^2}) = 2 \cdot 49 \text{ мкм} = 0.098 \text{ мм};$$

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

$$\varepsilon_2 = 0.04 \cdot 1006 = 40 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3 = 0.03 \cdot 1006 = 30 \text{ мкм};$$

Розрахункові розміри:

$$D_{p3} = D_{\max} = 110,087 \text{ мм};$$

$$D_{p2} = D_{p3} - 2Z_{3\min} = 110.087 - 0.160 = 109.927 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = D_{p2} - 2Z_{2\min} = 109.927 - 0.292 = 109.635 \text{ мм};$$

$$D_{заг} = D_{p1} - 2Z_{1\min} = 109.635 - 3.991 = 105.644 \text{ мм};$$

Мінімальні розміри - заокруглені D_{pi} ;

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

Граничні припуски:

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

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

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.11.

Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні приведена на рисунку 1.5.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні припуски:

$$2Z_{\min}^{za2} = 4487 \text{ мкм}; \quad 2Z_{\max}^{za2} = 5600 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{\max}^{za2} - 2Z_{\min}^{za2} = 5600 - 4487 = 1113 \text{ мкм}.$$

$$T_{za2} - T_{\delta} = 1200 - 87 = 1113 \text{ мкм}, \text{ - отже, розрахунки правильні.}$$

Номинальний припуск :

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

де ES_{Di-1}, ES_{Di} - верхні відхилення розмірів відповідно, на попередньому та виконуваному переходах.

При розточуванні, номінальні припуски рівні максимальним.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

Таблиця 1.11 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні операції та переходи	Елементи припуску, МКМ				Мінімальний припуск $2Z_{i\min}$, МКМ	Розрахунковий розмір d_p , ММ	Допуск T , МКМ	Граничні розміри, ММ		Граничні припуски, ММ		Виконавчі розміри, ММ
	R_z	h	ρ	ε				d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\min}^{zp}$	$2Z_{\max}^{zp}$	
Обробка пов. 8 - Ø110Н9 ^{+0.087}												
Заготовка	220	200	646	-	-	105.644	1200	105.6	104.4	-	-	105±0.6
Чорнове розточування	40	50	39	1006	3991	109.635	350	109.65	109.300	4050	4900	109.3 ^{+0.35}
Напівчистове розточування	20	20	26	40	292	109.927	140	109.94	109.800	290	500	109.8 ^{+0.14}
Чистове розточування	5	5	19	30	160	110.087	87	110.87	110.0	147	200	110 ^{+0.087}
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4487	5600	-

МР.ЛМК-633.00.000 ПЗ

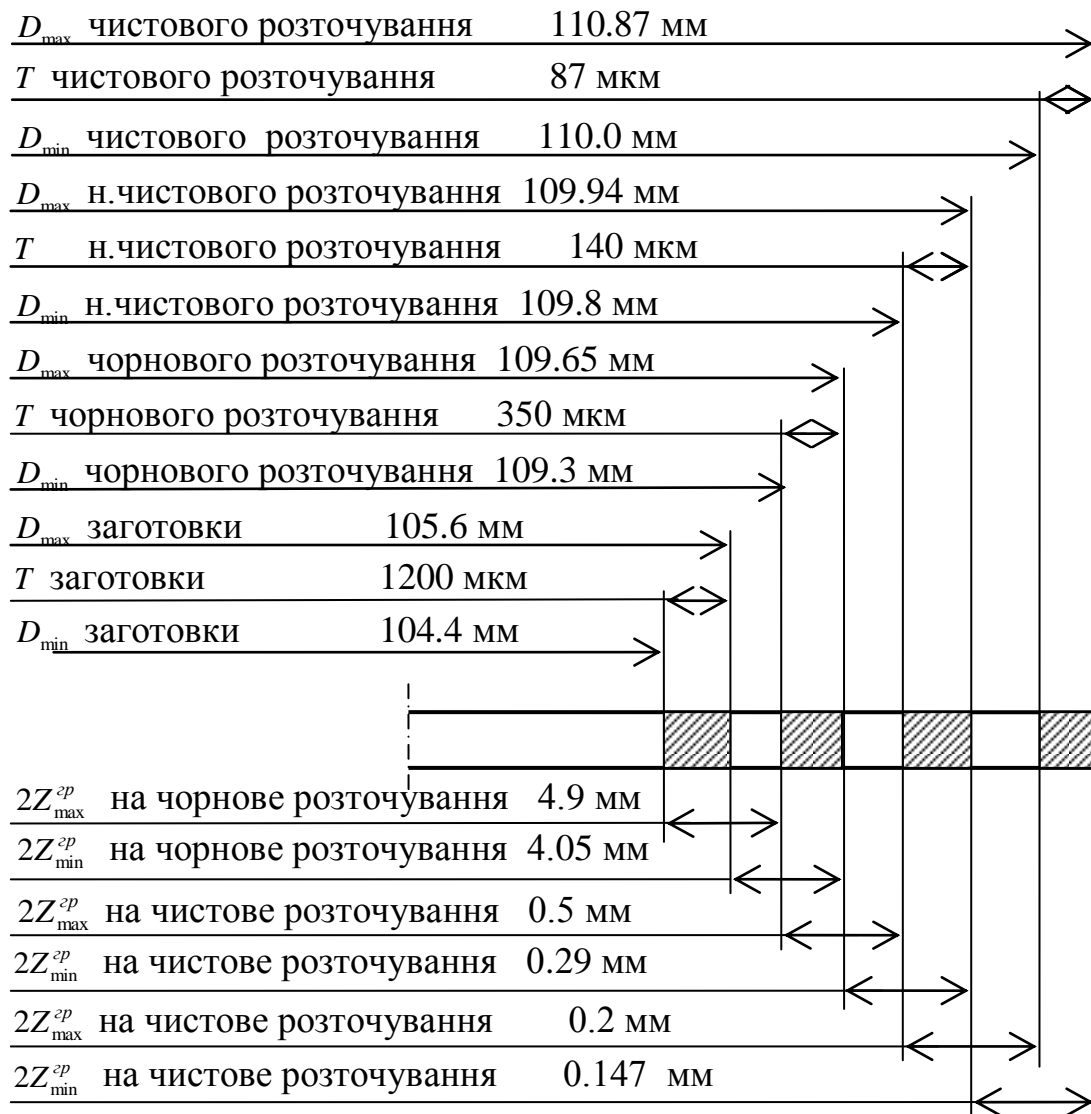


Рисунок 1.5 - Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні Ø110H9.

Поверхні з багатоперехідною обробкою є тільки технологічні отвори – $\varnothing 18H9(+0,043)$ мм;

За таблицею 7 ([4], с. 587) порядок обробки такий:

1. Свердління отв. $\varnothing 17H12(+0,18)$, номінальний припуск – глибина різання $t=D_1/2=17/2=8.5$ мм;

2. Зенкерування до $\varnothing 17.75H11(+0,11)$ – (по номінальному розміру зенкера).

Припуск $2Z_{2\max}=D_{2\min} - D_{1\min}=17.75 - 17.0=0.75$ мм%

3. Розвертування до $\varnothing 18H9(+0,043)$.

Припуск $2Z_{3\max}=D_{3\min} - D_{2\min}=18 - 17.75=0.25$ мм;

Всі площини – 1, 3 і 4 – фрезеруються 2-ступінчастими фрезами із різницею припусків – на чистову ступінь біля 25% загального припуску:

Пов. 1: Оброблюваний розмір 22_{-1} мм; розмір заготовки - 24 ± 0.5 мм;

$Z_{1\max}=h_{3\max}-h_{д\max}=24.5-22=2.5$ мм;

Припуски: чистовий – 0,5 мм; чорновий – 2 мм.

Пов. 3-4: Заготовка: $l_3=44\pm 0.55$; деталь $l_{д}=40.5_{-1,6}$ мм.

$2Z_{3-4\max}=44.55-40.05=4.05$ мм;

Припуски: чистовий – 0.5 мм; чорновий – 1.53 мм.

Це дозволить застосувати 1 фрезу.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 1.2.

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

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.⁻¹,

S_0 – подача на оберт шпинделя;

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

При нарізанні різь 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 015. Горизонтально – фрезерна з ЧПК.

Верстат горизонтально – фрезерний з ЧПК 6Р81ГМФ3:

- потужність головного двигуна верстата $N_{\text{дв}} = 11.3$ кВт.

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

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 9.04$ кВт.

4.Розточити поверхню 8 начисто (тонко).

Різальний інструмент: різець розточний державковий: $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\gamma = 10^\circ$.

Різець 2142 – 0147 Т30К4 ГОСТ 9795 – 84;

Оброблюваний матеріал: сталь 25Л, $\sigma_B = 441$ МПа, 187 НВ;

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оброблювана поверхня внутрішня циліндрична $\varnothing 110H9$ мм. Шорсткість

$$R_a = 1.6 \text{ мкм}$$

Режими різання:

Глибина різання $t = 0,1$ мм.

Подача нормативна $S_{0н} = 0,246$ мм/об; ([6], табл. 14 с. 248)

$$S_0 = S_{0н} \cdot K_s,$$

Поправковий коефіцієнт $K_s = 0.45$ ([6], табл. 14, с. 248);

$$S_0 = 0.246 \cdot 0.45 = 0.1107;$$

Швидкість різання – розрахункова:

$$V_p = \frac{K_0 \cdot C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y}, \text{ м/хв.}$$

Період стійкості різця $T = 60$ хв. ([6], с. 268);

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{iV} \cdot K_\phi \cdot K_{\phi 1};$$

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{441} \right)^{-1} = 0.59$$

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

$K_{ПV} = 1$ ([6], табл. 5, с. 263); $K_{iV} = 1,4$; ([6], табл. 6, с. 263)

Коефіцієнти на кути в плані: $K_\phi = 0,9$; $K_{\phi 1} = 0,91$; ([6], табл. 18, с. 271)

$$K_v = 0.59 \cdot 1.4 \cdot 0.9 \cdot 0,91 = 0.68;$$

Коефіцієнт виду обробки $K_0 = 0,9$, - для розточування ([6], табл. 17, с.270)

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

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

$$V_p = \frac{0.9 \cdot 420 \cdot 0.68}{60^{0.2} \cdot 0.1^{0.15} \cdot 0.11^{0.2}} = \frac{9 \cdot 42 \cdot 0.68}{2.27 \cdot 0.71 \cdot 0.64} = 249.2 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 249.2}{\pi \cdot 110} = 721 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 800 \text{ хв}^{-1}$$

$$S_x = 0.11 \cdot 800 = 88 \text{ мм/хв.}$$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 800}{1000} = 276.46 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний технологічний час:

$$l=40.5 \text{ мм}; l_1+l_2=2 \text{ мм}; L=40.5+2=42.5 \text{ мм}; i=1;$$

$$T_0 = \frac{42.5}{88} = 0.483 \text{ хв.}$$

Сила різання: $P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_p$, Н

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P};$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_b}{750}\right)^n = \left(\frac{441}{750}\right)^{0.75} = 0.67 \text{ де } n = 0.75; ([6], \text{ табл. 9, с.264})$$

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

$$K_{\varphi P} = 0.94; K_{\gamma P} = 1; K_{\lambda P} = 1;$$

$$K_p = 0.67 \cdot 0.94 \cdot 1 \cdot 1 = 0.63$$

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

$$C_p=300; X=1,0; Y=0,75; n=-0,15$$

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 0.1 \cdot 0.11^{0.75} \cdot 276.46^{-0.15} \cdot 0.63 = 15.5 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{15.5 \cdot 276.46}{1020 \cdot 60} = 0.07 \text{ кВт}$$

$$N_p=0,07 \text{ кВт} < N_E = 9.04 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$$t=0,1 \text{ мм}; S_0=0,11 \text{ мм/об}; S_x=88 \text{ мм/хв.}; T=60 \text{ хв}; n=800 \text{ хв}^{-1}; V=276.46 \text{ м/хв};$$

$$N_p = 0,07 \text{ кВт}; P=15.5 \text{ Н}; T_0=0,483 \text{ хв.}$$

Операція 005. Горизонтально-фрезерна з ЧПК.

Верстат горизонтально-фрезерний з ЧПК мод. 6P81ГМФЗ:

Різальний інструмент: фреза торцева, $D_\phi=160 \text{ мм}$,

фреза 160 – T15K6-K-02-3237-000, $Z=12(6+6)$;

Оброблюваний матеріал: сталь 25Л-I, $\sigma_B=441 \text{ МПа}$, 187 НВ;

Оброблювана поверхня $B=86 \text{ мм}$, $l=236 \text{ мм}$. Шорсткість $R_a=6.3$.

Режими різання:

Глибина різання $t=2.5 \text{ мм}$.

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

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача нормативна $S_{zn}=0,2$ мм/об; ([6], табл. 33 с.283);

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

$$S_z=0.2*0.7=0.14, \text{ мм/зуб};$$

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

$$S_0=0.14 \cdot 6=0.84 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання – розрахункова:

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

Період стійкості фрези $T = 90$ хв. ([6], табл. 40, с.290);

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV};$$

де коефіцієнт враховує якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{441} \right)^{-0.9} = 0.62$$

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

Коефіцієнт на стан поверхні заготовки:

$$K_{NV} = 0,85 \text{ ([6], табл. 5, с. 263);}$$

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

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

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

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

$$K_V=0.62*0.85=0.53;$$

$$V_P = \frac{332 \cdot 160^{0.2} \cdot 0.53}{180^{0.2} \cdot 2.5^{0.1} \cdot 0.14^{0.4} \cdot 125^{0.2} \cdot 6^0} = 129.10 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1000 \cdot 129.10}{\pi \cdot 160} = 257 \text{ хв}^{-1};$$

Приймаємо $n= 250$ хв⁻¹ (паспорт).

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 250}{1000} = 125.66 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Хвилинна подача $S_x=S_0 \cdot n=0.84 \cdot 250=210$ мм/хв.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $S_x=210$ мм/хв.

Фактичні : $S_0= S_x/n=0.84$ мм/хв.;

$S_z= S_0/z=0.14$ мм/зуб.

Основний технологічний час:

$l=236$ мм; $l_1+l_2=40$ мм; $L=236+40=276$ мм;

$$T_0 = \frac{L}{S_x} = \frac{276}{210} = 1.314 \text{ хв.}$$

Сила різання окружна: $P = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot b^n \cdot Z \cdot K_{MP}}{D^q \cdot n^w}$, Н

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{441}{750} \right)^{0.3} = 0.85 \text{ де } n = 0,3; ([6], \text{табл. 9, с. 264})$$

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл. 41, с. 291)

$C_p=825$; $x=1$; $y=0,75$; $u=1.1$; $q=1.3$; $w=0.2$;

$$P = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2.5 \cdot 0.14^{0.75} \cdot 86^{1.1} \cdot 6 \cdot 0.85}{160^{1.3} \cdot 250^{0.2}} = 642 \text{ Н};$$

Крутний момент на шпинделі: $M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_\phi}{Z \cdot 1000} = \frac{642 \cdot 160}{2000} = 51.5 \text{ Н}\cdot\text{м};$

Потужність різання ефективна:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{642 \cdot 125.66}{1020 \cdot 60} = 1.32 \text{ кВт};$$

Ефективна потужність на шпинделі верстату:

$N_e = N_{дв} \cdot \eta$, кВт;

де, потужність головного приводу (двигуна) $N_{дв}=11.3$ кВт;

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

$N_e=11.3 \cdot 0.8=9.04$ кВт > $N_p=1.32$ кВт;

Верстат за потужністю працездатний.

Операція 005. Горизонтально-фрезерна з ЧПК.

Верстат горизонтально-фрезерний з ЧПК 6Р81ГМФ3:

- потужність головного двигуна верстата $N_{дв}=11.3$ кВт.

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

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_e = N_{дв} \cdot \eta = 9.04$ кВт.

2.Свердлити пов.5.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різальний інструмент: свердло спіральне Р6М5;

Оброблюваний матеріал: сталь 25Л-I, $\sigma_B=441$ МПа, 187 НВ;

Діаметр обробки $d=\varnothing 18$ мм. Шорсткість $R_a 12.5$

Довжина обробки $L=22$ мм, $l_1+l_2=10$ мм;

Довжина робочого ходу $L=22+10=32$ мм; $i=1$;

Режими різання:

Глибина різання $t=18/2=9$ мм.

Подача нормативна $S_{0H}=0,46$ мм/об; ([6], табл. 25 с.277)

Подача на оберт шпинделя $S_0= S_{0H} \cdot K_S$;

Поправковий коефіцієнт на подачу $K_S= K_{LS} \cdot K_{OS} \cdot K_{OS} \cdot K_{IS}$;

де коефіцієнти поплавкові на ([6], табл. 14 с.260):

- глибину отвору $K_{LS}=1$;
- якість отвору $K_{OS}=1$;
- жорсткість системи ВПД $K_{OS}=1$;
- інструментальний метал $K_{IS}=1$;

$K_S=1$;

$S_0=0.46$ мм/об.

Швидкість різання – розрахункова:

$$V_P = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y}, \text{ м/хв.}$$

Період стійкості інструменту $T = 45$ хв. ([6], табл.30, с. 279);

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{iV} \cdot K_{LV};$$

Поправкові коефіцієнти на:

- оброблюваний матеріал $K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{441} \right)^{-0.9} = 0.62$;

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

- на інструментальний матеріал $K_{iV}=1$ ([6], табл. 6, с. 263);

- на глибину свердління $K_{LV}=1$ ([6], табл. 31, с. 280);

$K_V = 0.62$;

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл. 28, с. 278):

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_V=9.8; q=0,4; y=0,5; m=0,2;$

$$V_p = \frac{9.8 \cdot 18^{0.4} \cdot 0.62}{45^{0.2} \cdot 0.46^{0.5}} = \frac{19.31}{1.45} = 13.32 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 13.32}{\pi \cdot 18} = 235.5 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n=250 \text{ хв}^{-1}.$$

$$S_x = S_o \cdot n = 0.46 \cdot 250 = 115 \text{ мм/хв.},$$

За паспортом верстату $S_x=115$ мм/хв.; фактична $S_o=0.46$ мм/об.

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 18 \cdot 250}{1000} = 14.14 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{32}{115} = 0.278 \text{ хв.}$$

Крутний момент і осьова сила:

$$M_{кр} = 10C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_P, \text{ Н}$$

$$P_o = 10C_P \cdot D^{q_P} \cdot S^{y_P} \cdot K_P, \text{ Н}$$

$$K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{441}{750} \right)^{0.75} = 0.67 \text{ де } n = 0,75; ([6], \text{ табл. 9, с. 264})$$

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

$$C_M=0.0345; q_M=2,0; y_M=0,8; C_P=68; q_P=1,0; y_P=0,7;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 18^2 \cdot 0.46^{0.8} \cdot 0.67 = 40.239 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 18 \cdot 0.46^{0.7} \cdot 0.67 = 4756.5 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{40.239 \cdot 250}{9750} = 1.03 \text{ кВт}$$

$$N_p = 1,03 \text{ кВт} < N_E = 9.04 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$$t=9 \text{ мм}; S_o=0,46 \text{ мм/об}; S_x=115 \text{ мм/хв.}; T=45 \text{ хв}; n=250 \text{ хв}^{-1}; V=14.14 \text{ м/хв};$$

$$N_p = 1,03 \text{ кВт}; M_{кр}=40.239 \text{ Н}; P_o=4756.5 \text{ Н}; T_0=0,278 \text{ хв.}$$

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

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 015. Горизонтально – фрезерна з ЧПК

Верстат горизонтально – фрезерний з ЧПК 6P81ГМФ3.

1. Фрезерувати пов. 3/4 начорно і начисто.

Оброблюваний матеріал сталь 25Л-I ГОСТ 977-88, $\sigma_B=441$ МПа, 187 НВ;

Різальний інструмент: фреза торцюва 2-ступінчаста Т15К6; $\varnothing 200$ мм, $Z=16$ мм (8+8).

Довжина обробки $l=160$ мм, $l_1+l_2=200$ мм; $L=160+200=360$ мм.

Режими різання:

Глибина різання $t=1.53+0.5=2.03$ мм.

Подача нормативна $S_0= S_z \cdot Z$ мм/об, $S_z=0.1$ мм/зуб (табл. 7 с.652);

$S_0=0.1 \cdot 8=0.8$ мм/об;

Швидкість різання – розрахункова:

$V_p = V_H \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$, м/хв.

$V_H=310$ м/хв. (с.654) – для $t \leq 3$ мм; $S_z=0.1$ мм/об ([18], табл. 1, с.20).

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал - $K_{10}=1.1$;
- на період стійкості інструменту - $K_{11}=0.75$, - при $T=250$ хв (с.648);
- на вид обробки - $K_9 = 1.05$, ($D/B=200/125=1.6$), (с. 657);

$V_p=310 \cdot 1.1 \cdot 0.75 \cdot 1.05=268.54$ м/хв.

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 268.54}{\pi \cdot 200} = 427 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 400 \text{ хв}^{-1}$$

$S_x=0.8 \cdot 400=320$ мм/хв.; Паспорт: $S_x=320$ мм/хв, $S_0=0.8$ мм/об.

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 400}{1000} = 251.33 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{360}{320} = 2.25 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$$N_p = N_{\text{табл}} \frac{t \cdot V \cdot Z}{100} K_{12}, \text{ кВт};$$

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{\text{табл}}=1.3$ (с.659); $K_{12}=0.98$ (651);

$N_1=1.3*1.53*251.33*8*0.98/1000=3.92$ кВт;

$N_2=1.3*0.5*251.33*8*0.98/1000=1.28$ кВт;

$N_{\text{табл}}=N_1+N_2=3.92+1.28=5.2$ кВт;

Ефективна потужність верстату $N_e=11.3*0.8=9.04$ кВт;

$N_p=5.2$ кВт $< N_e = 9.04$ кВт.

Верстат за потужністю працездатний

Сила різання: $P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N_p}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 5.2}{251.33} = 1266$, Н

Прийняті режими різання:

$t=2,03$ мм; $S_0=0,8$ мм/об; $S_x=320$ мм/хв.; $T=250$ хв; $n=400$ хв⁻¹; $V=251.33$ м/хв;

$N_p=5.2$ кВт; $P_z=1266$ Н; $T_0=2.25$ хв.

Операція 015. Горизонтально – фрезерна з ЧПК

Верстат горизонтально – фрезерний з ЧПК 6Р81ГМФ3.

- потужність головного двигуна верстата $N_{\text{дв}}=11.3$ кВт.

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

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 9.04$ кВт.

2.Розточити поверхню 8 начорно.

Оброблювана пов. $\varnothing 109.3$ мм;

Різальний інструмент: різець розточний державковий Т5К10;

Оброблюваний матеріал: сталь 25Л-I, $\sigma_B=441$ МПа, 187 НВ;

$l=40.5$ мм; $l_1+l_2=3$ мм; $L=40.5+3=43.5$ мм; $i=1$;

Режими різання:

Глибина різання $t=2.45$ мм.

Подача $S_0=0,8$ мм/об; (табл. 7 с.646)

Швидкість різання – розрахункова:

$V_p = V_n * K_4 * K_5 * K_6$, м/хв.

$V_n=84$ м/хв. (с.648) – для $t \leq 2.5$ мм; $S_0=0.8$ мм/об, $\varphi = 60^0$.

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал, - $K_4=1.1$ ([18], табл. 1, с.20);

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різальний інструмент: свердло комбіноване 6PM5;

Оброблюваний матеріал: сталь 25Л-I, $\sigma_B=441$ МПа, 187 НВ;

$l=40.5$ мм; $l_1+l_2=3,5$ мм; $L=40.5+3=44$ мм; $i=4$;

Режими різання:

Глибина різання $t=3.4$ мм.

Подача $S_0=0,08$ мм/об; (табл. 7 с.661)

Швидкість різання – розрахункова: $V_p = V_H \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$, м/хв.

$V_H=24.75$ м/хв. (с. 663) – для $d=6,8$ мм; $S_0=0.08$ мм/об.

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал - $K_{13}=1.25$ (с. 663);
- на період стійкості інструменту - $K_{11}=1.43$ - при $T=20$ хв.(с. 664);
- на вид обробки - $K_{12} = 0.7$, ($L_{св}/D_{св}=40.5/6.8=1.6$), (с. 664);

$V_p=24.75 \cdot 1.25 \cdot 1.43 \cdot 0.7=30,968$ м/хв.

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30.968}{\pi \cdot 6.8} = 1449 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 1250 \text{ хв}^{-1}$$

$S_x=0.08 \cdot 1250=100$ мм/хв.; По зенкуванні: $S_x=88$ мм/хв, $S_0=0.07$ мм/об.

$$\text{Фактична: } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6.8 \cdot 1250}{1000} = 26.7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

$$\text{Основний технологічний час: } T_0 = \frac{44 \cdot 4}{88} = 2.0 \text{ хв.}$$

Потужність різання: $N_p = N_{\text{табл}} \cdot K_{23}, \text{ кВт}$;

$N_{\text{табл}}=0.18$ (с.671); $K_{23}=0.825$ (671);

$N_{\text{табл}}=0.18 \cdot 0.825/100=0.15$ кВт;

$M_{\text{кр}}=9750\text{Н}/n=9750 \cdot 0.15/1250=1.17$ кН;

Ефективна потужність верстату: $N_e=11.3 \cdot 0.8=9.04$ кВт;

$N_p=0.15$ кВт $< N_e = 9.04$ кВт.

Верстат за потужністю придатний.

Прийняті режими різання:

$t=3,4$ мм; $S_0=0,07$ мм/об; $S_x=88$ мм/хв.; $T=20$ хв; $n=1250$ хв⁻¹; $V=26.7$ м/хв;

$N_p = 0.15$ кВт; $P_z=750$ Н; $T_0=2.0$ хв, $M_{\text{кр}}=1.17$ кН.

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змін.
Арк.
№ докум.
Гідопис
Дат
МР.ПМК-633.00.000 ПЗ
Арк.

Таблиця 1.12 – Розрахунок режимів різання та основного часу

№ Опер. пере-ходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B об-робки	Довжина		Гли-бина	Подача		Швидкість різання			Частота обертання шпинделя		Потуж-ність		i	T ₀ , хв.	
			l	L		t	S ₀	S _x	V*	V _H	V	n _p	n	N _{piz}			N ₀
			мм	мм		мм/об	мм/хв	м/хв			хв ⁻¹		кВт				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
005	Горизонтально-фрезерна з ЧПК													1.32	9.04		3.357
	1.Фрезерувати пов.1 начорно і начисто	Ø160/86	236	276	2 0.5	0.84	210	-	129.1	125.66	257	250	1.32		1	1.314	
	2.Свердлити пов.5	Ø18	22	32	9	0.46	115	-	13.32	14.14	236	250	1.03		1	0.278	
	3.Свердлити пов.5 ¹	Ø 17	22	25	8.5	0.17	136	27	43.88	42.73	822	800			2	0.368	
	4.Зенкерувати пов.5 ¹	Ø17.25	22	40	0.375	0.4	320	23	43.88	44.61	786	800			2	0.250	
	5.Розвернути пов.5 ¹	Ø18	22	40	0.125	0.6	75	8	8	7.07	141	125			2	1.067	
	6.Цекувати пов.6-7	Ø32	1	2	1	0.24	75	18.5	30.06	31.67	299	315			3	0.080	
015	Горизонтально - фрезерна з ЧПК													5.2	9.04		5.489
	1.Фрезерувати пов.3 (4) начорно і начисто	Ø200 125	160	360	1.53 0.5	0.8	320	310	268.54	251.33	427	400	3.92		2	2.250	
	2.Розточити пов.8 начорно	Ø109.3	40.5	43.5	2.45	0.8	160	84	70.69	68.68	205	200	3.13		1	0.272	
	3. Розточити пов.8 н/чисто	Ø109.8	40.5	43.5	0.25	0.4	160	125	127.5	137.98	369	400			1	0.348	
	Розточити фаску 9	Ø111	0.6	-	0.6	0.4	160	125	127.5	139.49	366	400			-		
	4.Розточити пов.8 начисто (тонко).	Ø110	40.5	42.5	0.1	0.11	88	-	249.2	276.46	721	800	0.07		1	0.483	
	5.Свердлити отв.11	Ø6.8	40.5	44	3.4	0.07	88	24.75	30.97	26.7	1449	1250			4	2.000	
	Фаски 12.	Ø10	1.6		1.6	0.07	88	22	38.775	39.27	1234	1250			-		
	6.Зенкувати фаски 13.	Ø10	1.6	3.0	1.6	0.07	88	22	38.775	39.27	1234	1250			4	0.136	

Змін.	Продовження таблиці 1.12																
Арк.																	
№ докum.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	5.Свердлити отв.11	Ø6.8	40.5	44	3.4	0.07	88	24.75	30.97	26.7	1449	1250				4	2.000
	Фаски 12.	Ø10	1.6		1.6	0.07	88	22	38.775	39.27	1234	1250				-	
	6.Зенкувати фаски 13.	Ø10	1.6	3.0	1.6	0.07	88	22	38.775	39.27	1234	1250				4	0.136
Підпис	020 Різьбонарізна																
Дат	Нарізати різьбу в отв.11	8	40.5	48	0.6	1.25	390	9	8.1	7.84	322	312	-	-		4	1.025
МР.ПМК-633.00.000 ПЗ																	
Арк.																	

1.4.3 Розрахунки пов'язані з підготовкою карти налагодження та керуючої програми

Операція 005. Горизонтально – фрезерна з ЧПК;

Верстат: горизонтально – фрезерний з ЧПК 6P81ГМФ3;

Переміщення верстату – вертикальні – вісь „Y”, поперечні вісь „Z”, повздовжні вісь „X”.

Стіл прямокутний поворотний через 90^0 .

Переміщення: від поверхні стола до осі шпинделя – по осі „Y” – 190 мм; по осі „X” – 630 мм.

Віддаль від торця шпинделя до центру стола: 195 – 495 („Z”).

Пристрій спеціальний. Висота опорної поверхні пристрою над столом $H_{пр}=120$ мм.

Віддаль оброблюваної поверхні від центру стола:

- для фрезерування і свердління $h_{д1}=170$ мм;
- для цекування – після повороту на 180^0 - $h_{д}=148$ мм;

Отвір у шпинделі верстату – конус №50 (7:24).

Порядок переходів, різальний і допоміжний інструмент:

1. Фрезерувати пов.1 начорно і начисто.

- фреза 160 – T15K6 – K – 02 – 3237 – 000, діаметр фрези $D_{ф}=160$ мм, довжина фрези від вершини зубів до торця $L_1= L_{ф}=75$ мм;

- оправка 6222 – 0102 ГОСТ 26541-85;

хвостовик оправки – конус Морзе №50 (7:24)

діаметр пальця – 60 мм;

віддаль від торця оправки до торця шпинделя $b_1=70$ мм;

2. Свердлимо пов.5 Ø18H14:

- свердло 035-2301-1051 Ост 2420-2-80;

- довжина свердла $L_2=235$ мм;

- віддаль від вершини свердла до торця перехідної втулки $l_2=160$ мм,

хвостовик – КМ2;

- втулка 191831072 ТУ-035-978-85;

хвостовик – конус 50(7:24);

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

віддаль від торця втулки до торця шпинделя $b_2=45$ мм;

3. Свердлити пов.5' - $\varnothing 17$.

- свердло 035-2301-1046 ОСТ 2И20-2-80, $L_3=225$ мм, хвостовик – КМ№2;
 $l_3=150$ мм.

- втулка по п.3: $b_3=45$ мм.

4. Зенкерувати пов.5' $\varnothing 17.25$ мм.

- зенкер 2320 – 2575 ГОСТ 12489-71; $L_4=228$ мм;
хвостовик – КМ2; $l_4=153$ мм;

- втулка по п.2: $b_4=45$ мм.

5. Розвернути пов.5'- $\varnothing 18H9$.

- розвертка 2363-3756 H9 ГОСТ 1672-80, $L_5=219$ мм;
хвостовик – КМ2; $l_5=144$ мм;

- втулка по п.2: $b_5=45$ мм.

6. Цекувати пов.6 – 7 $\varnothing 32 \times 1$ мм.

- зенківка (зворотня автоматична) 191421802;

хвостовик – конус №50 (7:24), робоча вставка на обробку $\varnothing 32$ мм, отвір $\varnothing 16-18$ мм;

(для приведення різця в робоче положення корпус зенківки впирається в заготовку і ще переміщається на 10 мм).

- віддаль від торця шпинделя до торця корпусу $l_6=150$ мм.

- віддаль від торця корпусу до різальної кромки (у зведеному стані) $b_6=60$ мм;

- віддаль від різальної кромки до торця зенківки з захованим різцем

$a_b=25+10=35$ мм.

Віддаль від вершини інструменту до торця шпинделя – координата вершини інструменту W_i в системі координат інструменту (СКІ) визначається сумування l_i , a_i , b_i , - визначення W_i приведено в таблиці 1.13.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.4 Аналіз точності обробки

Вихідні дані: операція 005. Горизонтально-фрезерна з ЧПК

- верстат - горизонтально-фрезерний з ЧПК моделі 6P81ГМФ3;
- матеріал деталі: сталь 25Л -І ГОСТ 977-88;
- різальний інструмент: різець розточний державковий – різець 2142 – 0147 Т30К4 ГОСТ 9795-84, перетин державки 16×16;
- матеріал: ріжучої частини: твердий сплав Т30К4 із зносостійким покриттям;
- пристрій: спеціальний з механізованим приводом;
- геометричні параметри інструменту: $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$; $\gamma=10^\circ$; $\lambda=0^\circ$.

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична $\varnothing 110H9^{+0.087}$ мм;

Обробка виконується на попередньо налагодженому верстаті з використанням індикаторного упору з вимірною головкою 1МИГП ГОСТ 9292-82 з ціною поділки 0.001 мм та кутоміра типу 155 з ціною поділки 0.002 мм.

Ескіз обробки проведемо на рис. 1 графічної частини.

Похибки (основні), що впливають на точність радіуса оброблюваної поверхні – замикаючої ланки технологічного ланцюга:

Δ_B - похибка форми від геометричної неточності верстату: в радіальному напрямку Δ_B - зумовлена радіальним биттям шпинделя, і в осьовому напрямку – зумовлена відхиленням паралельності вісі шпинделя до напрямних станини в горизонтальному напрямку. Це похибка постійна.

Δ_H – похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру. Випадкова при багаторазовому налагодженні.

Δ_y – похибка від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною глибини різання від t_{\max} до t_{\min} і зміною механічних властивостей матеріалу.

Δ_i – похибка від розмірного спрацювання різця.

Δ_m – похибка теплового спрацювання різця.

Похибками форми в осьовому напрямку від розмірного спрацювання і теплової деформації нехтуємо.

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічної частини.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.15

$\Delta_i = U_0 \cdot (1 + V \cdot \tau / 1000) =$ $= -1.5 \cdot (1 + 276.46 \tau / 1000) =$ $= -1.5 \cdot (1 + 0.27646 \tau)$	τ – час обробки, хв; U_0 – відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ – змінна величина; $U_0 = 1.5$ мкм/км ([5], табл. 28, с. 74) та ([4], табл. 10, с. 680)
$\Delta T = -C \frac{L_p}{F} \cdot \sigma_b \cdot (t \cdot s)^{0.75} \cdot V^{0.5} \cdot \frac{T_0}{T_0 + T_{nep}}$ $\cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}} \right) =$ $90 \frac{15}{256} \cdot 276.46^{0.23} \cdot 0.11^{0.45} \cdot 0.1^{0.7} \cdot$ $\frac{0.483}{0.483 + 7.111} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}} \right) = 0.12 \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}} \right)$	C – константа; L_p, F – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм ² ; σ_b – границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм ² ; t, S, V – режими різання; T_0, T_{nep} – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; τ_m – константа знаходиться в межах 12- 24 хв	$L_p = 1$ мм; $F = 256$ мм ² ; $t = 0.1$ мм; $\sigma = 45$ кГс/мм ² $V = 276.46$ м/хв; $T_0 = 0.483$ хв; $T_{nep} = 7.111$ хв; $\tau_m = 16$ хв. $C = 90$.

Таблиця 1.16 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

τ , хв	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
Δ_i	0	-2.33	-3.16	-4.82	-6.48	-8.14	-9.80	-13.94	-18.09	-28.38	-34.68
Δ_m	0	0.05	0.68	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
$\Delta_{cyst} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$	0	-4.56	-6.16	-9.44	-12.74	-16.04	-19.36	-27.44	-35.94	-56.5	-69.12

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку 2 графічної частини.

З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_T =$ хв.

Оскільки $T_e < T_T$, то загальна похибка обробки складає (по діаграмі):

$$\Delta_{cyst} = 0.0851 \text{ мм.}$$

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{налаг} = D_{max} - 0.5 \cdot \Delta_m - \Delta_{cyst.min} - (T - \Delta_{cyst}) / 2, \text{ мм.}$$

Найменше граничне значення розміру:

$$D_{max} = 110.087 \text{ мм.}$$

Найменше значення систематичної похибки:

$$\Delta_{cyst.min} = 0 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір $T = 0.087$ мм.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$D_{\text{налаг}} = 110.087 - 0.5 \cdot 0.0286 - 0 - \frac{0.087 - 0.0851}{2} = 110.07175 \text{ мм.}$$

Питома вага C_j первинних похибок обробки в загальній похибці:

$$C_j = (\Delta_j / \Delta_{\text{сум}}) \cdot 100\%,$$

де Δ_j – величина j -ої похибки.

Результат розрахунку C_j приведені в таблиці 1.17 на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки, рисунок 4 графічної частини.

Таблиця 1.17 – Результати розрахунку C_j

Позначення похибки Δ_j	Δ_v	Δ_n	Δ_y	$\Delta_{\text{ми}}$	Δ_i	Δ_t	$\Delta_{\text{сист}}$
Значення похибки Δ_j	0.02	0.0072	0.0003	0.0286	0.0567	0.00024	0.0565
$C_j, \%$	23.50	8.46	0.35	33.6	66.63	0.28	66.39

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

Можливими заходами по забезпеченню точності та підвищення надійності обробки є застосування більш зносостійкої частини різця, наприклад з багатошаровим зносостійким покриттям.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.5 Нормування технологічного процесу

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \text{ хв.}$$

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

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

n – число деталей у партії, $n_{\partial} = 120$ шт.

Допоміжний час $T_{\partial} = T_{вст} + T_{упр} + T_{вим}$, 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 ненормованих 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;

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

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 тех. документації, інструментів, пристроїв і інструментів майстра, тощо.

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

Приклад розрахунку норм часу.

Операція № 020 Різьбонарізна

Початкові дані:

$T_0 = 1,025$ хв.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса деталі на операції $M_d = 8,0$ кг.

Характеристика базуючих та затискних елементів пристрою та приводу: заготовка встановлюється на площину і палець без закріплення.

Одночасно оброблюється 1 деталь.

$$T_{вст} = t_{вст} + t_{оч} + 3tn, \text{ хв.}$$

Час на встановлення заготовки робітником.

$$t_{вст} = 0.14 \text{ хв. ([12], с. 76).}$$

Час на очищення пристрою від стружки щіткою $t_{оч} = 0,09$ хв. ([12], с. 77).

Час на переміщення заготовки на підставці $t_n = 0,11$ хв. ([12], с. 76);

$$T_{вст} = 0.14 + 0,09 + 3 \cdot 0,11 = 0,56 \text{ хв.},$$

$$T_{упр} = 4t_{пер} \text{ хв.}, t_{пер} = 0,09 \text{ хв.}; ([11], с. 102)$$

$$T_{упр} = 4 \cdot 0,09 = 0,36 \text{ хв.}, T_{вим} = K_n \cdot t_{вим}, \text{ хв.}$$

Час на вимірювання різьбового отвору М8-6Н

$$t_{вим} = 0,5 \text{ хв. ([12], с. 89)}$$

Коефіцієнт періодичності вимірювань $K_n = 0,03$ ([11], с. 7)

$$T_{вим} = 0,5 \cdot 0,03 = 0,015 \text{ хв.}$$

$$T_d = 0,56 + 0,36 + 0,015 = 0,935 \text{ хв.}$$

$$П_{обс} + П_{пер} = 6\% ([1], с. 214)$$

$$T_{шт} = (1,025 + 0,935) \cdot 1,06 = 2,078 \text{ хв}$$

$$T_{пз1} = 4 \text{ хв.}, ([1], табл. 6.4, с. 216);$$

$$T_{пз2} = 7 \text{ хв.}, ([1], табл. 6.1, с. 214);$$

$$T_{пз} = 4 + 7 = 11 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к} = 2,078 + 11/120 = 2,17 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.18 - Нормування технологічного часу

№ операції	Назва операції	T_0 , хв	T_d , хв	$П_{обс} + П_{пер}$, %	$T_{шт}$, хв	$T_{п.з}$, хв	$T_{ш.к}$, хв
005	Фрезерна з ЧПК	3,357	2,24	8	5,776	31,3	6,037
015	Фрезерна з ЧПК	5,489	2,105	8	8,202	34,0	8,485
020	Різьбонарізна	1,025	0,935	6	2,078	11,0	2,17
Всього		-	-	-	-	-	16.692

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2 Конструкторська частина

Розрахунок та проектування пристроїв

Верстатні пристрої, що застосовуються в проектній технології, мають гідропривід.

Розрахунковий діаметр гідроциліндра визначається за формулою:

$$D_p = 1.13 \sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta}}, \text{ мм} \quad ([3], \text{ с.113});$$

Зусилля на штоці гідроциліндра, штовхаюче:

$$N = 0.785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} \quad ([3], \text{ с.113});$$

$$\text{Тягнуче: } T = 0.785(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} \quad ([3], \text{ с.113});$$

Звідки, розрахунковий діаметр гідроциліндра:

$$D_p = 1.13 \sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta} + d^2}, \text{ мм}$$

де p – розрахунковий тиск робочої рідини в гідроциліндрі;

Границі значень:

$p = 1 \dots 15$ МПа ;

η – коефіцієнт корисної дії гідроциліндрів, $\eta = 0.93$ ([6], табл. 22, с.92);

d – діаметр штока гідроциліндра, мм;

Фактичний діаметр гідроциліндра D приймаємо округленням D_p до найбільшого ближчого з ряду: 40, 50, 63, 80, 100 мм.

При розрахунку сили затиску враховується коефіцієнт запасу ([6], с. 84, табл. 9):

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$K_0 = 1.5$ - коефіцієнт гарантованого запасу.

K_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($K_1 = 1.2$ - при чорновій обробці; $K_1 = 1.0$ - при чистовій обробці);

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту:

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при торцьовому і циліндричному фрезеруванні $K_2=1.6$;

- при свердлінні, при розсвердлюванні $M_{кр} - K_2=1.15$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання за рахунок переривчастого різання. При переривчастому різанні та торцьовому фрезеруванні $K_3=1.2$.

K_4 – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення в затискному механізмі. Для гідроциліндрів подвійної дії $K_4=1.0$; Для гідроциліндрів односторонньої дії $K_4=1.3$;

K_5 – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних механізмів. При зручному розміщенні рукояток та куті повороту до 90^0 – $K_5=1.0$;

K_6 – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що стараються повернути встановлену на опри заготовку. При опорах-пластинах $K_6=1.5$; при опорах циліндричних – $K_6=1.0$.

Якщо $K < 2.5$, приймають $K=2.5$.

f – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискними елементами. Вибирається за таблицею 10 ([6], с.85).

2.1 Пристрій фрезерний

2.1.1 Опис призначення будови і роботи пристрою

Спроекований в даній магістерській роботі верстатний пристрій призначений для базування та закріплення кронштейна КС-4574.25.011 при виконанні фрезерної операції 005. На операції використовуємо верстат горизонтально-фрезерний з ЧПК 6Р81ГМФ3:

- розміри стола верстату 1000×250 мм, поворотного стола – 320×320 мм;

- число пазів у столах – по 3, ширина центрального пазу 14Н8, решти 14Н11;

- віддаль між пазами – 50 мм, в поворотного стола – 160 мм.

Річна програма випуску деталей 2160 шт.

Початкові дані для проектування:

основний час операції $T_o=3.357$ хв (табл. 1.18).

$P_z=642$ Н; За таблицею 42([6], с.929) $P_h= 0.35P_z=0.35*642=225$ Н;

$P_v=0.9 P_z=0.9*642=578$ Н; $P_y=0.35 P_z=0.35*642=225$ Н;

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_x=0.5 P_z=0.5*642=321Н.$$

Пристрій складається зі складальних одиниць: корпус 1, гідроциліндри – 2, штуцери (до гідроциліндрів) 3.

Гідроциліндри 2 розміщені в отворах верхньої плити корпусу 1 і закріплені гвинтами 22. На поверхні корпусу 1 запресовані отвори 23, гвинтами 22 та штифтами 27 закріплена призма 13, а гвинтами 22 та штифтами 26 закріплений кронштейн 15 з установом 25 та гвинтом 21. Крім цього на плиті закріплені гвинтами 22 стійки 11 з розміщеним в них на осі 14 притискачами 12, та запресовані упор 17 та палець 16, призначений для визначення налагоджувального розміру для установка. На стіл верстата пристрій встановлюють шпонками 24 в центральний паз і закріплюють 4-ма болтами за ГОСТ 12459-67 з гайками та шайбами.

Початкове положення пристрою:

поршні гідроциліндрів 2 в крайньому нижньому положенні, притискачі 12 – довгі плечі опущені в низ, короткі, затискачі, - догори.

Заготовку вславлюють під затискачі 12 на опори 23 і в призму 13 та впирають в упор 17, робочу рідину подають у гідроциліндри 2, у поршневу порожнину через нижні штуцери і вона переміщає поршень догори, його вихідний кінець тисне на довгі плечі притискачів 12, котрі повертаються на осях 14 і притискають заготовку до опор 23.

Для відкріплення деталі пристрій приводять в початкове положення подачею робочої рідини в штокову порожнину.

2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

При обробці на заготовку діють:

- складові сили різання – P_n – намагається її повернути на опорах відносно осі призми;
 P_v – намагається підняти і повернути заготовку відносно торця ближньої до оброблюваної поверхні опори;

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_p = Q/1.5 = 1527/1.5 = 1018 \text{ Н};$$

При $P=4 \text{ МПа}$; $\eta=0.93$; $d=32 \text{ мм}$;

$$D_p = 1.13 \sqrt{\frac{1018}{4 \cdot 0.93} + 32^2} = 40.7 \text{ мм};$$

Приймаємо $D=50 \text{ мм}$;

$$N = 0.785(50^2 - 32^2)4 \cdot 0.93 = 4310 \text{ Н};$$

$$Q = 1.5 \cdot 4310 = 6465 \text{ Н};$$

$$2Q = 12930 \text{ Н};$$

2.1.3 Розрахунки пристрою на міцність і зносостійкість

На міцність розраховуємо слабкі ланки. Зносостійкість визначаємо у деталей, що формують точність пристрою – опорні поверхні, базові отвори, пальці, тощо.

Розрахунок на міцність

Найслабшою ланкою пристрою є вісь 14.

Діаметр осі $d=16 \text{ мм}$.

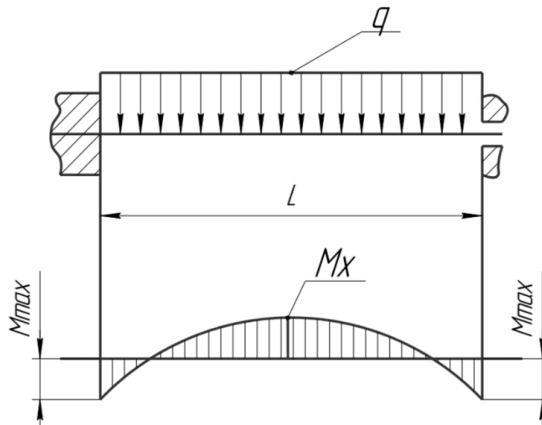


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку осі на зріз

$$l = 16 \text{ мм};$$

$$M_{\max} = q \cdot l^2 / 12, \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$q = P/l \text{ Н/мм};$$

$$P = N \frac{l_1 + l_2}{l_2} = 4310 \frac{1.5 + 1}{1.5} = 7183 \text{ Н};$$

$$q = 7183/16 = 449 \text{ Н/мм};$$

Умова міцності осі:

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{зр} = M_{x,max} / W_x, \text{ мПа} \leq [\tau_{зр}], \text{ мПа}$$

Матеріал осі: сталь 45; 35..39Ю5 HRC_E;

$$[\tau_{зр}] = 122.5 \text{ мПа} \text{ ([8], табл. 15, с.86);}$$

$$M_{max} = 449 * 16^2 / 12 = 9577.3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$W_x = 0.1d^3 = 0.1 * 16^3 = 409.6 \text{ мм}^3;$$

$$\tau_{зр} = 95773 / 409.6 = 23.4 \text{ мПа} < [\tau_{зр}] = 122.5 \text{ мПа.}$$

Розмір осі вибрано вірно.

Розрахунок пристрою на зносостійкість

Визначаємо гарантовану величину спрацювання опор:

Гарантована величина спрацювання:

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

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

$$N_r = N = 2160 \text{ шт}$$

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: $\Pi_1 = 1.03$, (табл. 1.12, с. 47) – сталь не гартована та сталь 20Х.

3. Зусилля, що діє по нормалі на опору:

$$Q = Q_{np} = 12930 \text{ Н.}$$

4. Номінальна площа контакту опор:

$$F = 6 \cdot 0.785(25^2 - 3.2^2) = 22.38 \text{ мм}^2.;$$

5. Критерій навантаження опори:

$$\Pi_2 = \frac{Q}{F \cdot HV} = \frac{12930}{2238 \cdot 615} = 0.0094 = 94 \cdot 10^{-4}.$$

6. Зносостійкість $C = 320$ шт./мкм (рис. 1.6 а, с. 49).

Арк.

МР.ПМК-633.00.000 ПЗ

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

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

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

$$K_t = 0,79 \cdot T_0 = 0,79 \cdot 3,357 = 2,652,$$

де T_0 – основний час обробки. $T_0 = 3,357$ хв;

K_L – враховує вплив довжини L шляху ковзання заготовки по опорах: $K_L = 1,25$, при $L = 80$ мм, (с. 47);

K_y – коефіцієнт умов обробки, $K_y = 0,94$, для сталі з охолодженням (табл. 1.14, с. 50);

$$K = 2,652 \cdot 1,25 \cdot 0,94 = 3,116.$$

8. Фактична зносостійкість:

$$C_\phi = C/K = 320/3,116 = 102,7 \text{ шт/мкм},$$

$$9. \Delta_{z.cn} = \frac{N}{C_\phi} = \frac{2160}{102,7} = 21 \text{ мкм} = 0,021 \text{ мм}.$$

2.1.4 Розрахунок пристрою на точність та довговічність

За довідковою літературою приймаємо рекомендовані норми точності пристрою.

Допуск паралельності опорної поверхні опор до основи пристрою приймаємо за 8 ступенем точності ГОСТ 24643-81 ([9], табл. 5.10, с.108).

Визначаємо точність еталона - розмір на котрий необхідно виставити установ для налагодження фрези на обробку пов.1 за щупом, розміром $b=3h6_{(-0,006)}$ мм.

$$T_e = \sqrt{(0,4\omega)^2 - T_{щ}^2 - \varepsilon_{рег}^2 - \varepsilon_{поп}^2}, \text{ мкм};$$

де ω – економічна точність обробки, $\omega=16$ мкм ([13], табл. А12, с.171);

допуск виготовлення щупа – $T_{щ}=0,006$ мм.

$\varepsilon_{рег}=0,02$ мм – похибка встановлення інструмента по щупу ([13], с.59);

$\varepsilon_{поп}=0,5\Delta_{поп}$ мм – похибка визначення поправки;

$\Delta_{поп}$ – поправка на динаміку процесу:

$$\Delta_{поп}=Ra+\Delta_{пр,д}+S_{щп}, \text{ ([13], с.57);}$$

$$Ra=3,2 \text{ мкм}=0,0032 \text{ мм};$$

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{\text{пр.д}}=P_y/j; P_y=443 \text{ Н.}$$

$$j=700000 \text{ н/мм ([13], табл. 1.18, с.58);}$$

$$\Delta_{\text{пр.д}}=443/700000=0.00063;$$

$$S_{\text{шп}}=0 \text{ ([13], с.58);}$$

$$\Delta_{\text{поп}}=0.0032+ 0.00063=0.00383 \text{ мм;}$$

$$\varepsilon_{\text{поп}}=0.00383/2=0.0019 \text{ мм;}$$

$$T_e = \sqrt{(0.4 \cdot 0.16)^2 - 0.006^2 - 0.02^2 - 0.0019^2} = 0.064 \text{ мм;}$$

Так як допуск обробки двосторонній, то встановлюємо точність виготовлення установка за $\frac{IT7}{2}$.

Розмір встановлення установка:

$$L_e=L_d - b=170-3=167\pm 0.02 \text{ мм;}$$

де b – товщина щупа.

2.2 Пристрій контрольний

Опис призначення будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для контролю торцьового биття пов.3 відносно осі пов. 8 – Ø110Н9.

Пристрій складається з корпусу 1 на котрому розміщені втулка 4, кільця 3 затиснені гайкою 2. У верхній частині корпусу загвинчено гвинт 9 та ручку 6, а також гвинтом 8 через втулку 5 (розрізну) закріплений індикатор 10.

Деталь – закріплюється в лещатах в горизонтальному положенні вимірювальною поверхнею догори.

Пристрій встановлюють в базовий отвір до впирання сферичного кінця гвинта 8 у вимірювальну поверхню і гайкою 2 вибирають зазор між деталлю та втулкою 4 з можливістю обертання. Доцільно індикатор 10 встановити на „нуль” і повертаючи пристрій через кожних 30^0 записують покази індикатора.

Визначення придатності деталі.

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

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

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де U_1 -похибка засобів вимірювання; $U_1 = \sqrt{U_{1,1}^2 + U_{1,2}^2}$,

$U_{1,1}=0.0035$ мм – похибка індикатора ([4], с.562);

$U_{1,2}=0.003$ мм ([10], с.42) – похибка пристрою;

$U_1 = \sqrt{0.0035^2 + 0.003^2} = 0.0046$ мм;

U_2 -похибка методу вимірювання;

$U_2 = \sqrt{U_{2,1}^2 + U_{2,2}^2 + U_{2,3}^2 + U_{2,4}^2 + U_{2,5}^2 + U_{2,6}^2}$ мкм;

$U_{2,1}=0$ - похибка базування - при відсутності зазору.

$U_{2,2}$ -похибка від неповного охоплення вимірюваної поверхні; $U_{2,2}=0$ -;

$U_{2,3}$ -похибка від не виключеного впливу шорсткості вимірюваної поверхні;

$U_{2,3}=0$ – сферичний вимірювач;

$U_{2,4}$ -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;

$U_5=0,001$ мм (приймаємо 0.5 поділки індикатора);

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

$U_{\Sigma} = \sqrt{0.0046^2 + 0.001^2} = 0.00472$ мм

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

$U_{\Sigma} = 0.005$ мм.

Визначення придатності деталі:

$T_{\text{вим}} = T - U_{\Sigma}$ мм

де T -допуск деталі, мм; $T = \pm 0.1$ мм;

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{вим}} = 0,12 - 0,005 = 0,15 \text{ мм.}$$

Деталь придатна, якщо різниця показників вимірювального приладу не більше 0,15 мм.

2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристроїв

Коефіцієнт уніфікації пристрою визначається за формулою:

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

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

Σ_0 - число найменувань оригінальних деталей та складальних одиниць, шт.

Вихідні дані і розрахунок наведемо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Назва пристрою	$\Sigma_{\text{заг}}$, шт	Σ_0 , шт	K_y , %
Фрезерний 03	17	10	41.2
Контрольний 04	9	6	33.3

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Імітаційне дослідження роботи притискної ланки фрезерного пристрою

Аnsys – це потужний модуль програмного забезпечення, який призначений для проведення аналізу конструкцій та дослідження напруженодеформованого стану виробів. Ця програма використовує метод кінцевих елементів для імітаційного дослідження виробів та дозволяє інженерам прогнозувати їх поведінку виробів у реальних умовах роботи.

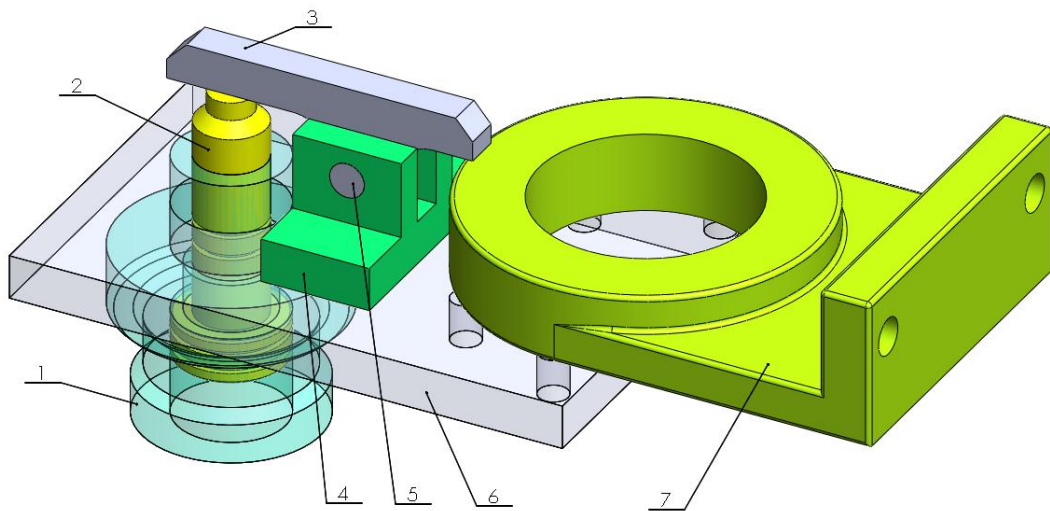
Основними можливостями програми є проведення таких аналізів:

- лінійний та нелінійний статичний аналіз;
- аналіз частоти та динамічний аналіз;
- температурний аналіз;
- аналіз втоми та ударних навантажень.

Окрім вищезгаданих аналізів у програмі можна проводити оптимізацію виробів, що у свою чергу дозволяє зменшити їх вагу без втрати міцності.

Оскільки у магістерській роботі розроблено притискний пристрій, то для дослідження його напружено-деформованого стану побудовано тривимірні моделі окремих його деталей із яких виконано збірку.

На рисунку 3.1 показано тривимірну модель зібраного притискного пристрою.



1 – циліндр; 2 – шток з поршнем; 3 – коромисло;
4 – опора; 5 – вісь; 6 – плита; 7 - деталь

Рисунок 3.1 – Тривимірна модель для проведення імітаційного моделювання

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК-633.00.000 ПЗ

Для проведення імітаційного моделювання необхідно встановити граничні умови. Граничними умовами прийнято тиск на поршень 2 та кріплення плити 6 (вона не може переміщуватись у будь якому напрямку). Величина тиску складає 0,6 МПа.

Оскільки зазвичай для розрахунку такої моделі буде потрібно багато часу, то коефіцієнт тертя між усіма контактуючими деталями прийнято рівним 0.

На рисунку 3.2 показано застосовані граничні умови, а рисунок 3 ілюструє сітку його скінченних елементів на яку розбито модель притискного пристрою.

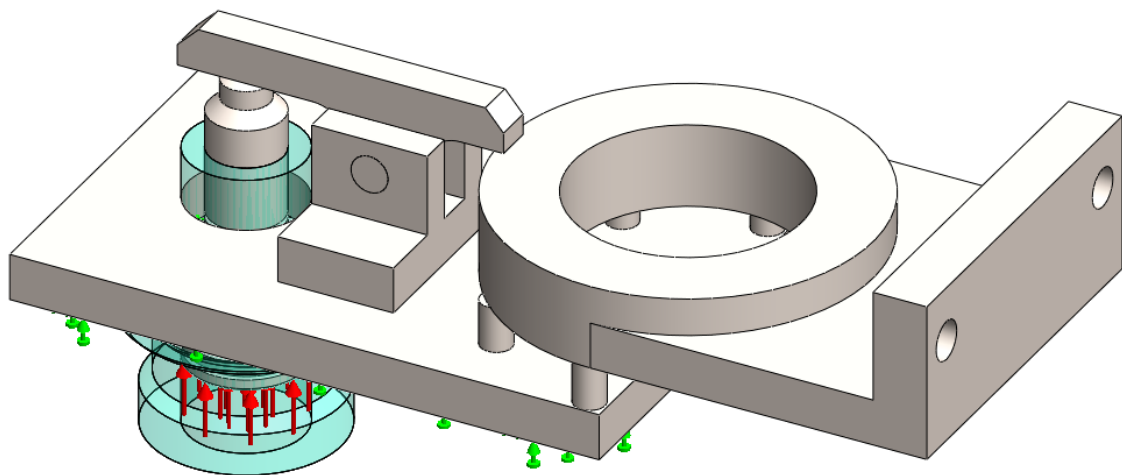


Рисунок 3.2 – Граничні умови

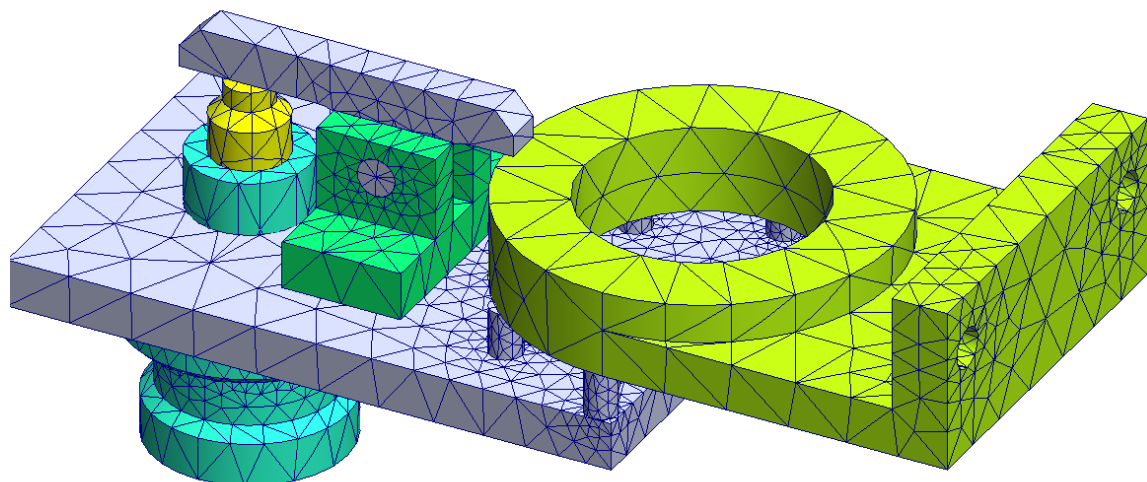


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

Щодо матеріалу, з якого виготовлені деталі притискного пристрою, то для проведення імітаційного моделювання прийнято сталь модуль Юнга якої рівний $2 \cdot 10^{11}$ Па, а коефіцієнт Пуассона – 0,28.

Після проведення розрахунку отримані результати, які показані нижче на рисунках.

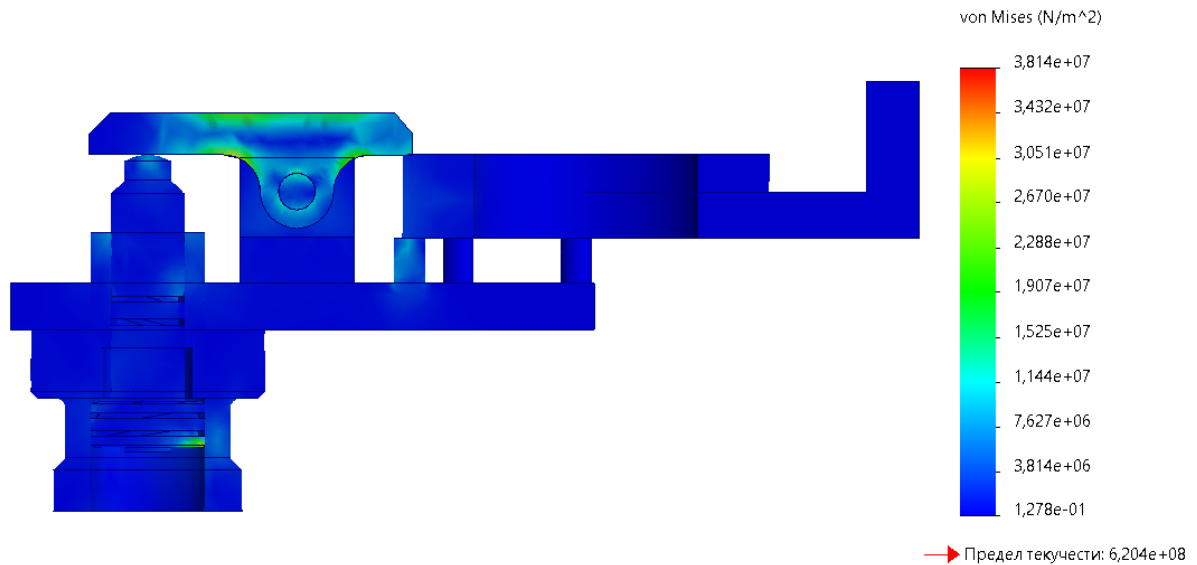


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження

Отже, згідно рисунку 3.4, максимальні напруження, що виникають у деталях притискного пристрою, спостерігаються у коромислі та осі. Їх величина становить 38 МПа, що є незначним навіть у порівнянні із сталями, у яких границя текучості складає 250 МПа.

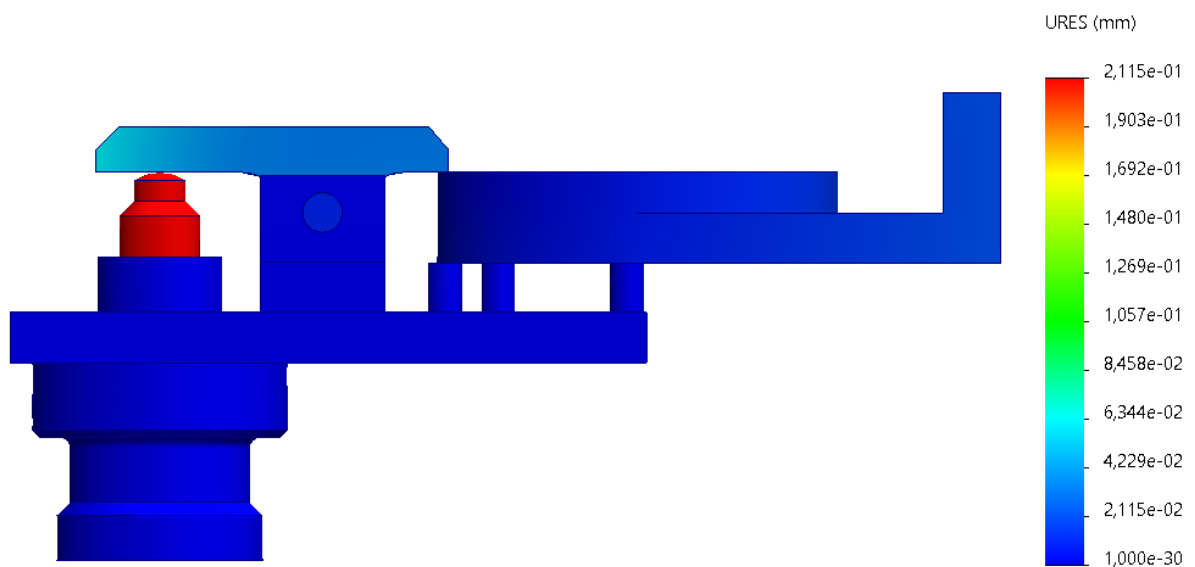


Рисунок 3.5 – Переміщення

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щодо переміщень деталей притискного пристрою, то максимальне їх значення спостерігається у штоці (0,2 мм).

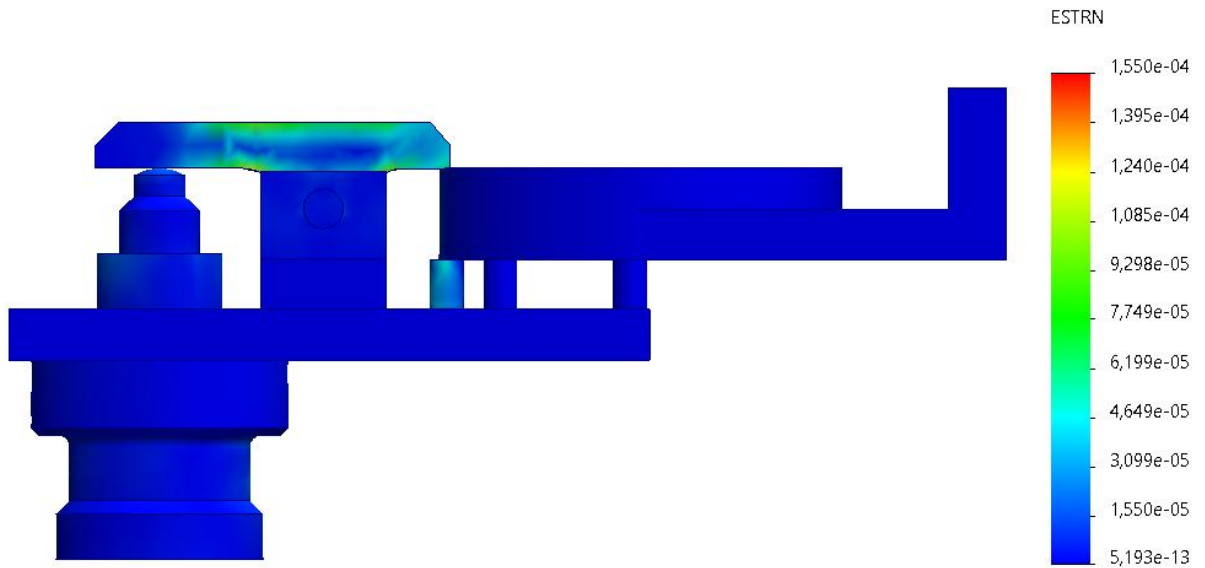


Рисунок 3.6 – Деформація

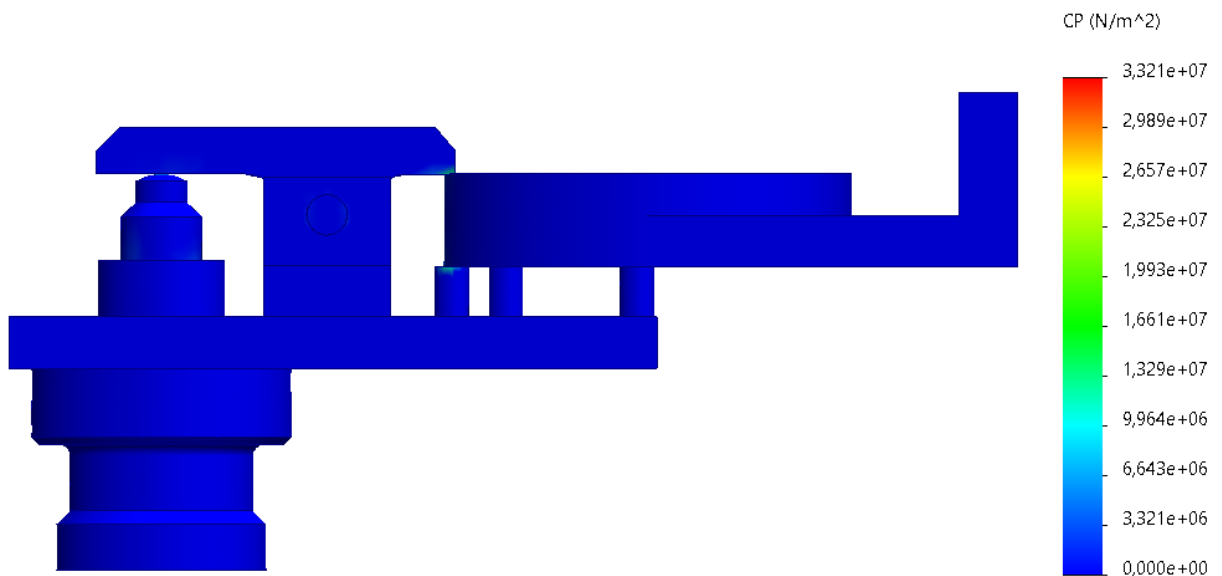


Рисунок 3.7 – Розподіл контактного тиску

Щодо контактеного тиску, то його максимальне значення складає 33 МПа. Концентрація контактеного тиску спостерігається на торці штока, торці притискача та опори.

На рисунку 3.8 показано розподіл контактеного тиску на поверхнях деталей у векторній формі.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

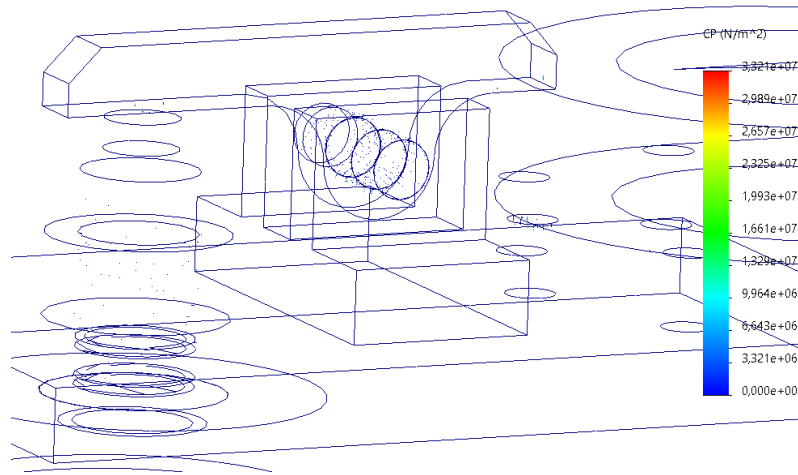


Рисунок 3.8 – Розподіл контактної тиску (у векторній формі)

На рисунку 3.9 показано розподіл коефіцієнту запасу міцності у притисковому пристрої.

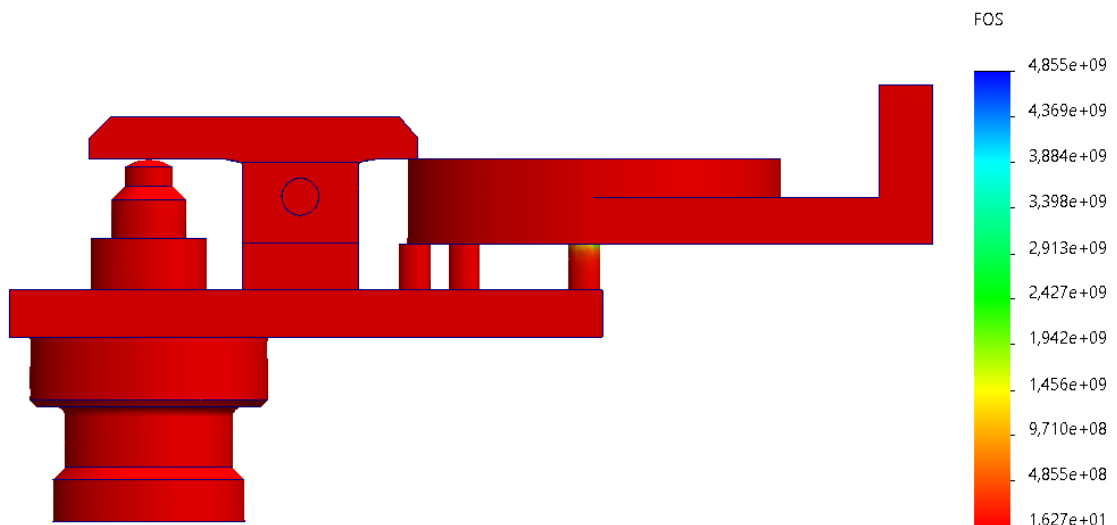


Рисунок 3.9 – Коефіцієнт запасу міцності

Як видно з рисунку 3.9, мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить 16.

Висновок.

Згідно результатів проведеного імітаційного моделювання притискового пристрою встановлено, що згідно заданих граничних умов його міцність забезпечується. Також варто зауважити, що пристрій може використовуватись і при більших навантаженнях (більшому тиску, що діє на поршень). Тому, коефіцієнт запасу міцності величиною 16 можна вважати обґрунтованим.

					MP.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даній магістерській роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення Кронштейна КС - 4574.25.011 в умовах середньо-серійного виробництва.

В процесі роботи проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі та базового технологічного процесу, в результаті чого обґрунтовано застосування заготовки – вилівка, верстатів з ЧПК, а також застосовано пристрої з механізованим приводом, котрі приведені в графічній частині. Крім цього, в графічній частині приведено графіки, діаграми та схеми до аналізу точності обробки $\varnothing 110H9$, карти налагодження до свердлильної з ЧПК операції та науково-дослідної частини, техніко-економічного обґрунтування технологічного процесу; з допомогою програмного продукту проведено перевірку працездатності притискної ланки фрезерного пристрою.

Спроектований технологічний процес, для якого порашовані припуски, режими різання та норми часу приведені в додатку у вигляді комплексу технологічної документації у відповідності до норм ЄСТД.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Горбацевич 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.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	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. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник под ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
19. Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. Проектирование механоскладальных цехов. М.: Машиностроение, 1990.
20. Егоров М. Б. Основы проектирования машиностроительных заводов. М – машиностроение, 1969.

					МР.ПМК-633.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

1	1
---	---

І Ф Н Т У Н Г

КС-4574.25.011

10101.00001

Кронштейн

Н

Кафедра КМВ

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

Технологічний процес
механічної обробки

«Кронштейн КС-4574.25.011»

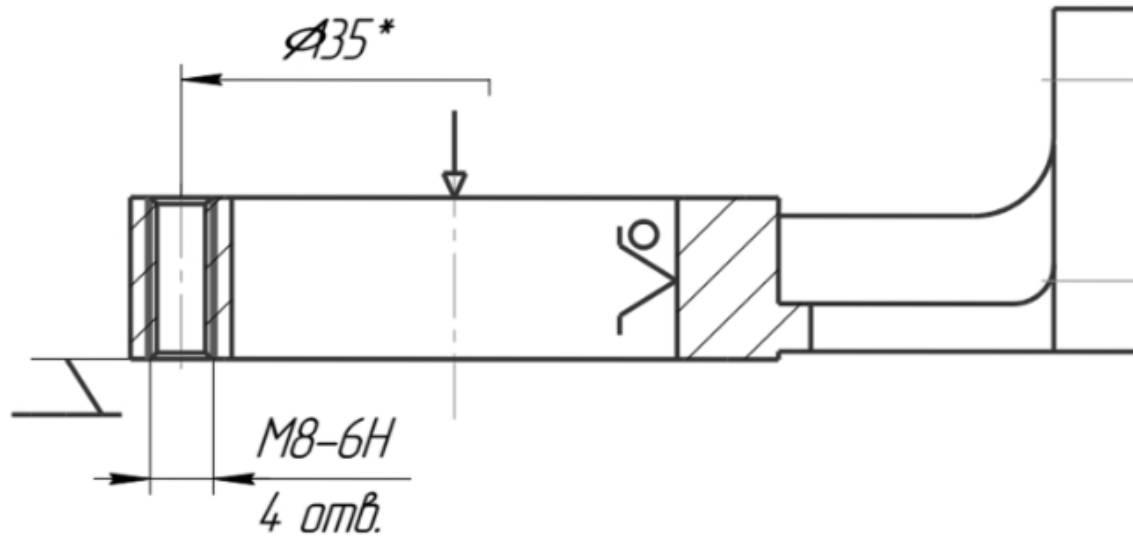
Розробив: Левицький Є.М.

Перевірів: Врюкало В.В.

Акт № ____ від “ ____ ” _____ 2024 р.

Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата	
													1	1	
Розробив	Левицький			ІФНТУНГ	КС-4574.25.011							60141.00008			
Перевірів	Врюкало														
Реценз.															
Н. контр.	Врюкало			Кронштейн									Н		
Назва операції		Матеріал			Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ	Коод		
020 Різьбонарізна		Сталь 25Л-І ГОСТ 977-88			187 НВ	кг	8	Виливок 236×90×252				8.8	1		
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми			То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР						
2Е056					1.025	0.935	11.0	2.078	Масло індустріальне 10						
Р				ПН	Дабо В	L	t	i	S _x	n	v				
P01	А. Встановити, закріпити, зняти деталь														
T02	39615Х.ХХХХ Підставка ХХХХ.ХХХХ.ХХХ														
03															
O04	2. Нарізати різьбу М8-Н6 в отв.11 наскрізь, витримати шорсткість Ra 3.2;														
T05	391330.ХХХХ Мітчик 2621-2529 ГОСТ 3266-81;														
T06	393140.ХХХХ Калібр пробка 8221-3036 ГОСТ 17758-72														
P07															
P08					8	48	0.6	4	1.25	312	7.84				
09															
010	2. Контролювати розмір – М8-6Н														
T11															
P12															
13															
O14															
T15															
P16															
17															
OK	Обробка різанням												3		

Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
												1	1		
Розробив	Левіцький			ІФНТУНГ	КС-4574.25.011							20141.00003			
Перевірів	Врюкало														
Реценз.	Врюкало														
Н. контр.	Врюкало			Кронштейн									Н		



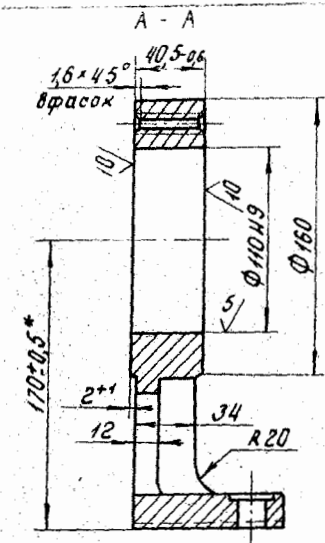
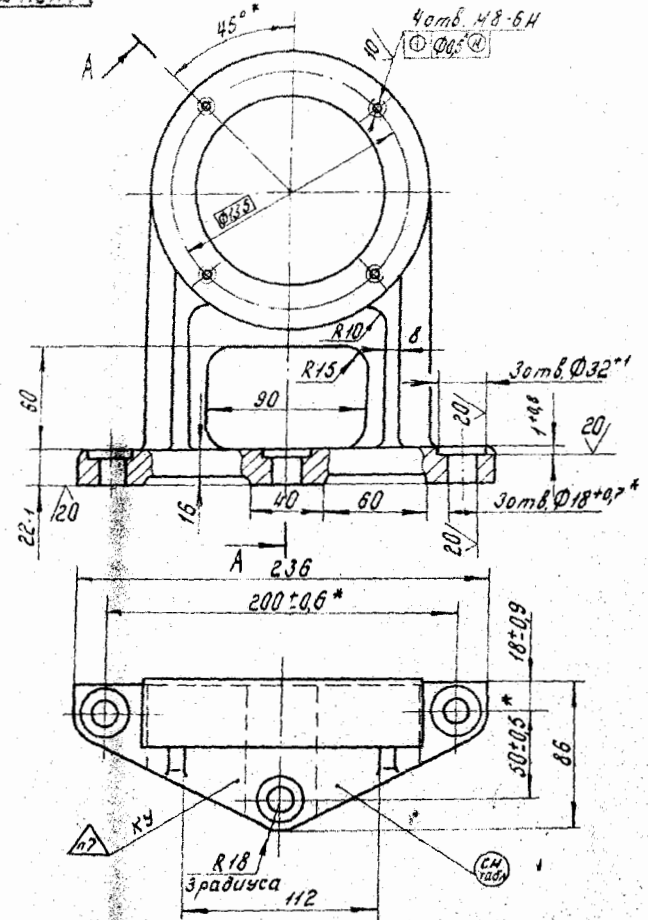
* Розмір для довідок

Перше застос.		Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
						<u>Документація</u>		
		A1			MP.ПМК-633.03.00.000 СК	Складальне креслення		2 аркуша
						<u>Складальні одиниці</u>		
				1	MP.ПМК-633.03.01.000	Корпус	1	
				2	MP.ПМК-633.03.02.000	Гідроциліндр	2	
				3	MP.ПМК-633.03.03.000	Штуцер	4	
						<u>Деталі</u>		
				11	MP.ПМК-633.03.00.001	Стійка	2	
				12	MP.ПМК-633.03.00.002	Притискач	2	
				13	MP.ПМК-633.03.00.003	Призма	1	
				14	MP.ПМК-633.03.00.004	Вісь	2	
				15	MP.ПМК-633.03.00.005	Кронштейн	1	
				16	MP.ПМК-633.03.00.006	Палець	1	
				17	MP.ПМК-633.03.00.007	Упор	1	
						<u>Стандартні вироби</u>		
				21		Гвинт М8-6д×20.36.05 ГОСТ 1491	1	
				22		Гвинт М10×40.58.05 ГОСТ 11738	16	
				23		Опора 7034-0288 ГОСТ 13440	6	
		MP.ПМК-633.03.00.000 ПЗ						
		Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пристрій фрезерний		
		Розроб.	Левицький					
		Перев.	Врюкало					
		Реценз.						
		Н.контр.	Врюкало					
		Затв.	Панчук			Літера Аркуш Аркушів Н 1 2 ІФНТУНГ ПМКМ-23-1 Формат А4		

Перше застос.		Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-сть	Примітки
						<u>Документація</u>		
		A1			MP.ПМК-633.04.00.000 СК	Складальне креслення		
						<u>Деталі</u>		
Лист №			1		MP.ПМК-633.04.00.001	Корпус	1	
			2		MP.ПМК-633.04.00.002	Гайка	1	
			3		MP.ПМК-633.04.00.003	Кільце	1	
			4		MP.ПМК-633.04.00.004	Втулка	1	
			5		MP.ПМК-633.04.00.005	Втулка	1	
			6		MP.ПМК-633.04.00.006	Ручка	1	
						<u>Стандартні вироби</u>		
Підп. і дата			8		Гвинт 7006-0016 ГОСТ 14731-69		1	
			9		Гвинт М4-6d×16.36.05 ГОСТ 1491-80		1	
Інв. № дубл.			10		Індикатор 2МИГП ГОСТ 9696-82		1	
Зам. інв. №								
Підп. і дата								
					MP.ПМК-633.04.00.000 ПЗ			
Інв. № ориг.		Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пристрій контрольний Літера Аркуш Аркушів Н 1 1 ІФНТУНГ ПМКм-23-1		
		Розроб.	Левицький					
		Перев.	Врюкало					
		Реценз.						
		Н.контр.	Врюкало					
		Затв.	Панчук					

Металлов: 4800
 Страна: № 001
 КС-4572.25.001

110 90 4050 27
 АИВЦ.733151.003



32 800
 (✓) (✓)

1. Отливка I группы ГОСТ 977-88. Точность отливки $\pm 10^{-3}$ по ГОСТ 26645-85.
2. Форнопочные уклоны по ГОСТ 3212-80.
3. Неуказанные литейные радиусы до 5 мм.
4. Допускается изготовление из 35Л ГОСТ 977-88.
5. Размеры обеспеч. инстр.
6. Грунтовать и красить кромки обработанных поверхностей по КС-4574.00.000 Д1 с учетом зоны "Л" таблицы окраски.
7. Клеймить.

Обозначение	Климатическое исполнение	Маркировка
АИВЦ.733151.003 КС-4574.25.011	Уобщепромышленное	
-00.01	Уэкспортное	Буква Э красной после Л К П
-00.02	Уэкспортное	Буква Г красной после Л К П

				АИВЦ.733151.003 КС-4574.25.011		
№	КС-4574.25.011	КС-4574.25.011	КС-4574.25.011	лист	число	лист
1	САМ	КС-4574.25.011	КС-4574.25.011	0	8	1:2
Кронштейн				лист 8		
Сталь 25Л ГОСТ 977-88				ГСКТБ		
Кранострелция						

Металлов: 4800
 Страна: № 001
 КС-4572.25.001

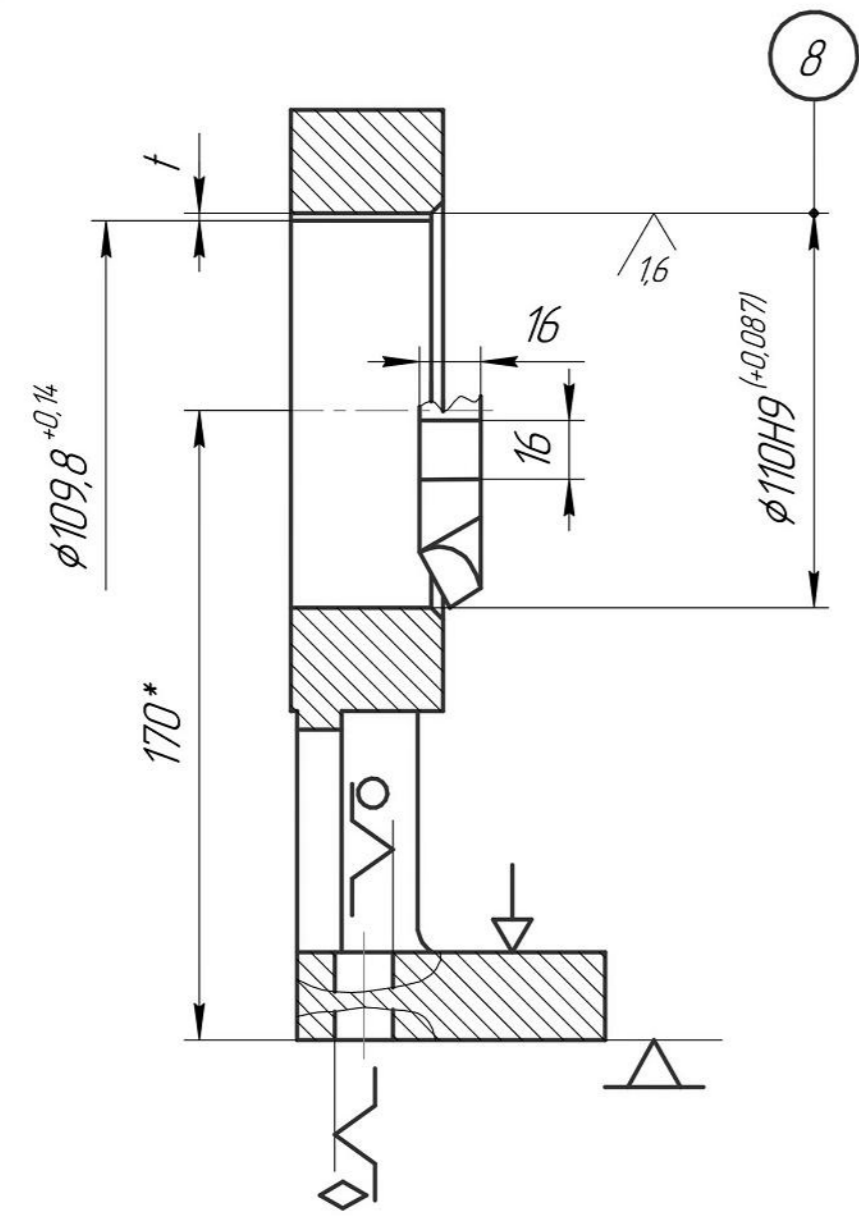


Рисунок 1 - Ескіз обробки

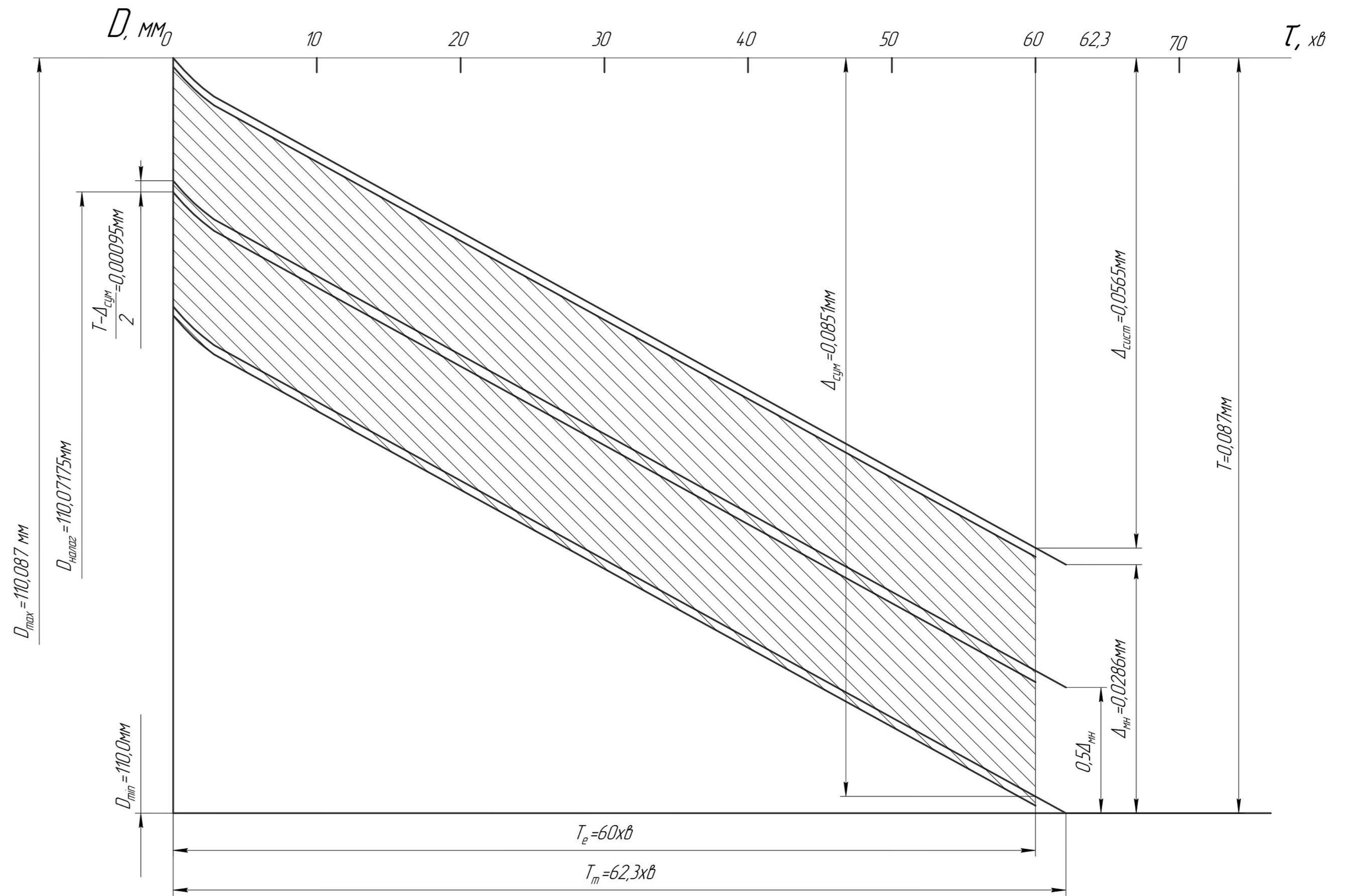


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності обробки

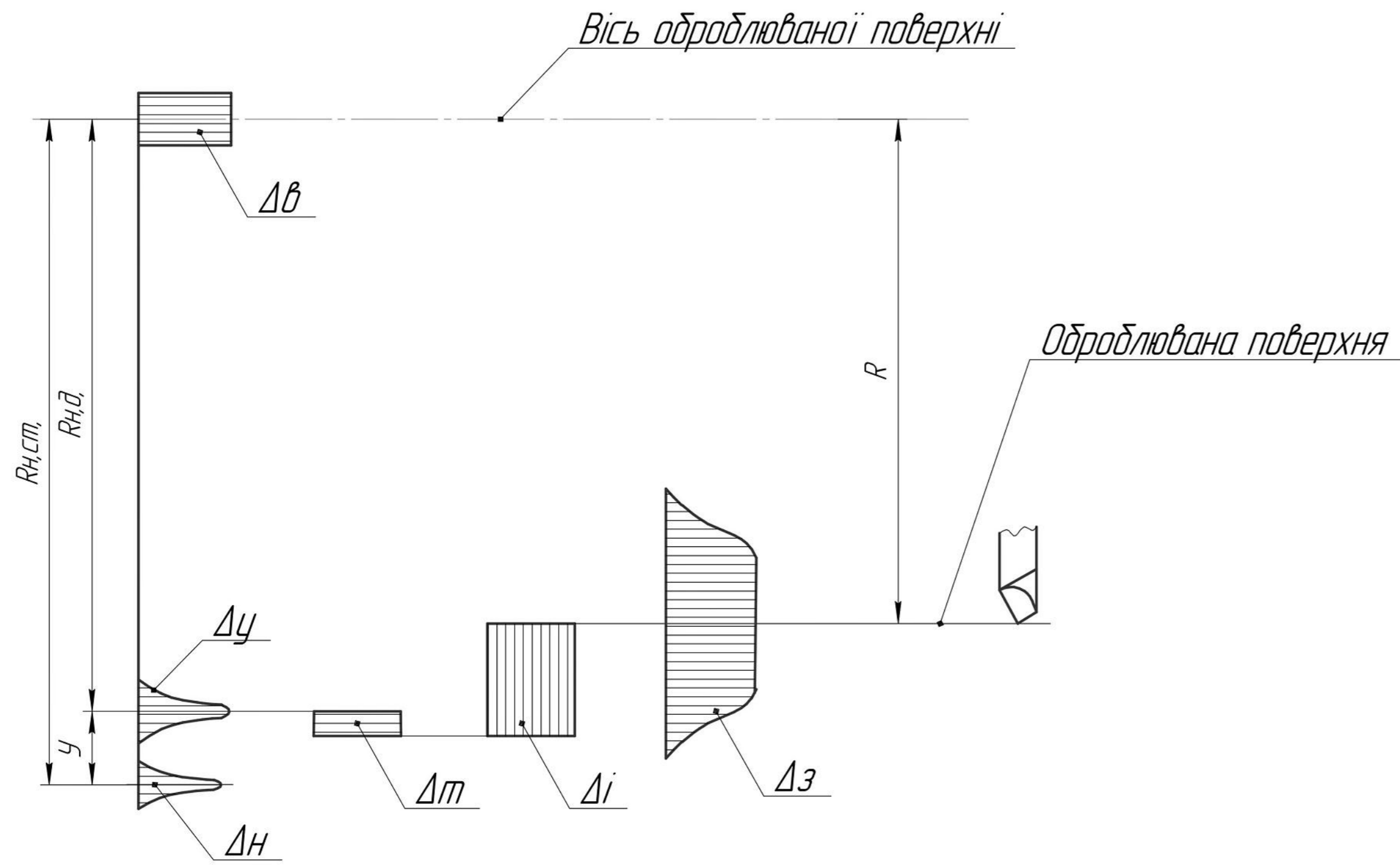


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга

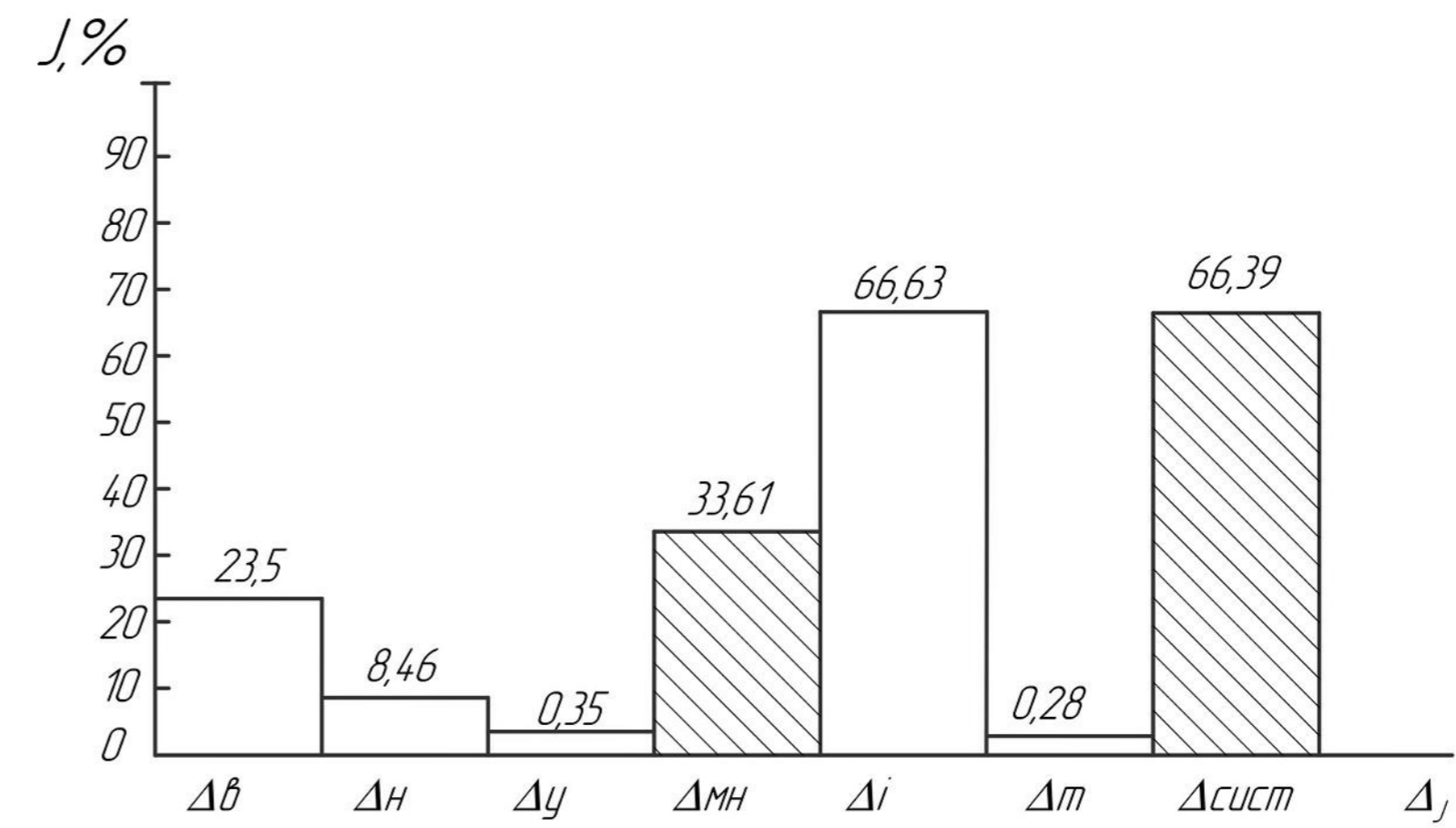
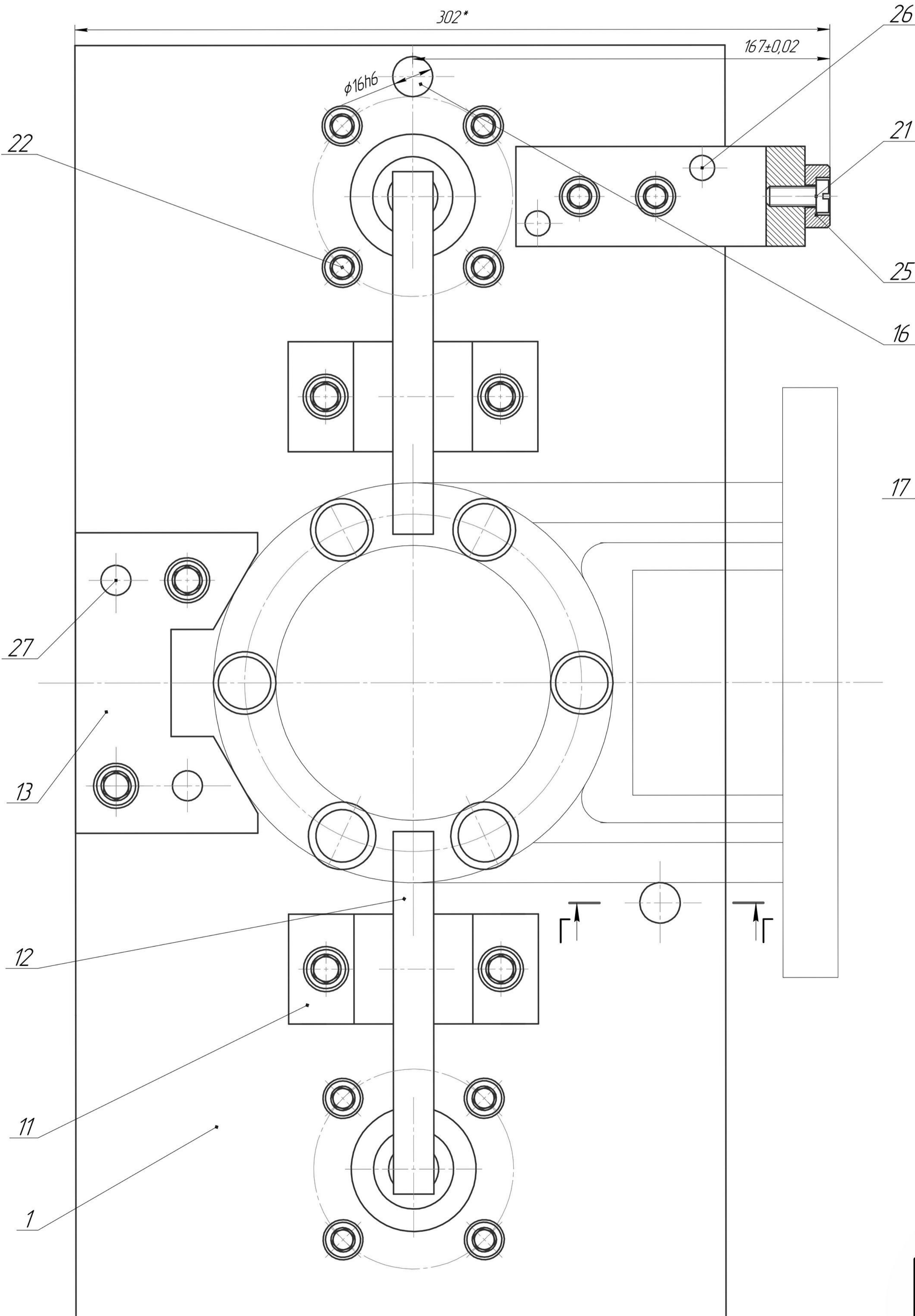
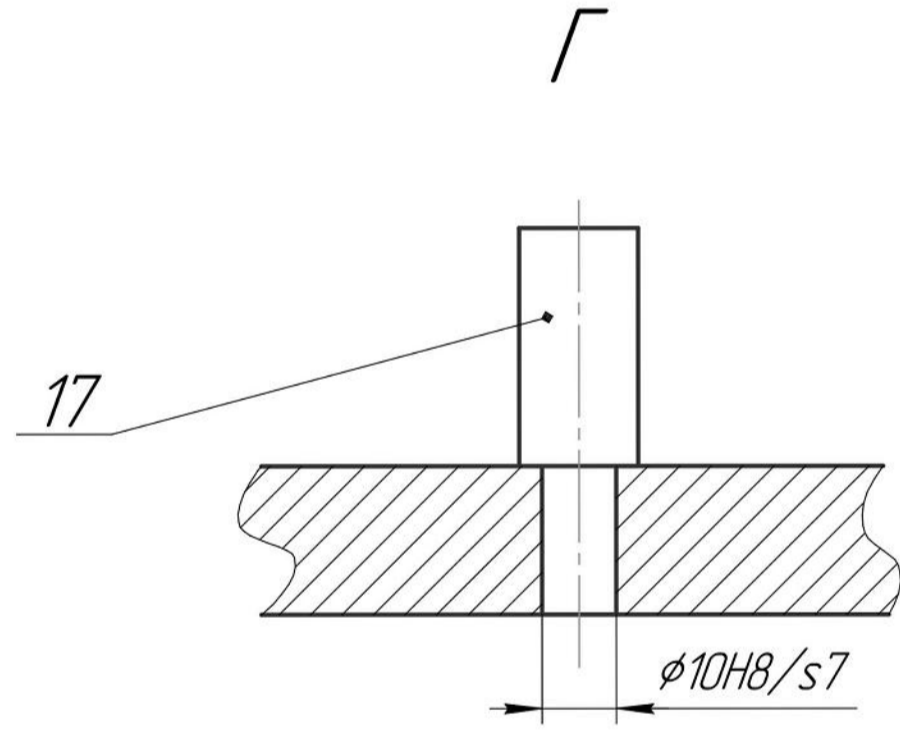
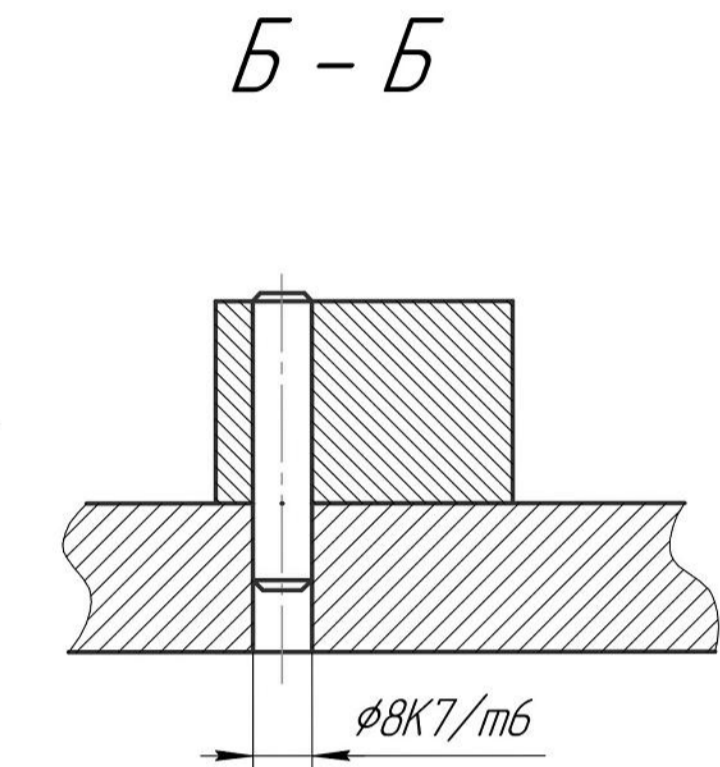
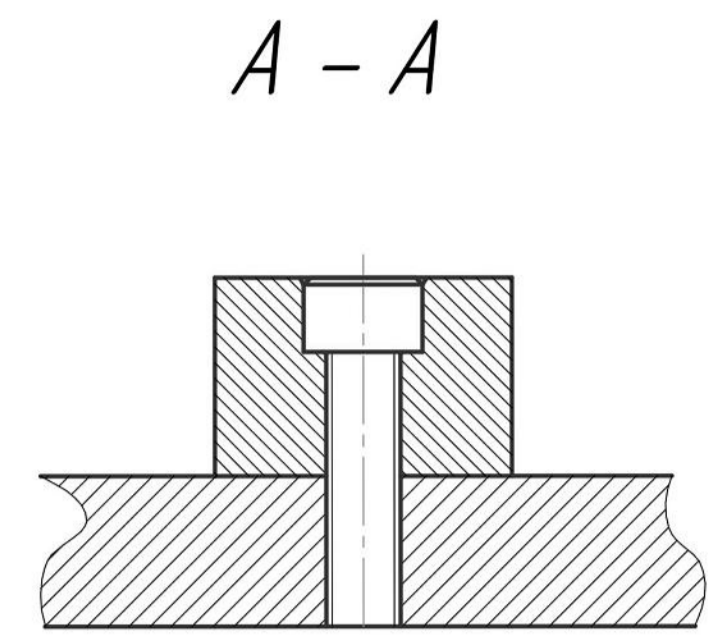
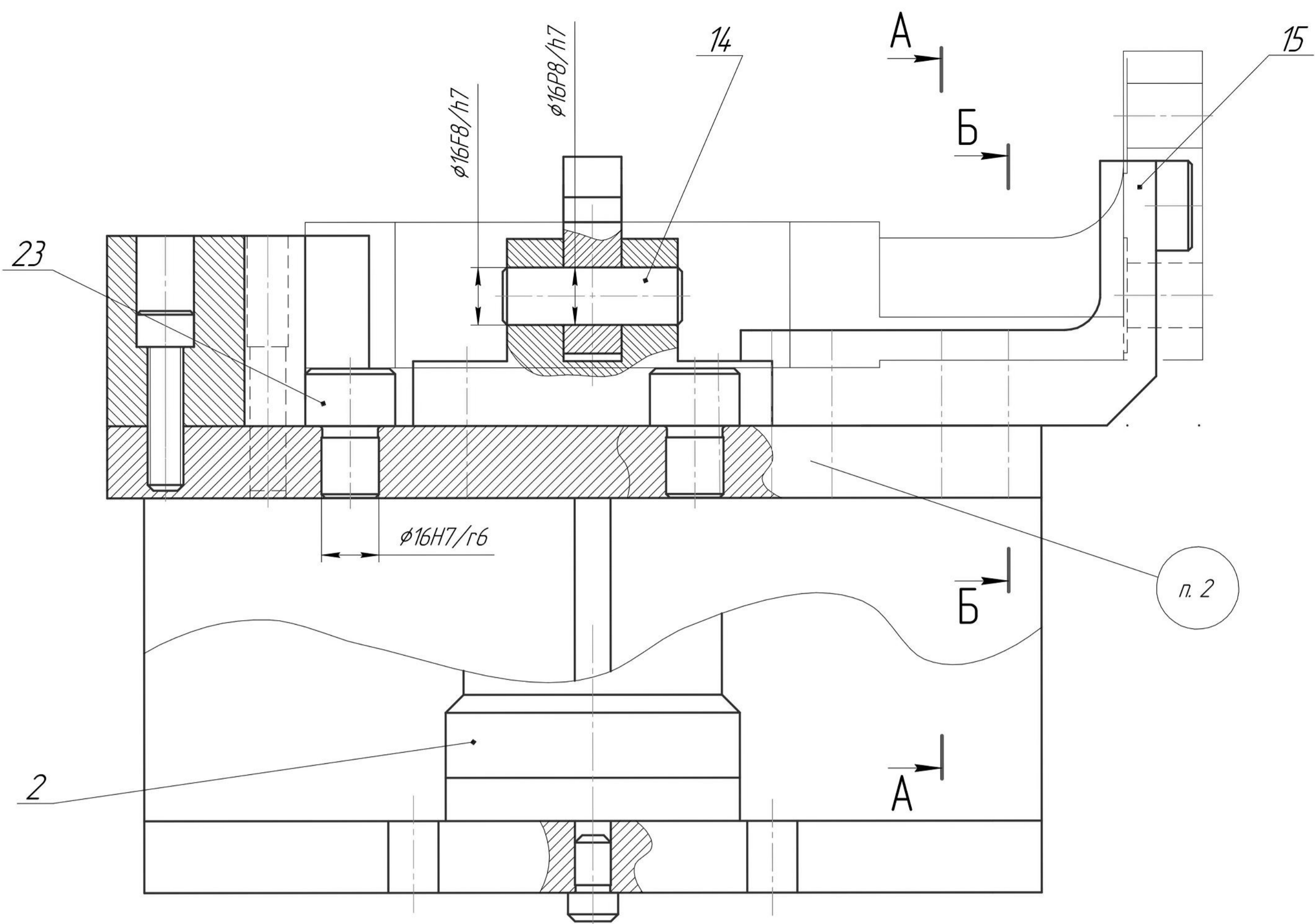


Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки

MP.ПМК-633.01.00.000 СХ				Літера	Маса	Масштаб
Аналіз точності обробки				Н	-	-
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата		
Розроб.	Левинський					
Перев.	Вражало					
Т.контр.	Вражало					
Н.контр.	Вражало					
Затв.	Личик					
				Архив	Архив	1
				ІФНТУНГ ПМКМ-23-1		
				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



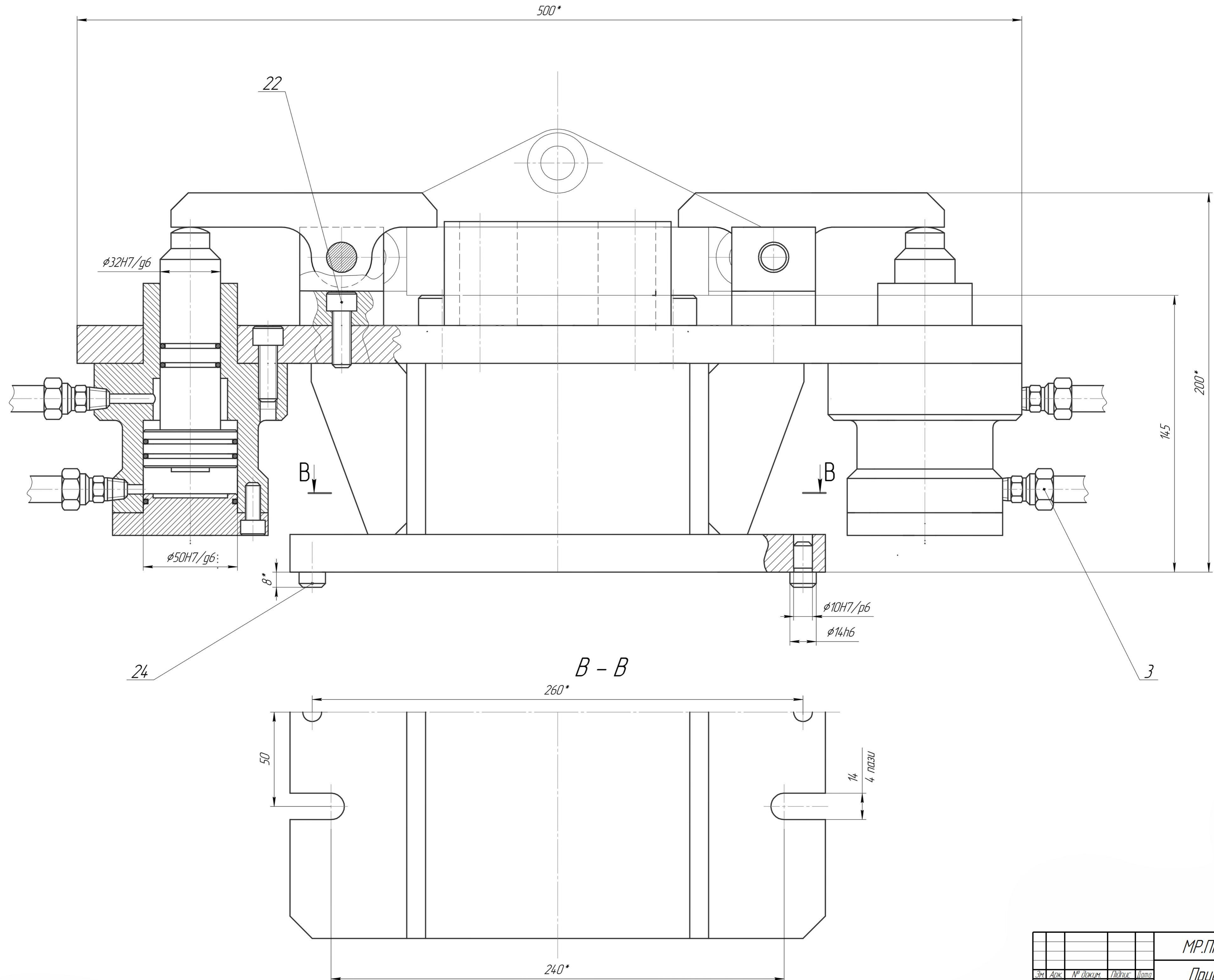
Технічна характеристика

1. Тиск робочої рідини в гідросистемі	4 МПа
2. Зусилля на штоці	4310 Н
3. Зусилля затиску	12930 Н
4. Хід поршня гідрациліндра робочий повний	20 мм 25 мм

Технічні вимоги
 1. *Розміри для довідок.
 2. Маркувати: МР.ПМК-633.03.00.000
 КС4574.25.011

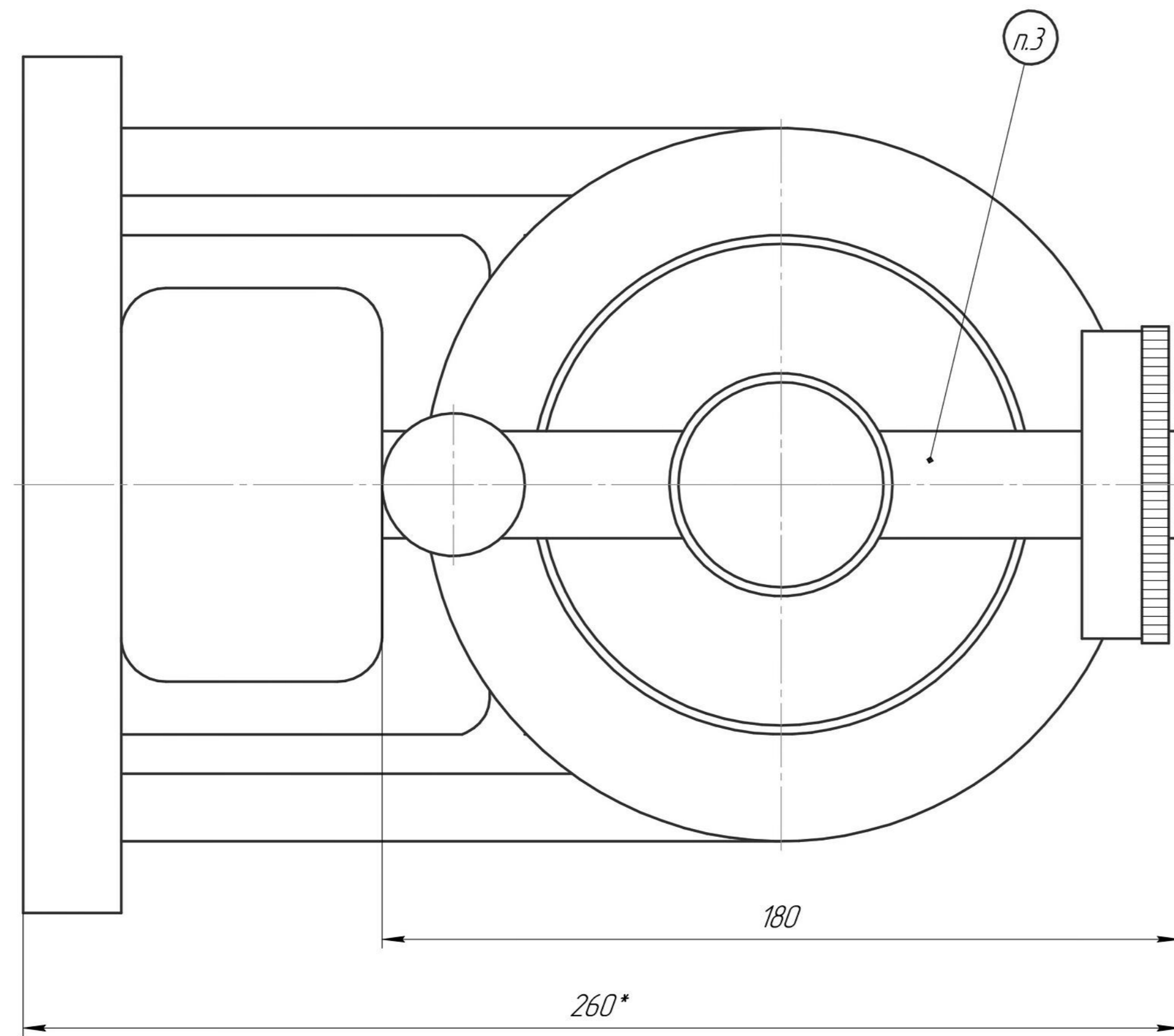
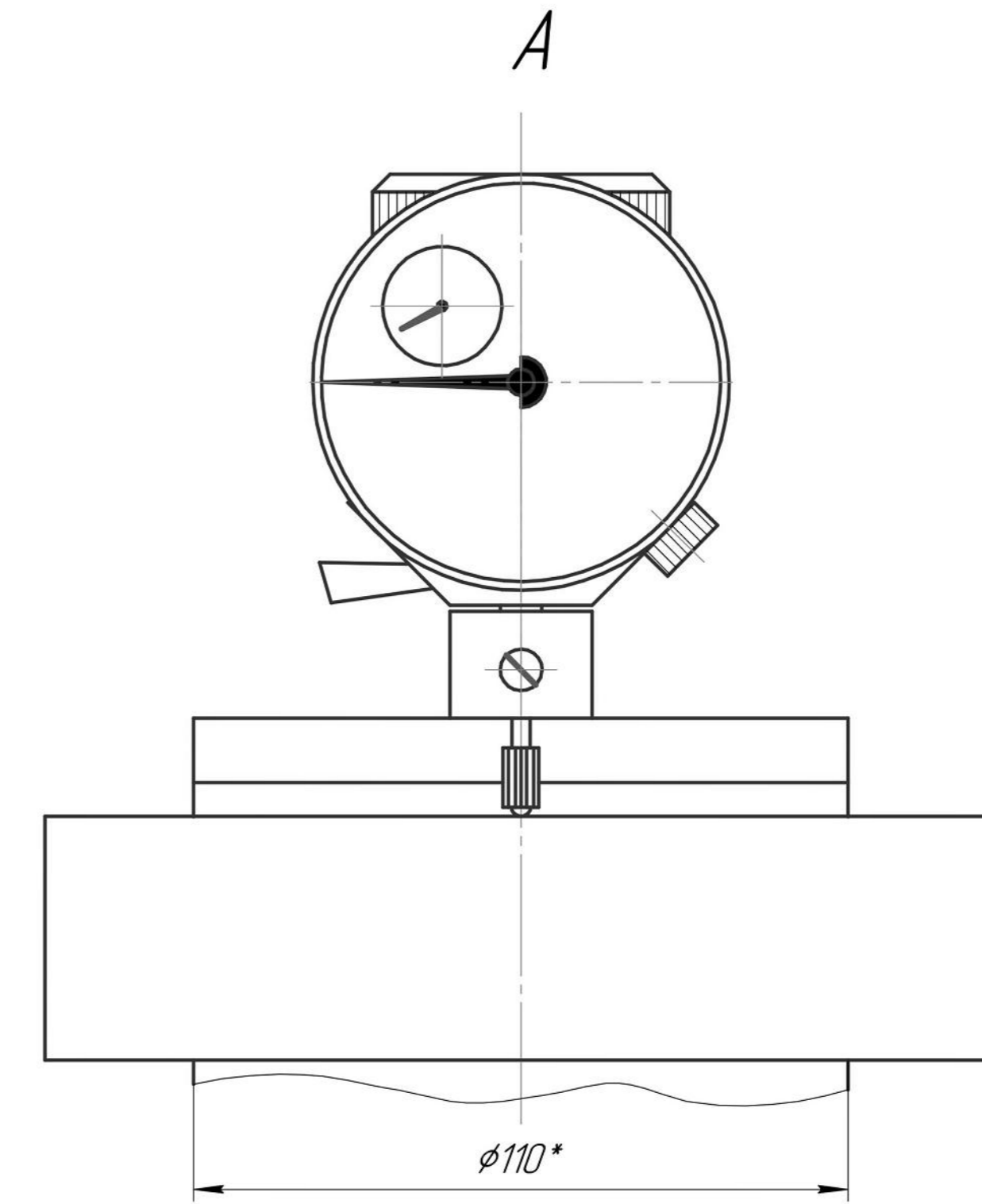
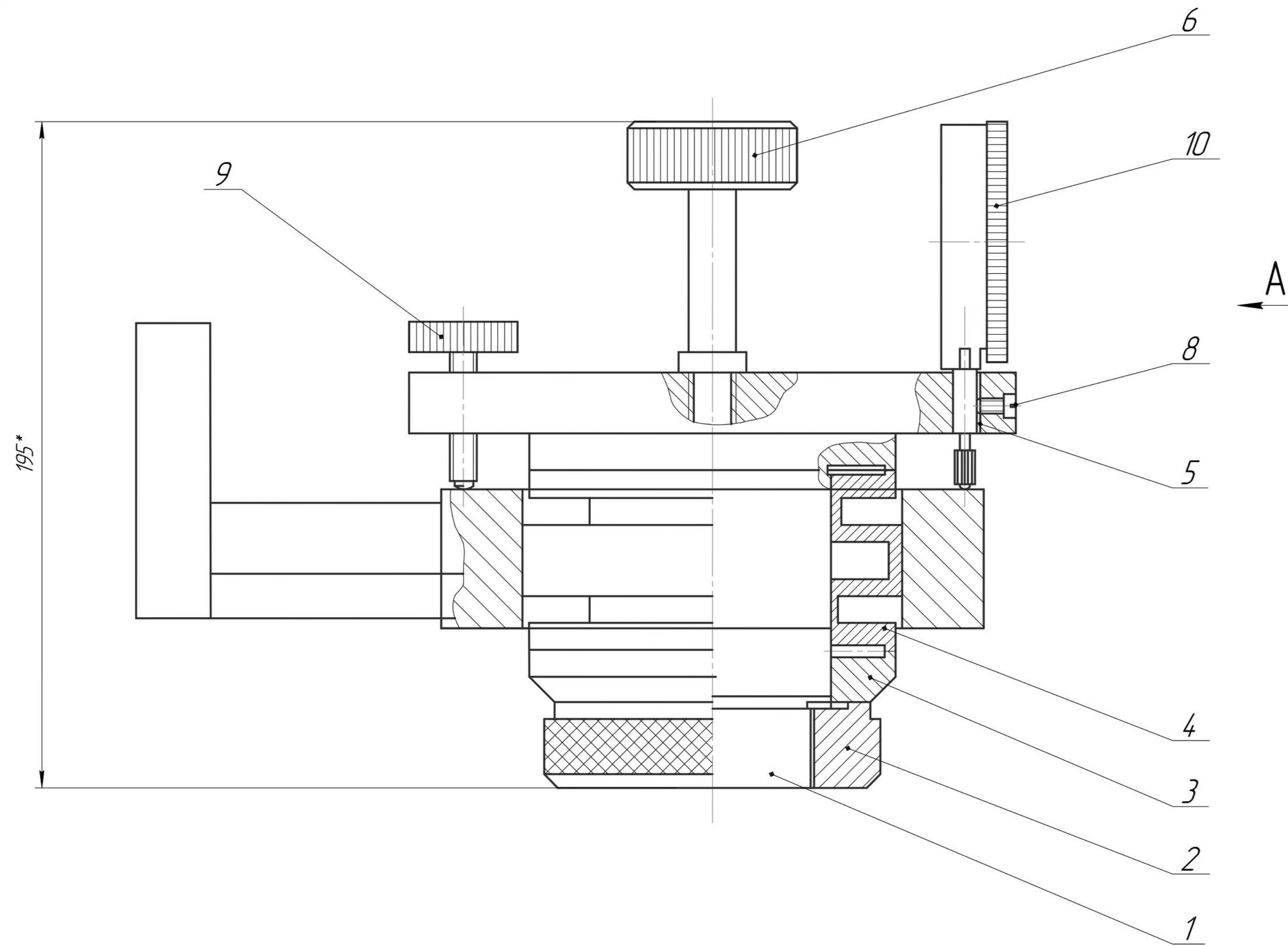
Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000
Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000
Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000
Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000
Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000
Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000	Лист № 0000

МР.ПМК-633.03.00.000 СК				Литера	Маса	Масштаб
Пристрій фрезерний				Н		1:1
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата		
Розроб.	Вражало					
Перев.	Вражало					
Т.контр.	Вражало					
Н.контр.	Вражало					
Затв.	Панчук					
				Архив	Архив	1
				ІФНТУНГ		
				ПМКМ-23-1		
				Формат А1		



MP.ПМК-633.03.00.000 СК					Листов	Маса	Масштаб
Пристрій фрезерний					Н		1:1
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Архив		
Розроб.	Левченко				Архив		
Перев.	Врако				Архив		
Т.контр.	Врако				Архив		
Н.контр.	Врако				Архив		
Затв.	Личик				Архив		
Копія					Формат А1		

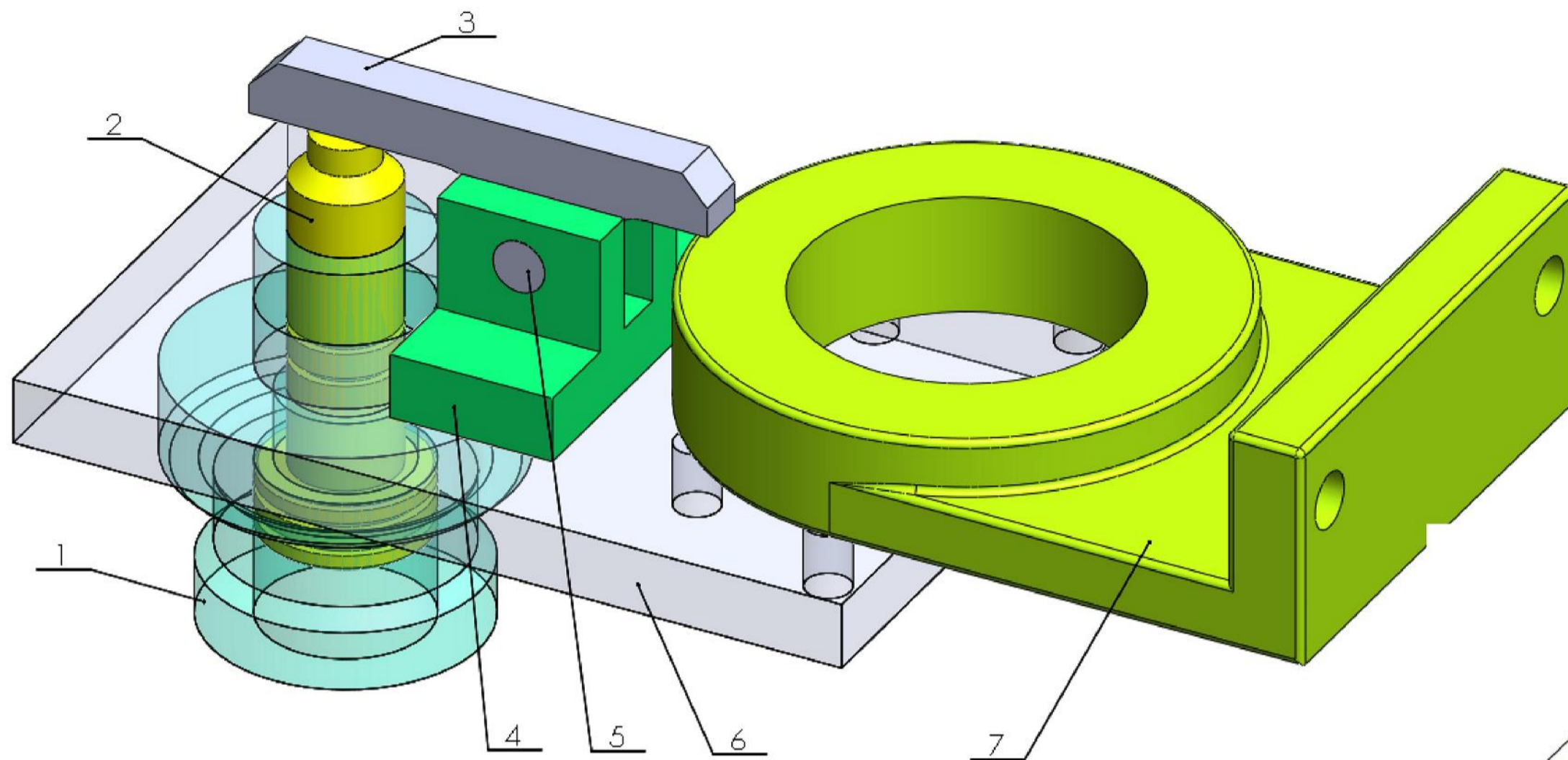
Лист № 1
 Назва: Пристрій фрезерний
 Мат. № 1
 Зам. № 1
 Підп. у даній
 Мат. № 1



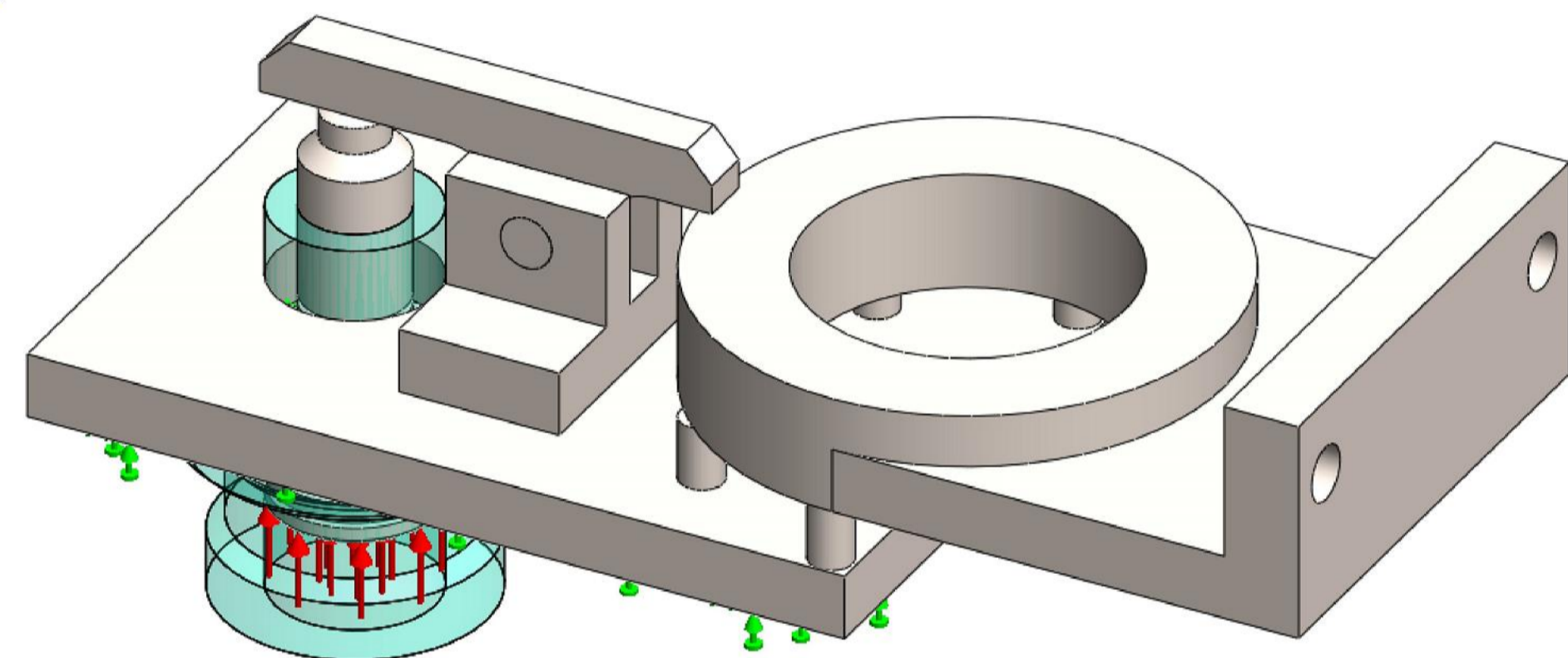
1 *Разміри для довідок.
 2 Деталь придатна при різниці показів індикатора (поз.10) не більше 0,15 мм.
 3 Маркувати: МР.ПМК-633.04.00.000
 КС-4574.25.011; $\nearrow 0,06^{\circ}$

МР.ПМК-633.04.00.000 СК					Літера	Маса	Масштаб
Пристрій контрольний					Н		1:1
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Аркши 1		
Розроб.	Левинський				Аркши 1		
Перев.	Враколю				Аркши 1		
Т.контр.	Враколю				Аркши 1		
Н.контр.	Враколю				Аркши 1		
Затв.	Личник				Аркши 1		

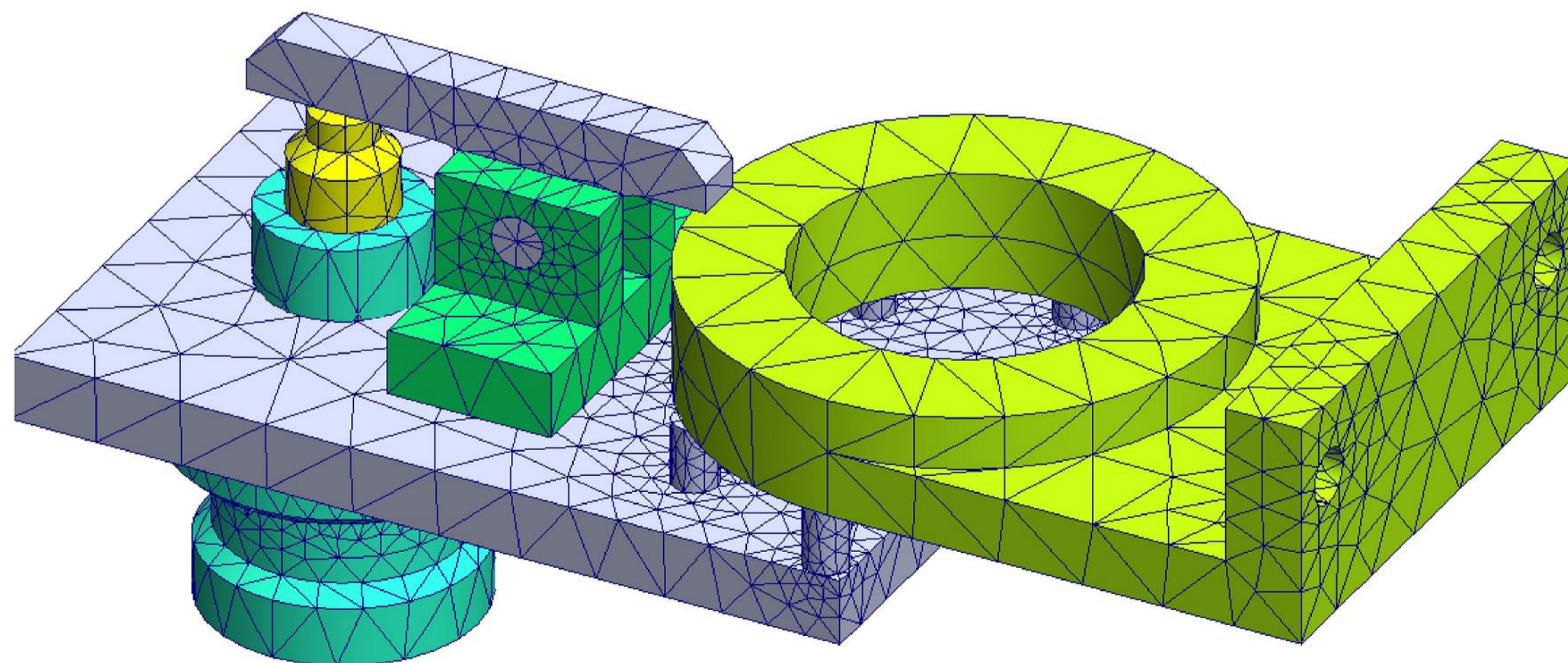
Лист № 01/2022
 Підп. і дата
 Зам. №, № аркуша
 Лист № аркуша
 Назва деталі
 Перш. застос.



1 – циліндр; 2 – шток; 3 – коромисло;
4 – опора; 5 – вісь; 6 – плита; 7 – деталь
Тривимірна модель притискного пристрою

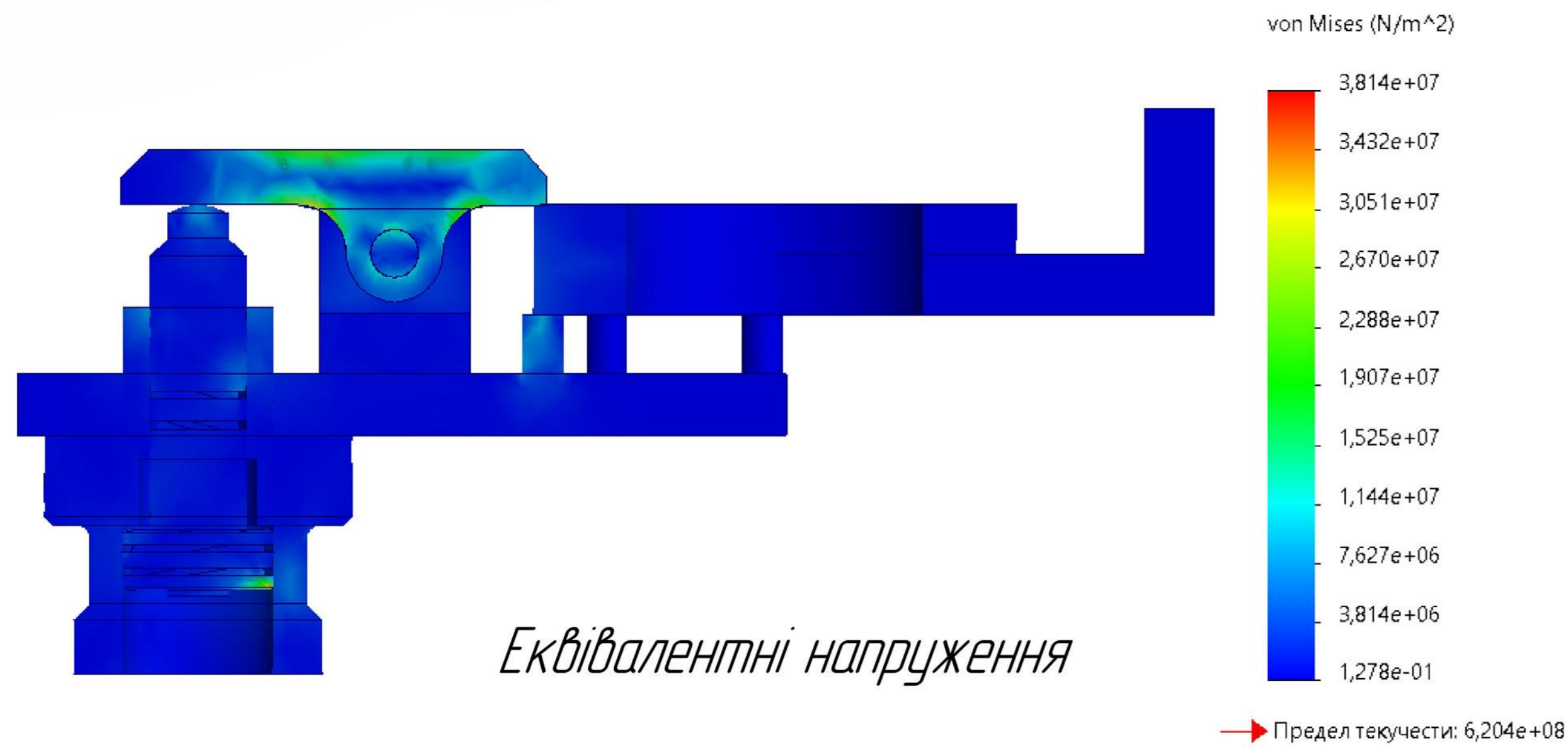


Граничні умови

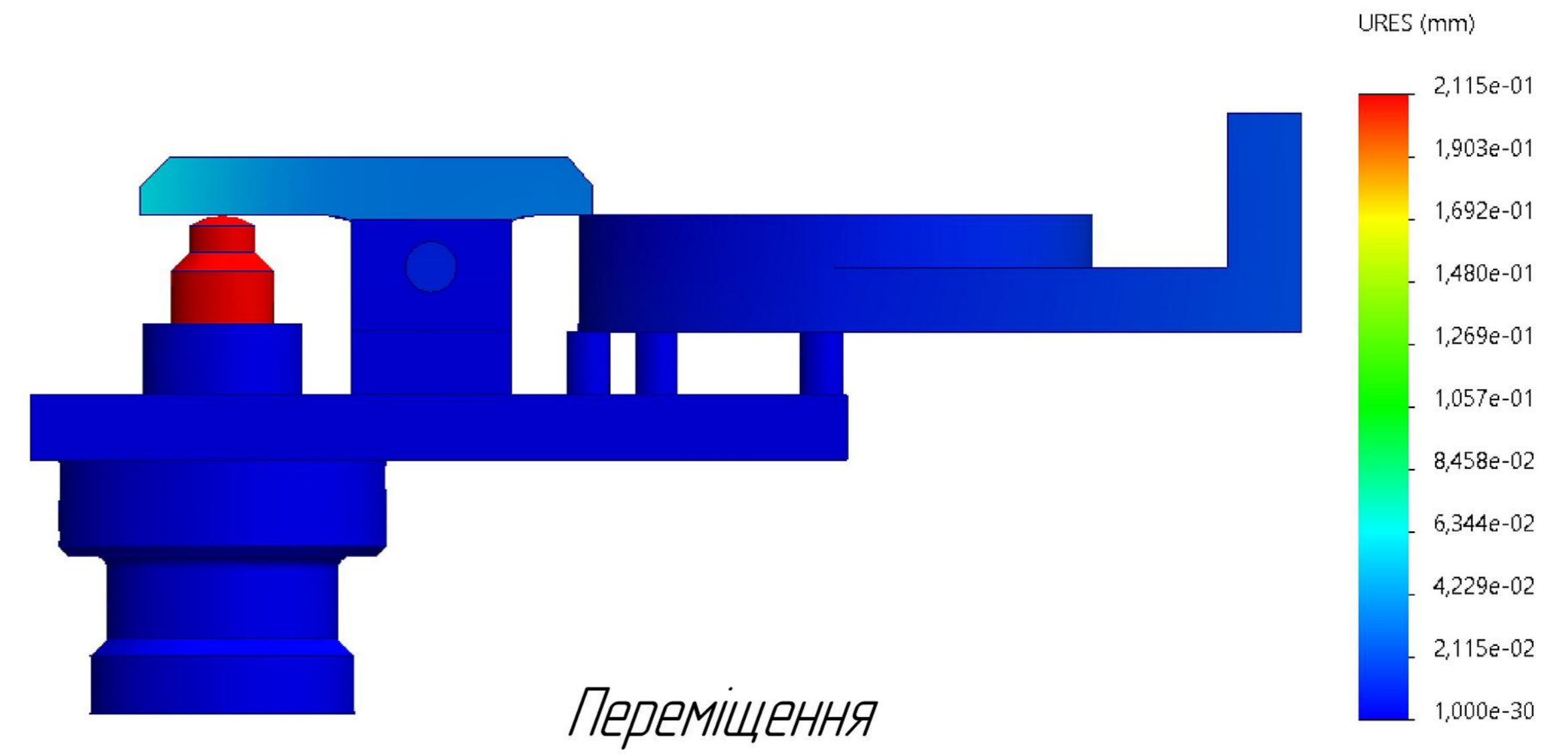


Сітка скінченних елементів

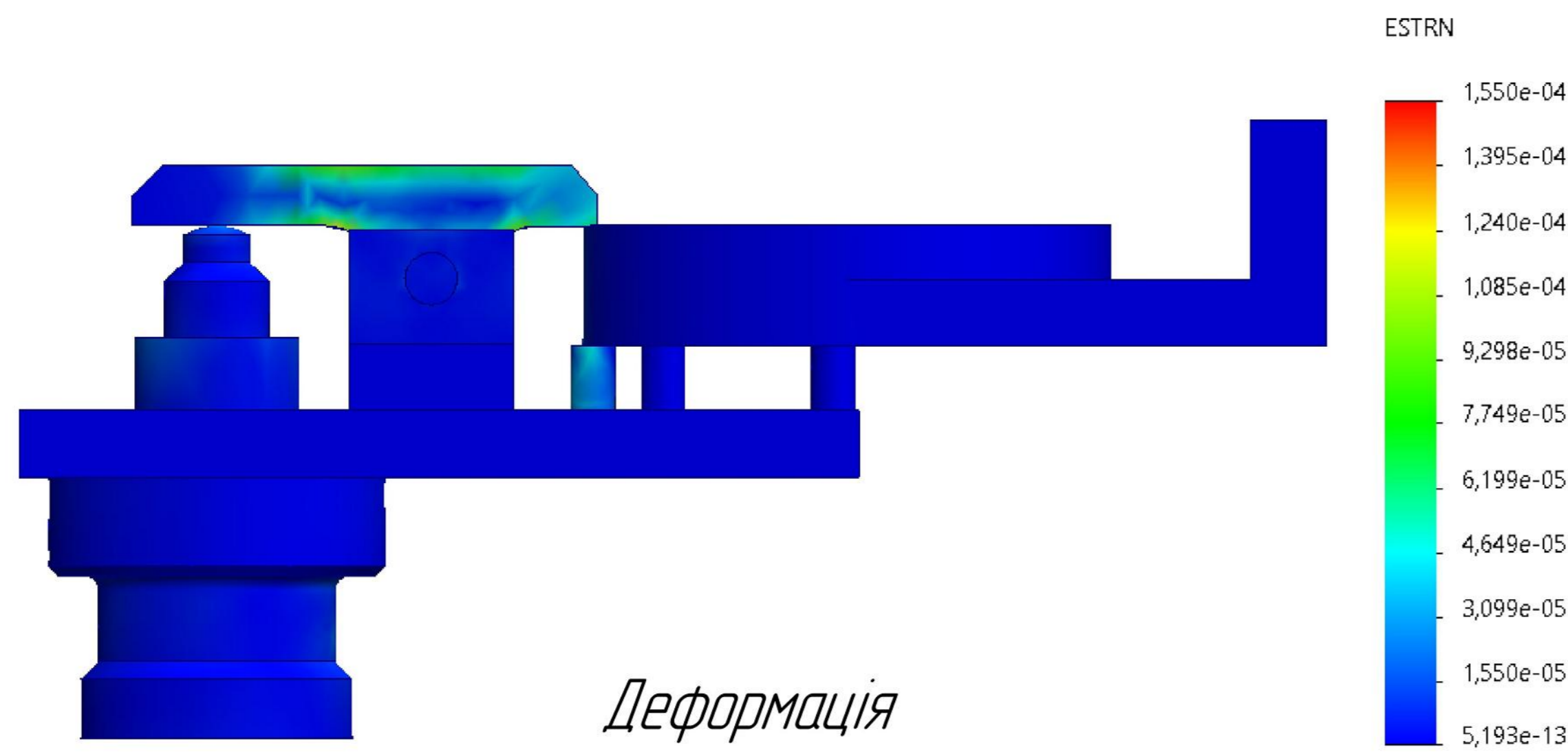
				MP.ПМК-633.05.00.000 СХ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Ітера	Маса	Масштаб
Разроб.	Левицький				Н	-	-
Перев.	Врюкало				Аркцив	Аркцив	1
Т.контр.	Врюкало				ІФНТУНГ		
Н.контр.	Врюкало				ПМКМ-23-1		
Затв.	Панчук				Формат А2		



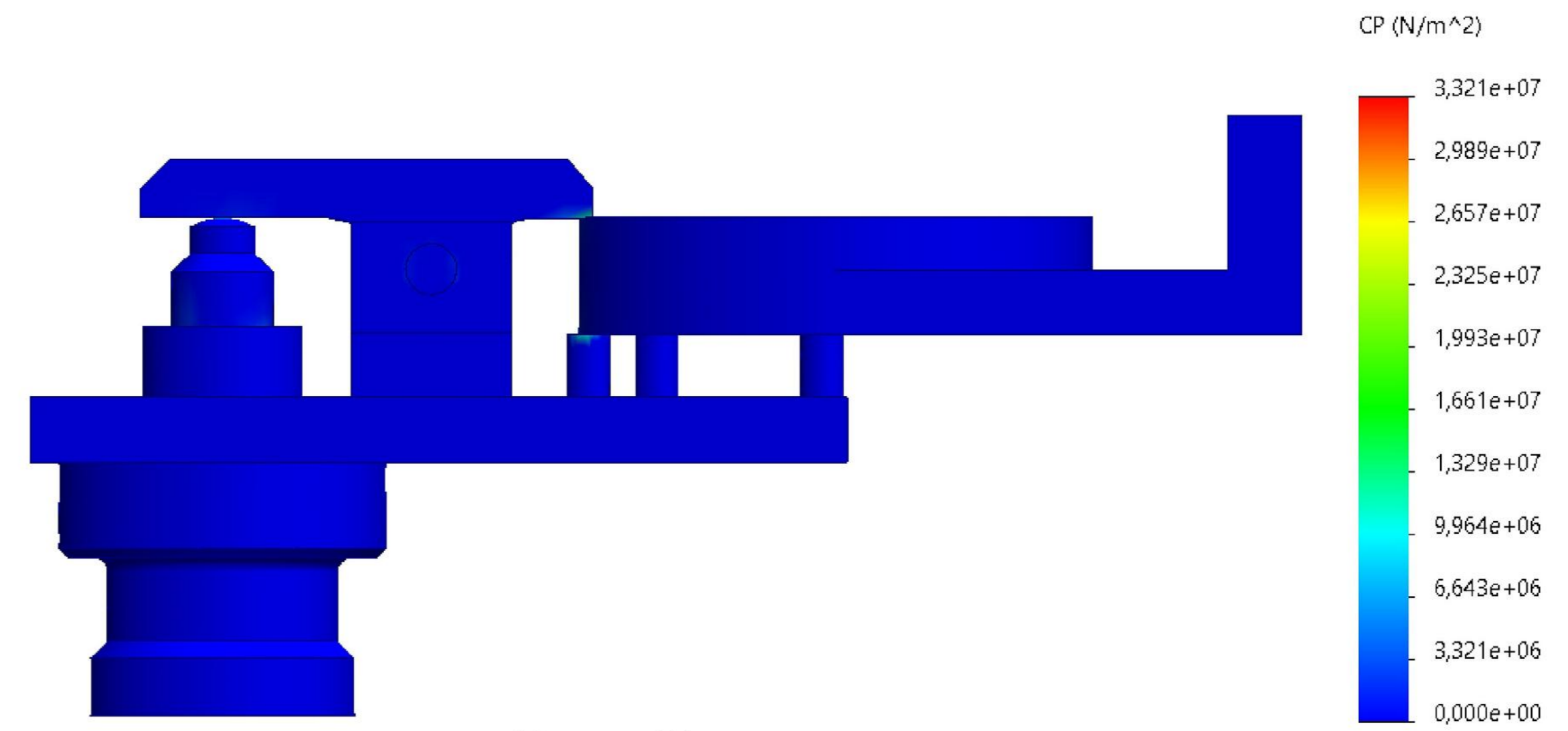
Еквівалентні напруження



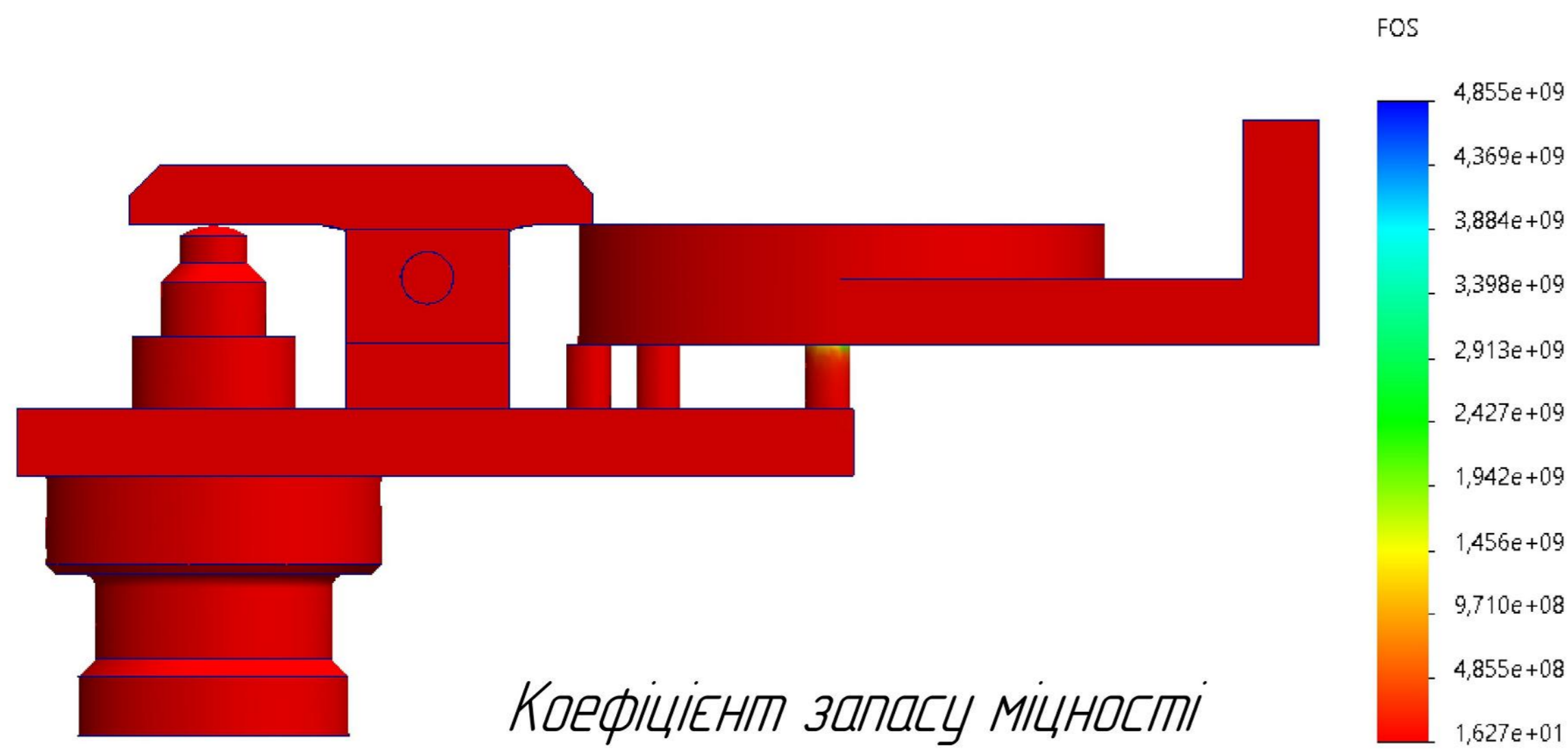
Переміщення



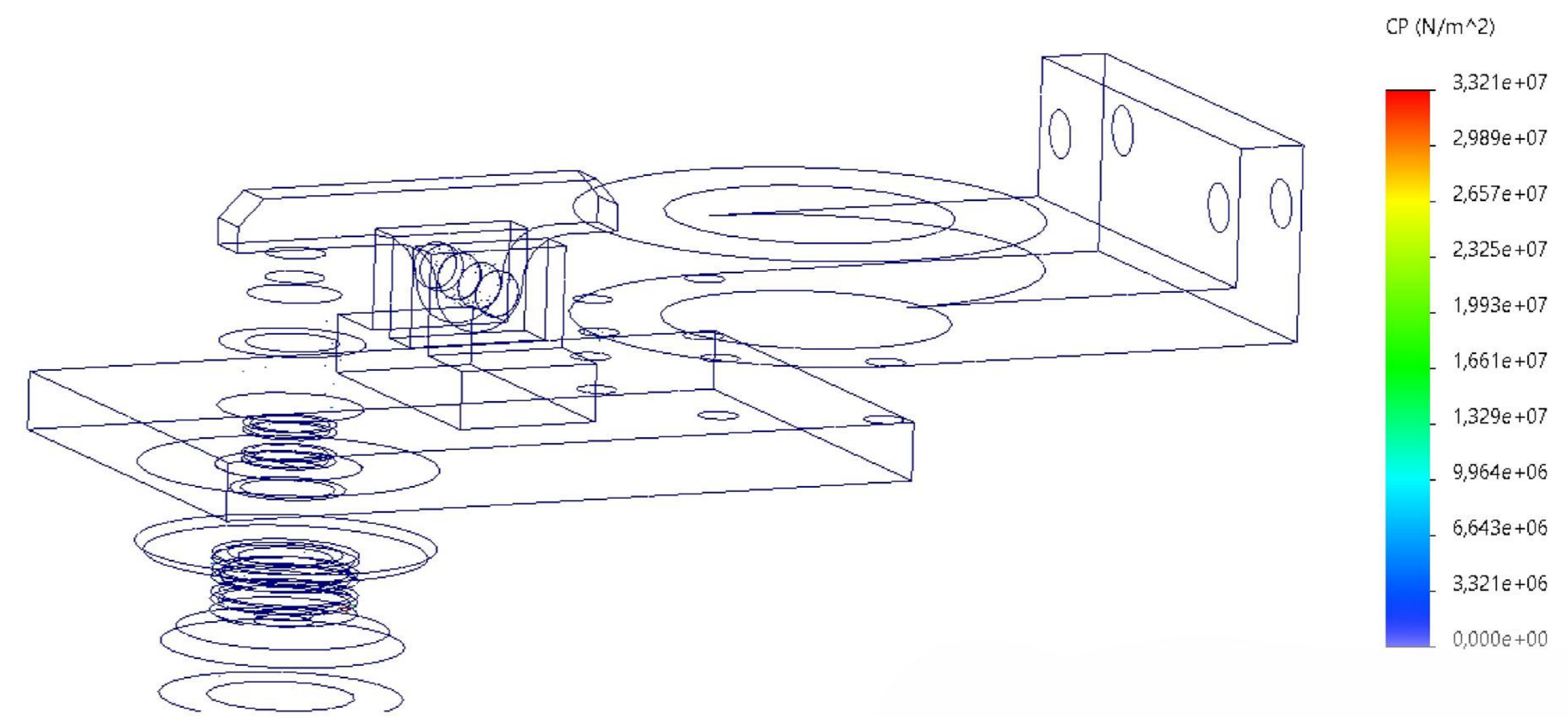
Деформація



Розподіл контактної тиску



Коефіцієнт запасу міцності



Розподіл контактної тиску

MP.ПМК-633.06.00.000 СХ						Літера	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата		Н	-	-
Розроб.	Левинський					Аркши	Аркши	1
Перев.	Враколю					ІФНТУНГ		
Т.контр.	Враколю					ПМКМ-23-1		
Н.контр.	Враколю					Формат А1		
Затв.	Личник					Копія		

Лист заголовок
Лист №
Лист №
Лист №
Лист №
Лист №
Лист №