

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Букартик Назар Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус КР 676.01.132-01»

(назва роботи)

для умов середньосерійного типу виробництва

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Н.В. Букартик

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Одосій Зіновій Михайлович, 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

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

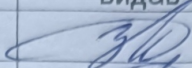
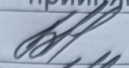
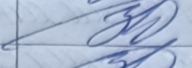

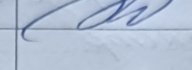

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

- Вукертику Нардію Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі корпусу КР 676.01.132-01 для умов середньосерійного типу виробництва
- керівник роботи Сухий Зіновій Михайлович к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від "22" листопада 2024 року № 480-7
2. Строк подання студентом роботи 10.12.2024
3. Вихідні дані до роботи 1. Креслення деталі 2. Матеріал передсерійна прокатка 3. Тип виробництва - середньосерійний
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Технологічна частина, 2. Конструкторська частина 3. Технічне моделювання роботи прокатної ланки виробничого простору
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Карта налаштування - 2арк А1 2. Фізичний аналіз тисності - 1арк - А1 3. Аналіз створення - 2арк. А1 4. Фізичний контроль - 1арк - А1 5. Технічне моделювання роботи прокатної ланки виробничого простору 2арк - А1

6. Консультанти розділів роботи

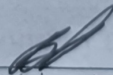
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Орхид З.М. к.т.ч. доц		
2	Орхид З.М. к.т.ч. доц		
3	Орхид З.М. к.т.ч. доц		

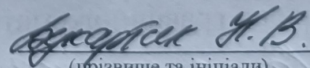
7. Дата видачі завдання 25 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технологічна частина	29.11.2024	
2.	Конструкторська частина	3.12.2024	
3.	Технічне оформлення роботи протилежності ланки вертимоного прототипу	6.12.2024	
4.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини магісте- рської роботи	9.12.2024	

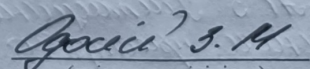
Студент


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)


(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Технологічний процес виготовлення деталі “Корпус КР 676.01.132-01” для умов середньо-серійного типу виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 90 сторінок і містить: 23 таблиці, 19 рисунків, 18 посилання на літературні джерела та додатків на 10 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “ Корпус КР 676.01.132-01”.

Мета роботи – розробити покращений маршрут технологічного процесу виготовлення корпусу КР 676.01.132-01, на базі заводського, що здешевить його виготовлення, з дотриманням вимог щодо точності розмірів, форм та якості поверхонь. Також необхідно розробити конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та перевірити працездатність верстатного.

Згідно завдання у роботі проведено аналіз креслення деталі і її конструкції, призначення і функцій деталі у вузлі, аналіз заводського способу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. На основі результатів аналізу та рекомендацій літературних джерел, розроблено проектний маршрут технологічного процесу механічної обробки корпусу, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та норми часу. Для закріплення деталі на вертикально-свердлильній операції розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою. Розрахунки проведенні в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки підтвердили його працездатність.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

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

Студент: Букартик Н.В.

SUMMARY

of the qualification master's thesis on the topic: Technological process of manufacturing the part 'Housing KP 676.01.132-01' for medium-sized batch production.

The explanatory note consists of 90 pages and contains: 23 tables, 19 figures, 18 references to literature sources and 10 pages of appendices.

Graphic part: 7 sheets of A1 format.

The object of research is the process of machining.

The subject of research is the part 'Housing KP 676.01.132-01'.

The aim of the work is to develop an improved route of the technological process of manufacturing the KP 676.01.132-01 housing, based on the factory one, which will reduce the cost of its manufacture, while meeting the requirements for dimensional accuracy, shape and surface quality. It is also necessary to develop the design of the machine tool and control devices, and to check the performance of the machine tool.

In accordance with the task, the paper analyses the drawing of the part and its construction, the purpose and functions of the part in the assembly, the analysis of the factory method of obtaining the workpiece and the route of machining. Based on the results of the analysis and recommendations from the literature, a design route for the technological process of machining the hull was developed, the optimal method of obtaining the workpiece was selected, and allowances, cutting modes and time standards were calculated. A design of a special machine tool device was developed to fix the workpiece during the vertical drilling operation. The calculations performed in the 2nd and 3rd sections of the explanatory note confirmed its performance.

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: Bukartik N.V.

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 наладки і керуючої програми.....	
1.4.4. Аналіз точності обробки програми.....	
1.4.5. Нормування технологічного процесу.....	
2. Конструкторська частина.....	
2.1. Пристрій свердлильний	
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-625.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб		Бвкартик Н.В					
Перевір.		Одосій З.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Одосій З.М.					
Затверд.		Панчук В.Г.			Літ.	Арк.	Акрушіє
					1		
					ІФНТУНГ ПМКм-23-1		

2.2 Пристрій контрольний

2.3 Розрахунок коефіцієнта уніфікації пристроїв

3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки свердлильного пристрою

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

					<i>МР.ПМК-625.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

З метою забезпечення нафтогазового виробництва вантажопідіймальними механізмами, в тому числі, кранами електричними підвісними, вантажністю 50 кН, на базовому підприємстві «Карпатнафтомаш» розширюється їх виробництво.

Тема даної магістерської роботи відноситься до згаданих кранів, а власне, до деталі корпус КР 676.01.132-01.

Метою даного проекту є розробка економнішого технологічного процесу для виготовлення цієї деталі для умов середньо-серійного виробництва.

Поставленої мети досягається за рахунок:

- Економнішого способу отримання заготовки;
- застосуванням верстатів з ЧПК;
- застосуванням високоточного токарного верстату;
- пристроїв з механізованим приводом;
- прогресивних режимів різання, що допускають застосовані різальні інструменти та верстати;

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Хімічний склад чавуну СЧ 15 ДСТУ 8833:2019

Вміст елементів в %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
3.2 – 3.5	2.0 – 2.4	0.7 – 1.1	0.15	0.5	0.15	0.4

Таблиця 1.3 – Механічні властивості чавуну СЧ 15 ДСТУ 8833:2019.

Межа міцності при розтязі, σ_B , МПа	Межа міцності при згині, $\sigma_{зг}$, МПа	Твердість, НВ
147	313	163 - 229

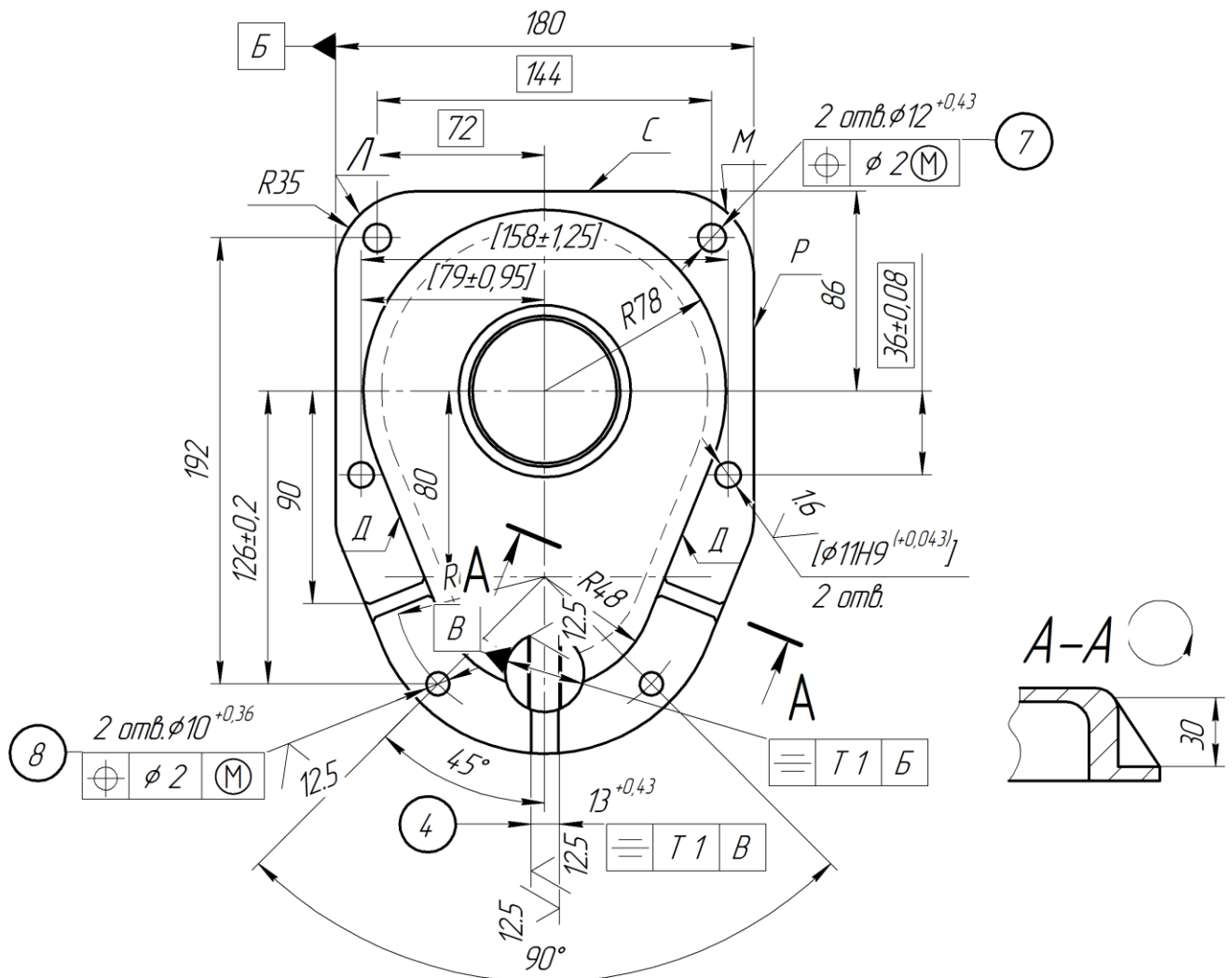


Рис.1.1 – Ескіз корпусу КР 676.01.132-01

Вигляд в плані. Позначення поверхонь.

1. Припуски на механічну обробку, допуски на розміри і масу вилівка по II кл. точності ГОСТ 1855-55.

2. Невказані ливарні радіуси R5. Ливарні ухили за ГОСТ 3112-80.

3. Обробку за розмірами в квадратних дужках виконувати сумісно з деталлю КР 676.01.139-02.

Деталі застосовувати спільно.

					Арк.
МР.ПМК-625.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	

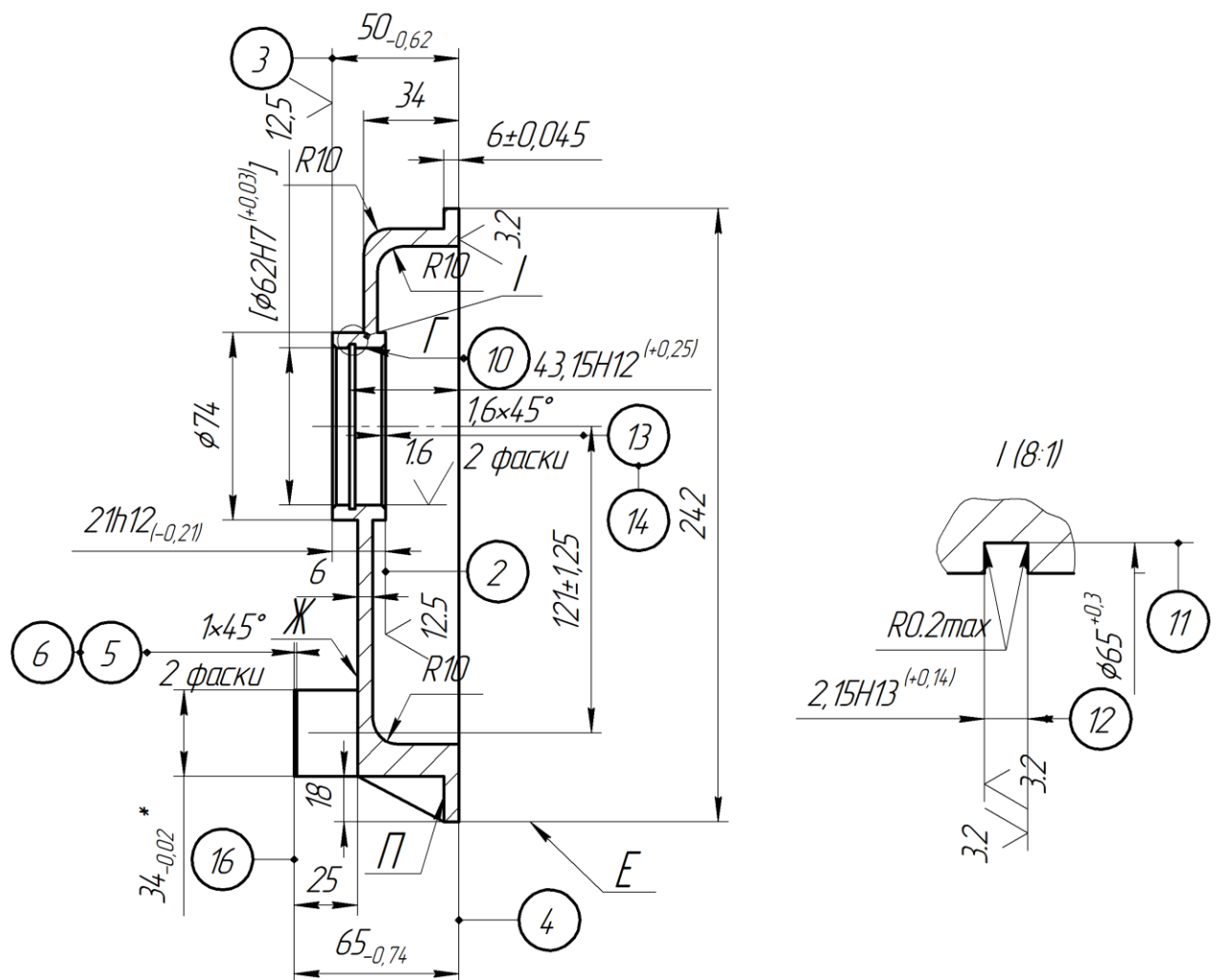


Рис.1.2 – Ескіз корпусу КР 676.01.132-01.
 Головний вигляд. Позначення поверхонь
 4. *Розміри для довідок
 5. Допуск непостійності діаметра пов.Г в
 поперечному і поздовжньому перетинах 0.015мм
 6. Шорсткість фасок Ra 12.5 мкм.

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь – корпус КР 676.01.132-01 відноситься до нескладних корпусних деталей. У відповідності за креслення корпус виготовляється із сірого чавуну СЧ 15 ГОСТ 1412-85, твердістю 163 – 229 НВ. Цей матеріал відноситься до 2-ї групи ливарних металів, що мають добрі ливарні властивості.

Заготовку корпусу можна отримати різними способами лиття:

- у глинисто-піщані форми за деревинними, пластмасовими чи металевими моделями;

					Арк.	
					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

- у металеві форми (кокілі);
- в оболонкові форми.

Висновок – за можливістю отримання заготовки деталей технологічна.

Можливість механічної обробки на металорізальних верстатах.

Форма деталі середньої складності і має наступні оброблюванні поверхні:

- площини 1, 2, 3 – відкриті, з можливістю обробки на прохід;
- паз 4 – відкритий з обох сторін;
- внутрішня циліндрична поверхня високої точності – 10 – $\text{Ø}62\text{H}7^{(+0.03)}$;
- внутрішні циліндричні поверхні (отвори) високої точності 9 – $\text{Ø}11\text{H}9^{(+0.43)}$.

Шорсткість обробки поверхонь 9 і 10 Ra1.6мкм;

- внутрішні циліндричні поверхні 7 і 8 звичайної точності (кріпильні отвори).

Всі внутрішні поверхні наскрізні.

В пов.10 розміщена кільцева канавка 11-12.

Обробку площин можна виконати на верстатах токарної, свердлильної, розточної, фрезерної груп та багатоцільових. Обробку отворів 7, 8, 9 – на верстатах свердлильної, розточної, фрезерної груп та багатоцільових.

До всіх оброблюваних поверхонь доступ різального та вимірною інструменту вільних. Віддаль між осями отворів достатня для групової обробки багатошпindelним інструментом.

Жорсткість деталі достатня для застосування прогресивних режимів різання.

Обробку деталі з однієї установки унеможливорює вимога конструкторської документації про сумісну обробку пов.10, 11, 12, та 9 разом із спряженою деталлю.

За базові поверхні (чистові) для першої чистової обробки пов.1 (допоміжна база) можна застосувати зовнішній контур фланця деталі із самоцентруванням по розміру 180 мм, за опорну поверхню прийняти зворотній бік фланця (його товщину).

Для послідуєчих обробок доцільно підготувати, крім опорної бази (пов.1), постійні базові поверхні у вигляді 2-х отворів (технологічних) виконаних за Н9 окремо, на фланці, або по одному отвору 7 і 8.

В цьому випадку подальша обробка виконується при базуванні на пов.1 і 2 пальці (під отвори).

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Так як передбачена сумісна обробка з кришкою КР 676.01.19-01, доцільно, обробку кришки до спряження виконати аналогічно корпусу.

Коефіцієнт оброблюваності матеріалу деталі СЧ 15 з параметрами 163...229НВ, $\sigma_B=145$ МПа, $\sigma_{зг}= 395$ МПа (довідково) становить:

$$K_{vm}=1.35, ([18], \text{табл. 1, с. 19});$$

Висновки.

1. За всіма параметрами корпус КР 676.01.132-01 технологічний;
2. Для виготовлення деталі доцільно застосувати технологічні бази та спеціальні пристрої.

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
010	Вертикально-фрезерна	6P13	6,962
020	Радіально-свердлильна	2M55	12,122
030	Токарно-гвинторізна	1M63ДФ101	14,595
040	Радіально-свердлильна	2M55	3,873
Разом			37,572

Число операцій $n = 4$; сумарний штучний час $\sum T_{um} = 37,572$ хв.

Середній штучний час:

$$T_{um.сep} = \frac{\sum T_{um}}{n} = \frac{37,572}{4} = 9,393 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_g = k_3 \cdot T_{um.сep},$$

де k_3 – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$10 < k_3 < 20$. Приймаємо $k_3 = 18$, тоді:

$$t_g = 18 \cdot 9,93 = 169,1 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Річна програма випуску деталей: } N = \frac{F_o \cdot 60}{t_g} = \frac{3900 \cdot 60}{169,1} = 1384 \text{ шт.},$$

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

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_o = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{1384 \cdot 12}{252} = 65,9 \text{ шт.},$$

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

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

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{um.cer} \cdot n_o}{480 \cdot 0,8} = \frac{9,393 \cdot 65,9}{480 \cdot 0,8} = 1,60 \text{ зміни},$$

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

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному

виробництві.

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

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_o = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{um.cer}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{9,393} = 81,76 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_o = 80$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_o} = \frac{1384}{80} = 17,3.$$

Приймаємо $i = 18$; $N = i \cdot n_o = 18 \cdot 80 = 1440$ шт.

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

1.3.1 Техніко - економічне обґрунтування вибору заготовки

Базова заготовка за кресленням – виливок із сірого чавуну СЧ 15 ДСТУ 8833:2019, II класу точності за ГОСТ 1855-55. Інші дані про виливок, в т.ч. і маса відсутні.

Визначаємо масу базового виливка, користуючись наявністю припусків на мехобробку за базовим техпроцесом.

Маса базової заготовки $M_{зб} = M_d - M_{пр.б}$, кг;

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Маса деталі $M_d=3.03$ кг;

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

де густина матеріалу заготовки $\rho=7.1 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³;

$V_{пр.б}=V_1+V_2+V_3+\dots+V_8$, мм³;

V_1 – об'єм припуску на обробку отворів 7,8,9 у фланці. Товщина необробленого фланця $h_1=9$ мм;

$V_1=2 \cdot 0.785(10^2+11^2+12^2) \cdot 9=5444$ мм³;

V_2 – об'єм припуску на обробку паза 4;

$V_2=34 \cdot (3 \cdot 2) \cdot 28=5712$ мм³;

V_3 – об'єм припуску на обробку торців 2 і 3;

$V_3=2 \cdot 0.785(74^2-62^2) \cdot 3=7687$ мм³;

V_4 – об'єм припуску на обробку пов.10;

$V_4=0.785(62^2-40^2) \cdot (21+2 \cdot 3)=47561,5$ мм³;

V_5 – об'єм припуску на обробку канавки 11-12 та фасок 12 і 13;

$V_5=0.785[(65^2-62^2) \cdot 2.13+(62,5^2-62^2) \cdot 1.6]=1148$ мм³;

V_6 – об'єм припуску на обробку пов.16.

$V_6=[0.785 \cdot 65^2-34 \cdot (13-6)] \cdot 3=2177$ мм³;

V_7 – об'єм фасок 5 і 6;

$V_7=34 \cdot 1 \cdot 1=34$ мм³;

V_8 – об'єм припуску на обробку фланця 1;

$V_8=S_{ф} \cdot t_1$, мм³, де припуск $t_1=3$ мм;

Площа фланця $S_{ф}$ належить вирахувати за рис.1. 3.

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{вм.б}} = M_{\text{д}} / M_{3.б} = 3.03 / 3.936 = 0.77;$$

За альтернативну заготовку приймаємо виливок у металеві форми (кокіль): у відповідності з заданим типом виробництва визначаємо точність заготовки за ГОСТ 26645-85.

Діапазон класів точності (табл.6. ГОСТ 26645-85):

$$K_{\text{м}} = 6(8); K_{\text{б}} = 10(14), \text{ - в дужках - порядковий № п.п. точності.}$$

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

$$P_{\text{н}} = 1; P_{\text{б}} = 3;$$

Ступінь складності виливка $C_1 = 2$, - середня складність, коефіцієнт серійності для серньосерійного виробництва $C_2 = 2$.

$$C = 2 + 2 = 4.$$

Клас точності виливка:

$$K_{\text{в}} = K_{\text{м}} + C(K_{\text{б}} - K_{\text{м}}) = 8 + 4(14 - 8) = 11, \text{ що відповідає 8 кл. точності;}$$

Ряд припусків виливка:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{м}} + C(P_{\text{б}} - P_{\text{м}}) = 1 + 4(3 - 1) = 2;$$

Граничне відхилення елементів виливка по площині рознімання $\rho_{\text{в.зМ}} = \pm 0.6$ ([7], табл. 4.11, с.63);

Ступінь короблення та граничні відхилення короблення елементів виливка при $L_{\text{max}} / L_{\text{min}} = 65 / 242 = 0.268 > 0.2$, - то ступінь короблення $C_{\text{кор}} = 5$; $\rho_{\text{в.кор}} = 0.24$ ([7], табл. 4.12, с.63);

Визначення виконавчих розмірів виливка приведено в таблиці 1.5.

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

Масу альтернативного виливка визначаємо аналогічно базовому.

$$V_{\text{пр.пр}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_8, \text{ мм}^3;$$

$$V_1 = V_{1б} \cdot h_{1\text{пр}} / h_{1б} = 5444 \cdot 7.75 / 9 = 4688 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = 34 \cdot 3 \cdot 28 = 2856 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = 7687 \cdot 1.75 / 3 = 4484 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = 0.785(62^2 - 57.5^2) \cdot 24.5 = 10342 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = V_{5б} = 1148 \text{ мм}^3;$$

$$V_6 = [0.785 \cdot 35^2 - 34 \cdot (13 - 3)] \cdot 1.75 = 1281 \text{ мм}^3;$$

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$V_7 = V_{76} = 34 \text{ мм}^3;$$

$$V_8 = 19271 \cdot 1.75 = 33724 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр.пр}} = 4688 + 2856 + 4484 + 10342 + 1148 + 1281 + 34 + 33724 = 58557 \text{ мм}^3;$$

$$M_{\text{пр.пр}} = 3.03 + 0.416 = 3,446 \text{ кг};$$

$$K_{\text{в.м.пр.}} = 3,03 / 3,446 = 0.879.$$

Таблиця 1.5 – Розрахунок розмірів заготовки

№ п.п	Назва параметрів	№ поверхонь, розміри						h ₁	
		1 – 3	2 –(3)	16-(1)	4	10			
Деталь									
1	Розмір, мм	30	21	65	13	∅62	6		
2	Квалітет	14	12	14	14	H7			
3	Шорсткість, мкм	3,2;12,5	12,5	12,5	12,5	1,6	н/о		
Заготовка									
4	Клас точності	8	8	8	7	7	8		
5	Допуск T, мм	1.1	1.0	1.4	0.8	1.0	0.8		
6	Відхилення, мм	±0.55	±0.5	±0.7	±0.4	±0.5	±0.4		
7	Позначення припуску	2Z ₁	Z ₂	Z ₃	2Z ₄	2Z ₅	Z ₁		
8	Основний припуск, мм	2*1.6	1.4	2,0	2*1.3	2*2.0			
9	Додатковий припуск, мм*	2*0.2	0.2	-	0.2	2*0.2			
10	Загальний припуск, мм	2*1.8	1.6	2.0	2*1.5	2*2.2	1.8		
11	Розрахунковий розмір, мм	33.6	24.4	68.8	10	57.6	7.8		
12	Виконавчий розмір, розмір заготовки з відхиленням, мм	33,5 ±0.55	24.5 ±0.5	68.5 ±0.7	10 ±0.4	57.5 ±0.5	7.75 ±0.4		
13	Фактичний припуск, мм	2*1.75	1.75	1.75	2*1.5	2.25	1.75		

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

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					

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

№ Поверхні	Перехід механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз, №	Параметр точності взаємного розташування поверхонь, що забезпечується	
1, 2	Фрезерування	Вертикально – фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3 Пристрій спеціальний	Б, Р, С, П		
10	Чорнове розточування				
13	Розточування				
7 техн.	Свердління Зенкерування Розвертування				
8 техн.	Свердління Розвертування		1, 7, 8		
3	Фрезерування				
4					
5, 6					
16					
14	Розточування		Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2. Пристрій спеціальний		1, 7, 8
7	Свердління				
8	Свердління				
9	Свердління Зенкерування Розвертування				
10	Чистове і тонке розточування	Токарно-гвинторізний 16К20ВФ1С1. Пристрій спеціальний	1, 1 отв.9	Непостійність діаметру пов.Г в поздовжньому і поперечному напрямках не вище 0.015 мм.	
11-12	Розточування				

Таблиця 1.8 – Базовий технологічний процес виготовлення корпусу КР 676.01.132-01

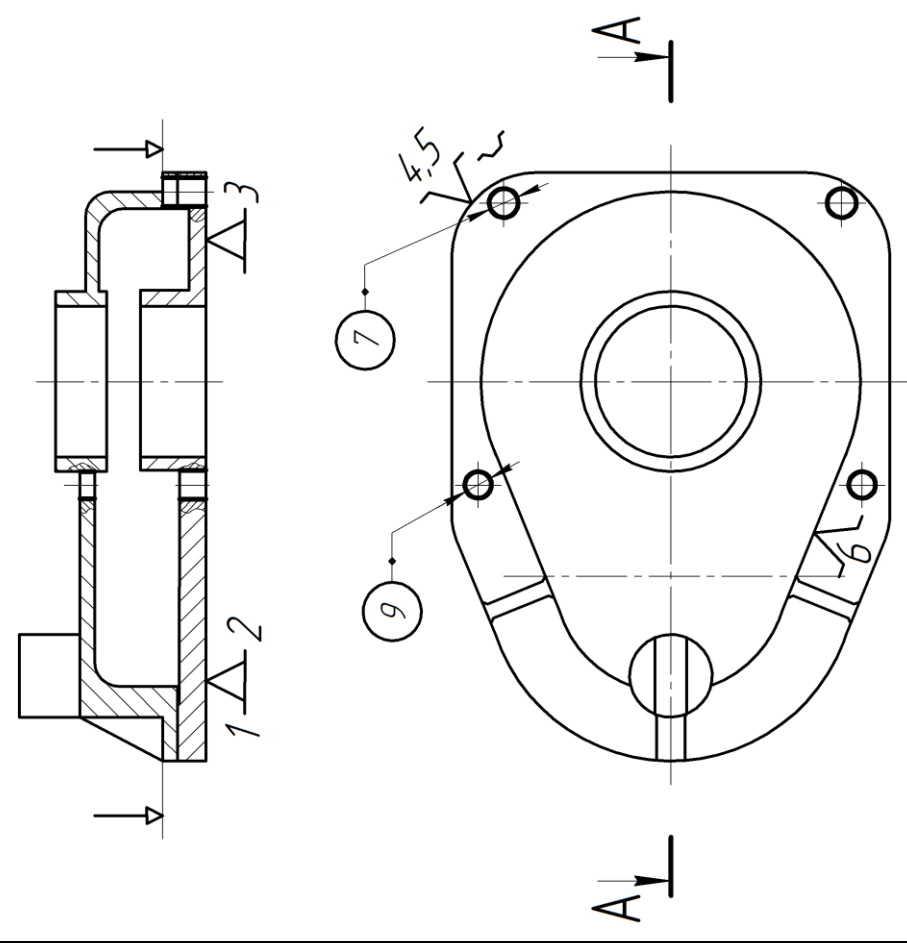
№ операції	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстака	Характеристика пристрою	Схема установки обробки
1	2	3	4	5
010	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати пов.1 Фреза торцева 2. Фрезерувати по.2 Фреза торцева Перевстановлення деталі 3. Фрезерувати пов.3	Верти- кально- фрезерний 6Р13	Лещата. Призми спеціальні	<p>Позиція 1</p> <p>Позиція 2</p>

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

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

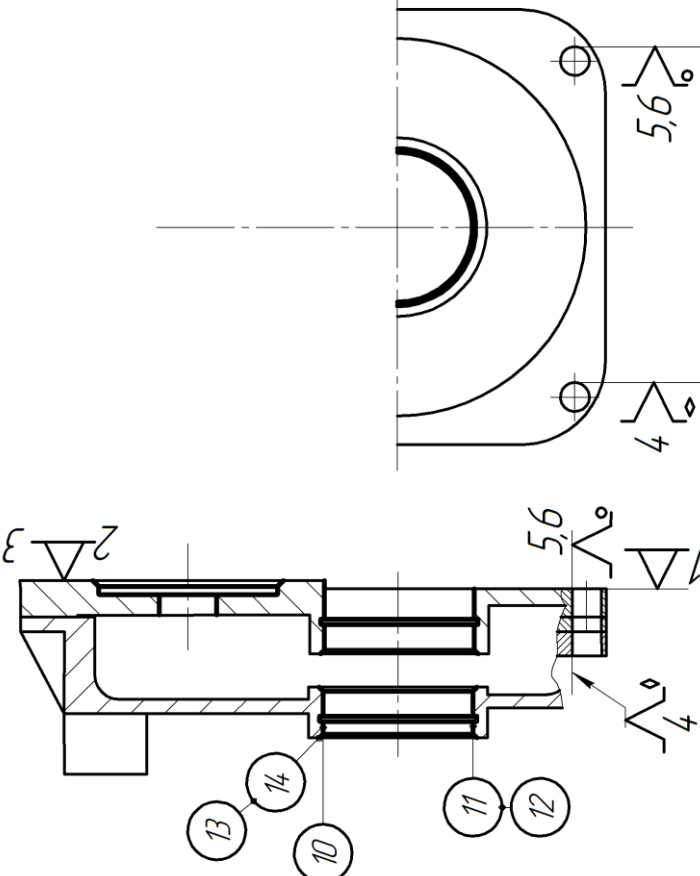
1	020	2	3	4	5
<p>Радіально-свердлильна Сумісна обробка разом з кришкою КР 676.01.132-01</p> <p>1. Свердлити 2 отв. 7 наскрізь Свердло</p> <p>2. Свердлити 2 отв. 9 наскрізь Свердло</p> <p>3. Розвернути 2 отв. 9 наскрізь Розвертка</p>		<p>Радіально-свердильний 2М55</p>	<p>Кондуктор спеціальний</p>		

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

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

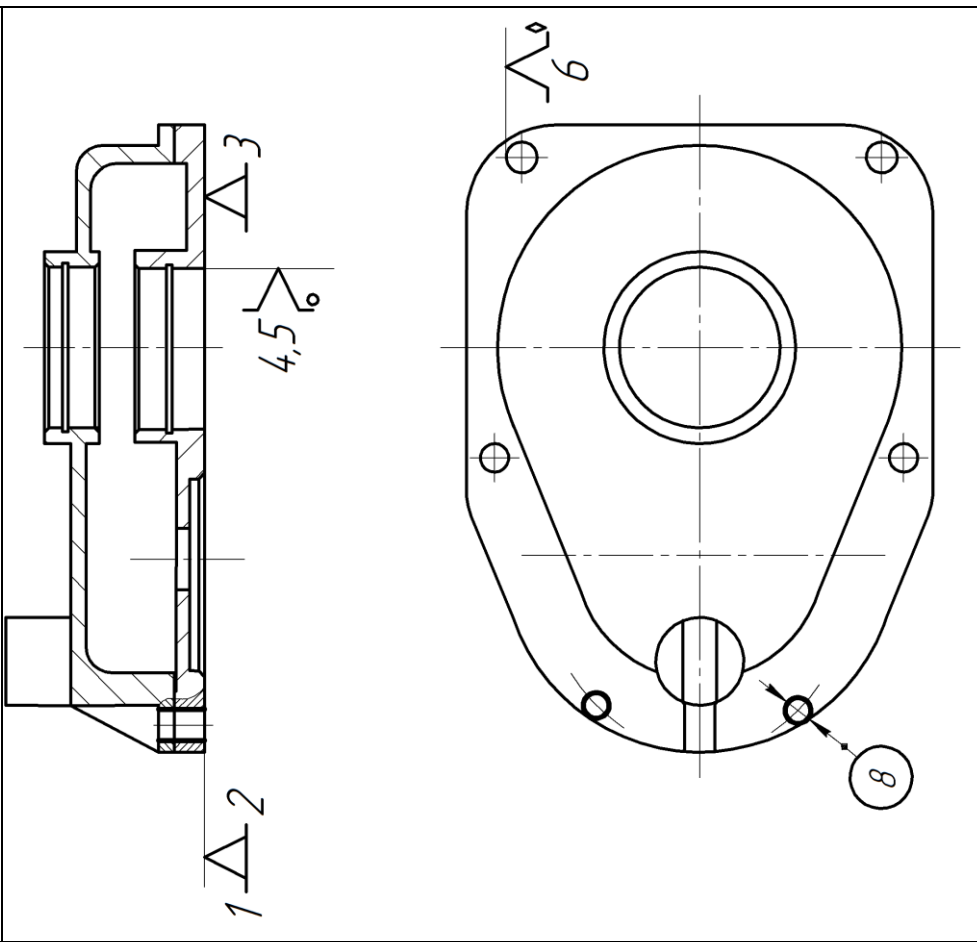
1 030	<p>Токарна</p> <p>1. Сумісна обробка з кришкою Переходи 2, 3 – відносяться до кришки.</p> <p>Перевстановлення деталі</p> <p>2. Розточити пов. 10 наскрізь, начорно, начисто і тонко</p> <p>Різець розточний</p> <p>3. Розточити канавку 11-12</p> <p>Різець канавковий спеціальний</p> <p>4. Розточити фаски 13, 14</p> <p>Різець розточний спеціальний</p>	3	4	5
		Токарний з цифровою індикацією 1М63ДФ101	Пристрій спеціаль- ний	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

1	040	2 Радіально-свердлильна Сумісна обробка з кришкою Свердлити 2 отв.8 наскрізь Свердло	3 Радіально-свердлильний 2M55	4 Кондуктор спеціальний	5 
---	-----	--	----------------------------------	----------------------------	---

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

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

За програмою випуску кранів КР 676 (N=200шт) виробництво відноситься до дрібносерійного, чому і відповідає застосування обладнання і організація виробництва. Крім 010-фрезерної операції, всі операції виконуються з 2-ма деталями сумісно, корпус з кришкою. Основною метою цієї обробки є забезпечення жорсткості пов. Ø62H7, що є обов'язковою потребою через недостатню точність верстатів.

Поопераційний аналіз.

Операція 010. Фрезерна. Верстат 6P13.

Заготовка встановлюється в лещатах і орієнтується з допомогою спеціальних призм. Обробляються пов. 1 і 2, а після переустановки – пов.3.

Обробка на операції забезпечує отримання розмірів за кресленням.

Недоліки операції – ручний затиск, ручне керування, ручна зміна інструменту.

Усування заданих недоліків можливе при застосуванні верстата з ЧПК та самоцентруючих лещат з механізованими приводом.

ЧПК дозволить автоматичне переміщення фрези по напрямках обробки поверхонь 1 і 2, застосувавши одну фрезу для обробки всіх поверхонь, а при застосуванні верстату 6P13PФ3 з 6-шпindelною револьверною головкою, додатково виконати обробку інших поверхонь, наприклад отворів, тощо.

За рахунок самоцентруючих лещат, можна виставити заготовку симетрично відносно осі деталі і обробити за 9-м квалітетом по одному отвору 7 і 8, котрі стануть базовими для обробки на решті операцій. Тоді доцільно розбити операцію на 2, і в наступній операції використати базування на отворах 7 і 8.

Тоді на фрезерних операціях можна виконати обробку пов.16, паза 4 та фасок 5 і 6, а також, для розвантаження верстату при обробці пов.10 разом з пов.11-12, 13 і 14, - виконати чорнову обробку пов.10 та фасок 13 і 14.

Операція 020. Свердлильна. Верстат 2M55.

Оснастка – спеціальний кондуктор, в котрому встановлюється корпус і кришка для спільної обробки. Затиск ручний.

Заготовка базується по зовнішньому контуру.

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Виконується обробка – свердління наскрізь отворів 7 і 8, а також, свердління і розсвердлювання отв.9 до Ø11Н9.

Недоліки:

1. Технологічний. Отвори 9 оброблюється за 2 переходи – свердління та розвертання, що не відповідає рекомендація довідників, наприклад, табл.7([5], с. 587), де додатково, для забезпечення якості, перед розвертуванням виконується зенкерування.
2. Пристрій – ручний затиск. Орієнтація заготовки по контуру. Кондукторні втулки.
3. Ручна зміна інструменту, режимів різання.
4. Ручне керування верстатом, ручне переміщення шпиндельної бабки за координатами.

Для даного типу виробництва застосовувати дану операцію з її оснащенням недоцільно. Усунути згадані недоліки допоможе застосування свердлильного верстату з ЧПК, наприклад, 2P135Ф2, а обробку отворів 9 виконувати за три переходи.

Операція 030. Токарна. Верстат 1М63ДФ101.

На операції виконується розточування елементів кришки, а після переустановки – сумісне розточування отворів 10 – Ø62Н7 та їх елементів – фасок 13, 14 та канавок 11-12.

Корпус з кришкою скручуються 2-ма «чистими» болтами, розміщеними в отворах Ø11Н9, тобто, зміщення корпуса відносно кришки виключено.

Пристрій спеціальний з ручним затиском. В пристрій базування здійснюється по 04-х отв (7 і 8) 14-го квалітету точності і за опорну поверхню служить частково оброблена і зміщена відносно неї – необроблена поверхні.

Верстат має клас точності «Н» і гарантує точність оброблюваної поверхні за Н9. На верстаті же обробляється пов.10 за Н7, за три переходи, одним і тим же різцем і з однаковими режимами різання.

Наявність цифрової індикації і перед набору покращує умови керування верстатом.

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

За вказаними недоліками верстат не може застосовуватись у заданому типі виробництва.

Токарна операція в представленому вигляді не забезпечує стабільності отримання заданої точності розміщення деталей.

За рахунок зазорів у з'єднанні корпусу і кришки «чистовим» болтом та за рахунок похибки базування, після розбирання а потому остаточного складання зміщення отвору Ø62H7 в корпусі та кришці буде, як мінімум, рівні половині зазору з'єднання Ø11H9/h9, не враховуючи перекоосу осі отвору Ø62H7 за рахунок неточності верстату при розточуванні. Отже, щоб спростити операцію, гарантувати соосність деталей не нижче базової (в границях зазору) доцільно застосувати верстат високої точності, наприклад, 16K20ВФ1С1, можливо обробляти окремо корпус і кришку, базуючись при розточуванні на якісно оброблені опорні поверхні (поверхні розміщення) та на технологічні отвори 7 і 8 або з'єднувальні – 9.

Операція 040. Свердлильна 2М55. Кондуктор.

Обробляється 2 отв. 6 в корпусі та 2 отв. Під різьбу М8 в кришці.

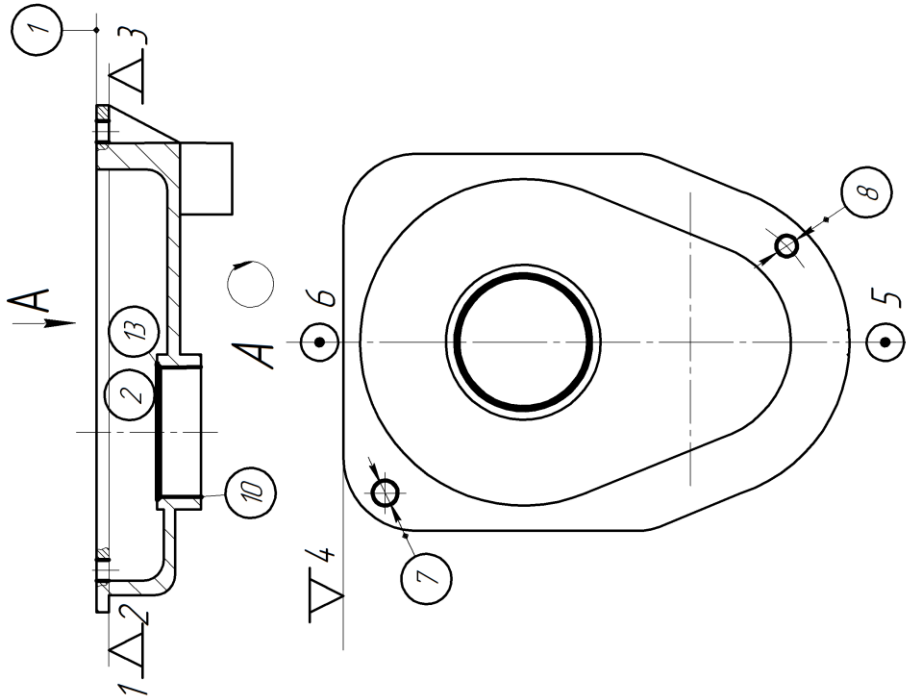
Примітка. Нарізати різьби М8 в кришці, здійснюється на слюсарній операції вручну.

Зауваження та пропозиції до операції аналогічні як до операції 020.

В таблиці 1.9 приведений проектній варіант техпроцесу з застосуванням верстатів з ЧПК, пристроїв з механізованим затиском та прогресивного різального інструменту. Цей техпроцес значно зменшить трудомісткість обробки деталі, виключить ручний затиск заготовки та ручне керування, а також забезпечить потрібну якість виготовленої деталі.

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9— Проектний варіант технологічного процесу обробки деталі

№ операції	Назва та зміст операції, інструмент	Тип і модель верстага	Характеристика пристрою	Схема установки обробки
1	2	3	4	5
005	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Фрезерувати пов.1 Фреза торцева</p> <p>2.Фрезерувати пов.2 Фреза торцева</p> <p>3.Розточити пов.10 начорно, фаску 13.</p> <p>Різці розточні державкові</p> <p>4.Свердлити отв. 7 і 8 (з технологічними фасками)</p> <p>Свердло комбіноване</p> <p>5.Зенкерувати пов.7 Зенкер</p> <p>6.Розвернути пов.7</p> <p>7.Розвернути пов.8</p>	Вертикально-фрезений з ЧПК 6Р13РФ3	Спеціалізований з механізованим приводом	

Продовження таблиці 1.9

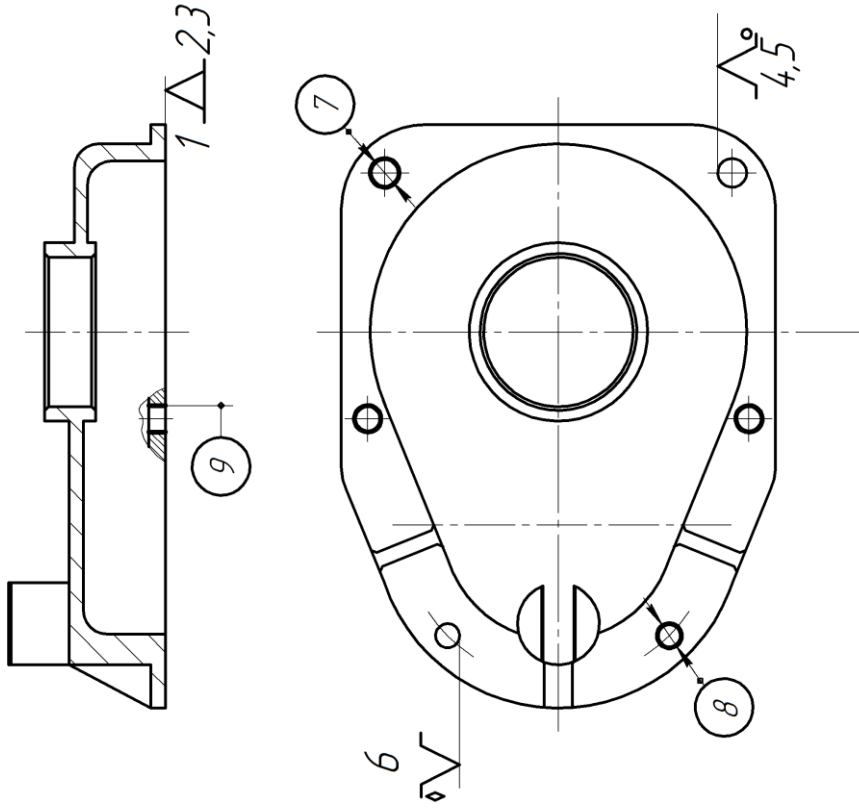
1	010	Фрезерна з ЧПК 1. Фрезерувати пов.3 2. Фрезерувати пов.16 3. Розточити фаску 14 1. Фрезерувати паз.4 1. Фрезерувати фаски 5 і6	3	Вертикально-фрезний з ЧПК 6P13PФ3	4	Спеціальний з механізмом приводом	5	
---	-----	---	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	--

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

1	015	<p>Свердильний з ЧПК (сумісно з кришкою)</p> <p>1. Свердлили отв.7, наскрізь Свердло</p> <p>2. Свердлили отв.8, наскрізь</p> <p>3. Свердлили 2 отв.9</p> <p>Свердло</p> <p>4.Зенкували 2 отв.9</p> <p>Зенкер</p> <p>5.Розвернули 2 отв.9</p> <p>Розвертка</p>	3	4	5
			Вертикально-свердильний з ЧПК 6P135Ф2	Спеціальний з пневмоприводом	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

1	040	2	<p>Токарна 1. Розточити пов.10 начисто і начорно Різці розточні 2. Розточити канавку 11-12. Різець канавковий</p>	3	<p>Верстат токарний з цифровою індикацією 16K20ВФ1С1</p>	4	<p>Спеціальний з пневмо- приводом</p>	5	
---	-----	---	---	---	--	---	---	---	--

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

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Арк.

1.3.3 Технічне обґрунтування виробу проектного варіанту маршруту механічної обробки.

Основні зміни технологічного процесу та їх економічне обґрунтування пов'язані з застосуванням верстатів з ЧПК, в тому числі з застосуванням вертикально-свердлильних верстатів з ЧПК моделі 2P135Ф2 замість радіально-свердлильного 2M55, та застосуванням спеціальних пристроїв з механізованим затиском.

Зіставимо три варіанти техпроцесу обробки деталі:

- базовий, менш продуктивний – операція 020;
- з використанням верстату з ЧПК – операція 015;
- високопродуктивний, з використанням агрегатного верстату;

Вихідні дані і результати розрахунків приведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані і результати технічного обґрунтування маршруту обробки

Показники	Варіанти		
	1	2	3
	2M55	2P135Ф2	Агрегат.
Штучний час $T_{шт}$, год.	0.202	0.075	0.051
Число запусків деталей в рік, А	12	12	12
Число операцій в кожному запуску, V_o	4	3	2
Коефіцієнт корисного використання верстату, η	0,7	0,85	0,85
Підготовчо- заключний час, $T_{пз}$, год	0,2	0,3	-
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання, μ	1	1	1
Складність ремонту механічної частини, R_m	8	60	6.5
Складність ремонту електротехнічної частини, R_e	6	41	5,0
Площа, що займає обладнання S, м ²	4.4	3.8	10.0
Площа, що займає ЧПК S_y , м ²	0	1.5	0
Коефіцієнт додаткових площ, γ	5	4.5	2.5
Число верстатів, що обслуговується одним:			
Верстатником, α	1	2	1
Наладчика α_1	0	2	2
Фонд часу, Φ_o , год	4015	3890	3890

Заготовка:

$$R_z = 200 \text{ мкм}; h = 300 \text{ мкм} \text{ ([5], табл. 7, с. 182);}$$

$$\rho_{3M} = 0.6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм},$$

$$\rho_{в.кор} = 0.24 \text{ мм} = 240 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{3M}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ мкм}$$

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

Похибка установки:

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2}, \text{ мкм};$$

Похибка базування E_6 рівна максимальному зазору S_{max} між циліндричним пальцем пристрої $\varnothing 10g6 \left(\begin{smallmatrix} -0,005 \\ -0,014 \end{smallmatrix} \right)$ та отвором в заготовці $\varnothing 10H9^{(0,036)}$ мм.

$$S_{max} = 0,014 + 0,036 = 0,05 \text{ мм};$$

Похибка закріплення $E_3 = 0$, тому, що сила затиску паралельна до напрямку обробки.

Розміри базуючих пальців прийняті високоточними, щоб зміщення при обробці було менше, ніж при складанні вузла.

$$E_1 = 0.05 \text{ мм} = 50 \text{ мкм}.$$

На послідовних переходах механічної обробки, після:

- чорнової обробки: $R_z = 40 \text{ мкм}; h = 50 \text{ мкм}$ ([5], табл. 27 с. 190);
- чистової обробки: $R_z = 20 \text{ мкм}; h = 0$ ([5], табл. 27 с. 190);
- тонкого розточування: $R_z = 5 \text{ мкм}; h = 0$ ([5], табл. 27 с. 185);

Після першого переходу обробки h виключається ([5], с. 176);

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

- після чорнової обробки $K_{yi} = 0,06$;
- після н.чистової обробки $K_{yi} = 0,04$;
- після чистового (тонкого) розточування $K_{yi} = 0,02$;

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

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

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

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_3=0,02 \cdot 646=13 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_i=\varepsilon_1 \cdot K_{y_i};$$

$$\varepsilon_2=0.04 \cdot 50=2 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3=0.02 \cdot 50=1 \text{ мкм};$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min}=2(200+300+\sqrt{646^2+50^2})=2 \cdot 1148 \text{ мкм}=2.296 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\min}=2(40+50+\sqrt{39^2+2^2})=2 \cdot 129 \text{ мкм}=0.258 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\min}=2(20+\sqrt{13^2+1^2})=2 \cdot 33 \text{ мкм}=0.066 \text{ мм};$$

Розрахункові розміри:

$$D_{p3}=D_{\max}=62,030 \text{ мм};$$

$$D_{p2}=D_{p3}-2Z_{3\min}=62,03-0.066=61,964 \text{ мм};$$

$$D_{p1}=D_{p2}-2Z_{2\min}=61,964-0.258=61,706 \text{ мм};$$

$$D_{\text{зар}}=D_{p1}-2Z_{1\min}=61,706-2,296=59,410 \text{ мм}.$$

Максимальні розміри - заокруглені D_{p_i} ;

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

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

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

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.11

Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні $\varnothing 62 \text{ H7}$)
приведена на рисунку 1.7.

$$\text{Загальні припуски: } 2Z_{\min}^{\text{заг}}=2530 \text{ мкм}; \quad 2Z_{\max}^{\text{заг}}=3500 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{\max}^{\text{заг}}-2Z_{\min}^{\text{заг}}=3500-2530=970 \text{ мкм}.$$

$$T_{\text{заг}}-T_{\varnothing}=1000-30=970 \text{ мкм}, \text{ - отже, розрахунки правильні.}$$

Номінальний припуск :

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

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

При розточуванні, номінальні припуски рівні максимальним.

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.4.1.2 Визначення операційних припусків аналітичним методом на обробку зовнішніх паралельних площин 2 і 3 в розмір $21h12_{(-0,21)}$.

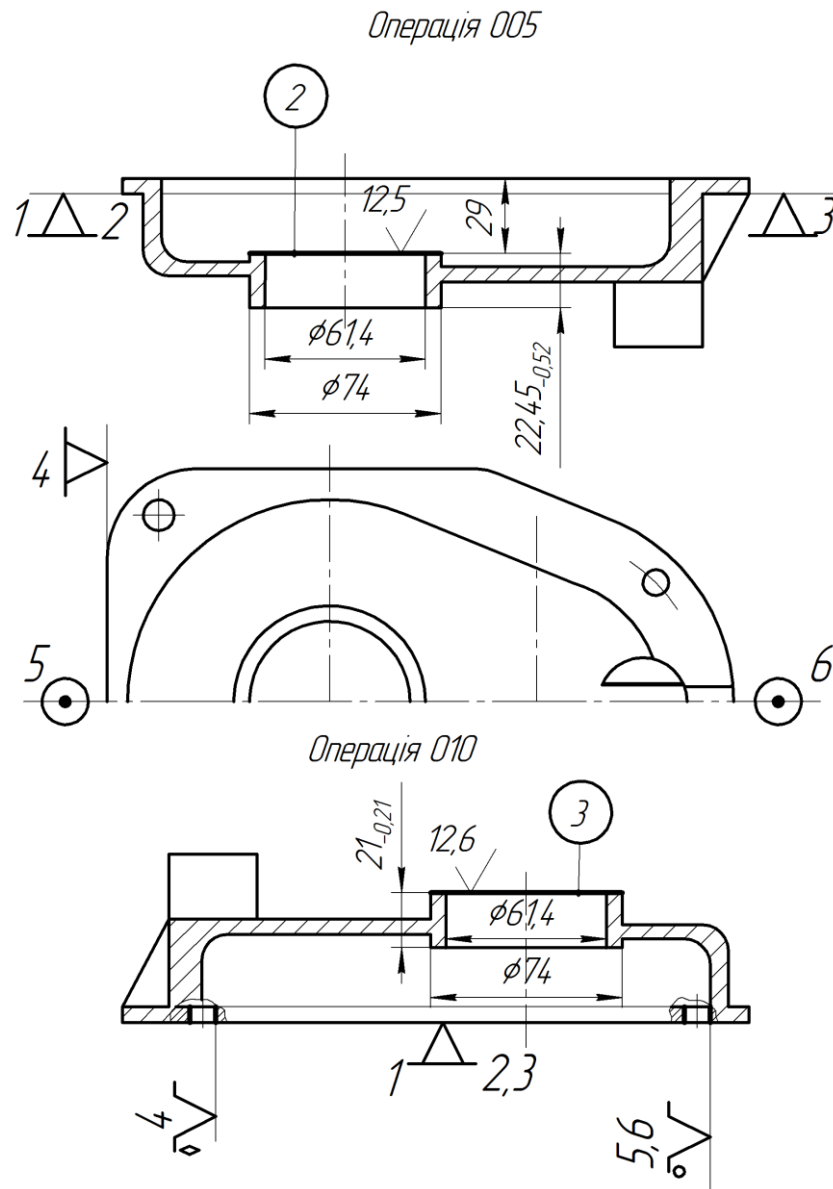


Рисунок 1.6 - Схема установок при обробці пов. 2 і 3 в розмір $21h12_{(-0,21)}$.

Технологічний маршрут обробки:

- фрезерування пов.2 – h14;
- фрезерування пов.3 – h 12.

Односторонній мінімальний припуск:

$$Z_{i\min} = [(R_Z + h)_{i-1} + \rho_{0i-1} + E_i], \text{ мкм ([5], с.175).}$$

Заготовка (пов.1 і 2): $R_Z = 200 \text{ мкм}$; $h = 300 \text{ мкм}$ ([5], табл.10, с.185).;

$\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{кор}}$, мкм ([1], табл.4.7, с.66);

$\rho_{\text{кор}} = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ мкм}$; $\rho_B = 240 \text{ мкм}$ - технічні вимоги до заготовки.

$\rho_1 = \rho_{\text{кор}} = 240 \text{ мкм}$; $\rho_2 = \rho_B \cdot K_y = 240 \cdot 0,06 = 14 \text{ мкм}$;

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$E_1 = \sqrt{E_{s1}^2 + E_{z1}^2}, \text{ мкм};$$

Для всіх схем обробки похибка закріплення $E_{z1}=0$, тому що сила закріплення паралельна до напрямку обробки.

Особливості обробки, - обробка з автоматичним отриманням розміру, на попередньо налагодженому за еталоном верстаті.

В такому випадку похибки базування:

$$E_{6i} = E_{ni}, \text{ мкм.}$$

E_{ni} – похибка налагодження на i -му переході;

$E_{ni} = 0.4\omega_i$, де ω_i – економічна точність обробки на i -му переході.

За таблицею А4 ([13], с.166):

$$\omega_1 = IT10 = 100 \text{ мкм};$$

$$\omega_2 = IT7 = 25 \text{ мкм};$$

$$E_{n1} = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ мкм}, E_{n2} = 40 \text{ мкм},$$

$$E_{n3} = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ мкм}, E_{n4} = 10 \text{ мкм}, \text{ тобто } E_i:$$

$$E_1 = 100 \text{ мкм}; E_2 = 100 \text{ мкм}; E_3 = 10 \text{ мкм}; E_4 = 10 \text{ мкм};$$

$$E_1 = \sqrt{E_{61}^2 + E_{z1}^2}, \text{ мкм};$$

Похибка базування E_{61} рівна допуску на товщину опорного фланця, розміром $7,75 \pm 0,4$ мм.

$$E_{61} = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм};$$

$E_{z1} = 0$, - сила закріплення паралельна до напрямку обробки;

$$E_2 = \sqrt{E_{62}^2 + E_{z2}^2}, \text{ мкм};$$

Похибка базування E_{61} рівна допуску на розмір між базою і пов.2

$$29 \pm t_2 / 2 (\pm 0.2 \text{ мм});$$

$$E_{62} = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм};$$

$$E_{z2} = 55 \text{ мкм} ([1], \text{ табл.1.4.13, с.81});$$

$$E_2 = \sqrt{400^2 + 55^2} = 403 \text{ мкм};$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$Z_{1\min} = 200 + 300 + 240 + 800 = 1540 \text{ мкм} = 1,54 \text{ мм};$$

$$Z_{2\min} = 200 + 300 + 240 + 403 = 1143 \text{ мкм} = 1,143 \text{ мм};$$

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові розміри:

$$H_{p2} = H_{\min} = 20,79 \text{ мм};$$

$$H_{p1} = H_{p2} + Z_{2\min} = 20,79 + 1,143 \approx 21,93 \text{ мм};$$

$$H_{\text{зар}} = H_{p1} + Z_{1\min} = 21,93 + 1,54 = 23,47 \text{ мм}.$$

Мінімальні розміри – заокруглені H_{pi} ;

Максимальні розміри - $H_{\max} = H_{\min} + T_i$ мм;

Граничні припуски

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

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

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.11

Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні приведена на рисунку 1.9

Загальні припуски:

$$Z_{\min}^{za2} = 2710 \text{ мкм}; \quad Z_{\max}^{za2} = 3500 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Z_{\max}^{za2} - Z_{\min}^{za2} = 3500 - 2710 = 790 \text{ мкм}.$$

$$T_{za2} - T_{\theta} = 100 - 210 = 790 \text{ мкм}, \text{ - отже, розрахунки правильні.}$$

Номинальний припуск : $Z_i = Z_{i\min} + ES_{Hi-1} - ES_{Hi}$, мм

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

Арк.

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № Докум. Підпис Дата

Таблиця 1.11 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні операції та переходи	Елементи припуску, мкм			Мінімальний припуск $Z_{i, \min}$ ($2Z_{i, \min}$)	Розрахунковий розмір $d_p(L_p)$ мм	Допуск T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски		Виконавчі розміри, мм
	Rz	h	ρ				ϵ	H_{\max} (L_{\max})	H_{\min} (L_{\min})	$Z_{i, \min}^{TP}$ ($2Z_{i, \min}^{TP}$)	
Обробка поверхні – Ø62H7(+0,030)											
Заготовка	200	300	646	-	59,410	1000	59,5	58,5	-	-	59±0.50
Чорнове розточування	40	50	39	50	61,706	300	61,70	61,40	2200	2900	61.40 ^{+0..30}
Чистове розточування	20	0	26	2	61,964	120	61,960	61,840	260	440	61.84 ^{+0..12}
Тонке розточування	5	0	13	1	62,030	30	62,030	62,00	70	160	62 ^{+0.03}
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	2530	3500	-
Обробка паралельних пов.2 і 3 розміром 21h12(-0,21)											
Заготовка	200	300	240	-	23,47	1000	24,5	23,5	-	-	24±0.5
Фрезерування пов. 2	200	300	240	800	21,93	520	22,45	21,93	2050	1570	22,45 ^{-0.52}
Фрезерування пов. 3	50	-	14	400	20,79	210	21,00	20,79	1450	1140	21,00 ^{-0.21}
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	3500	2710	-

Таблиця 1.12 – Припуски та міжопераційні розміри на обробку поверхонь

Технологічні переходи	Розмір, мм	Шорсткість R_a , мкм	Квалітет точності	Допуск мкм	Граничні розміри, мм		$2Z_{max}$ мм
					Найбільшій	Найменший	
Обробка поверхні 9 – $\text{Ø}11\text{H}9^{+0.043}$ мм							
1.Заготовка							
2.Свердління	10,2	12,5	H12	180	10,38	10,2	5,1
3.Зенкерування	10,8	3,2	H11	100	10,91	10,80	0,53
4.Розвертування	11	1,6	H9	43	11,043	11,00	0,133

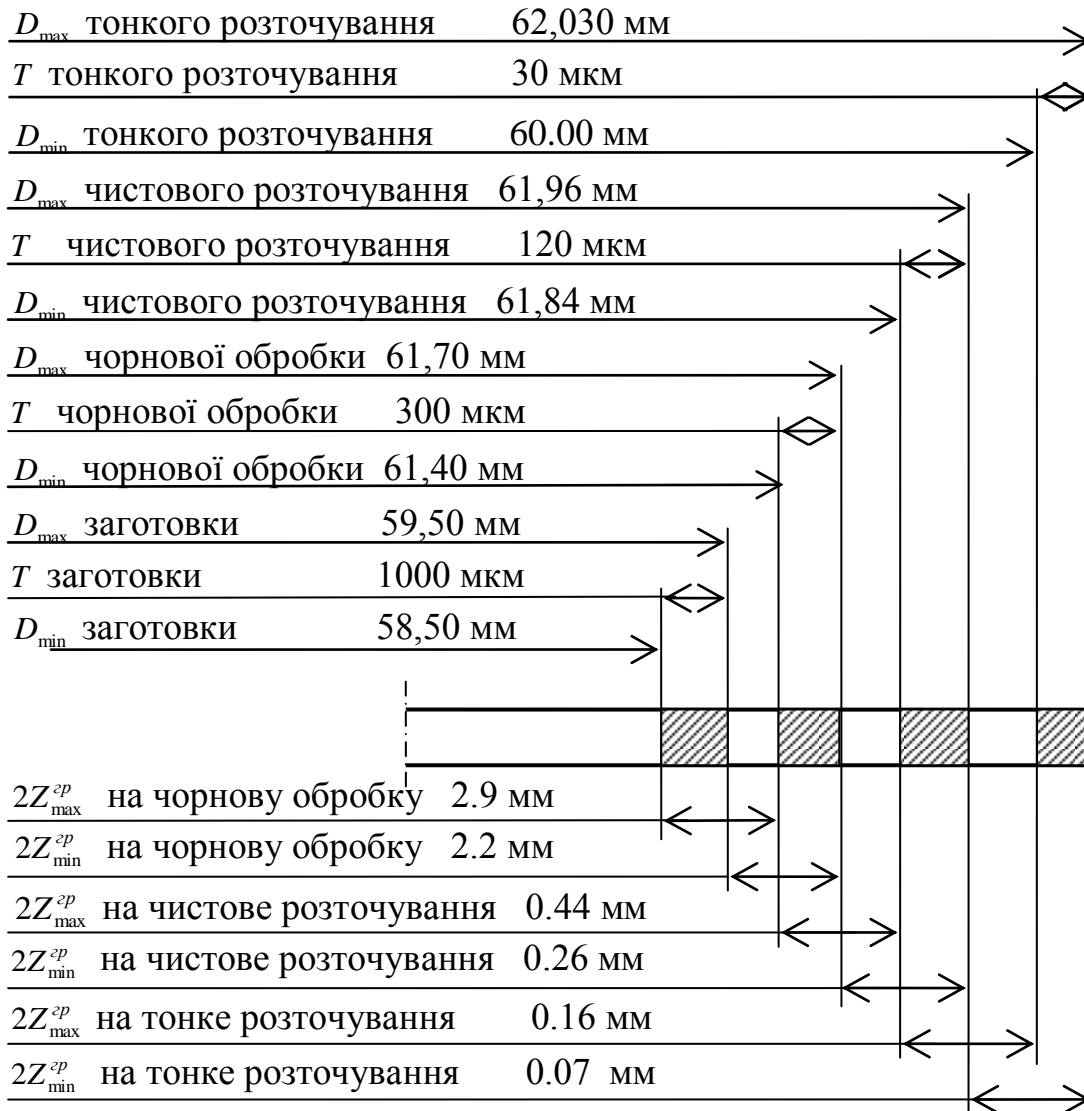


Рисунок 1.7- Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні $\text{Ø}62\text{H}7$

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

При нарізанні різьб мітчиками:

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

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

P – крок нарізуваної різьби.

Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Операція 010. Вертикально – фрезерна з ЧПК.

Фрезерувати паз.4.

Верстат вертикально – фрезерний 6P13PФ3:

- потужність головного двигуна верстата $N_{дв} = 7.5$ кВт.

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

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_e = N_{дв} \cdot \eta = 0,8 \cdot 7.5 = 6.0$ кВт.

Різальний інструмент: фреза кінцева, $D_f = 13,0$ мм, $z = 5$, Фреза 2220-0437 ГОСТ 17025-71;

Оброблюваний матеріал: чавун СЧ15 ДСТУ 8833:2019,

твердість 163...229 НВ;

Розміри обробки $B = 25$ мм. Шорсткість $R_a = 12,5$ мкм

Довжина обробки $l = 34$ мм ;

Режими різання:

Глибина фрезерування $t = 3,5$ мм.

Подача на зуб фрези:

$$S_z = S_n \cdot K_s, \text{ мм/зуб};$$

Нормативна подача: $S_n = 0.05$ мм/зуб ([6], табл. 35 с.284);

$$K_s = 1,35 \text{ ([6], табл. 35 с.284);}$$

$$S_z = 0.05 \cdot 1,35 = 0.0675 \text{ мм/зуб};$$

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

$$S_0 = 0.0675 \cdot 5 = 0,34 \text{ мм/об};$$

Швидкість різання – розрахункова:

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{229}{190} \right)^1 = 1.2 \text{ де } n = 1; ([6], \text{табл. 9, с.264})$$

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

$$C_p=30; x=0.86; y=0,72; u=1; q=0,86; w=0;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 30 \cdot 3,5^{0,36} \cdot 0,07^{0,72} \cdot 25 \cdot 5 \cdot 1,2}{13^{0,86} \cdot 16,34^0} = 2147,6 \text{ Н};$$

За табл. 42 ([6], с.292) визначаємо складові сили різання:

$$P_h=1,15 \cdot P_z=1.15 \cdot 2147,6=2470 \text{ Н};$$

$$P_y=0,5 \cdot P_z=0.5 \cdot 2147,6=1071,8 \text{ Н};$$

$$P_v=0,1 \cdot P_z=0.1 \cdot 2147,6=214,8 \text{ Н};$$

$$P_x=0,3 \cdot \text{tg}30^0 \cdot P_z=0.1732 \cdot 2147,6=372 \text{ Н};$$

$$\text{Крутний момент на шпинделі: } M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_\phi}{Z \cdot 1000} = \frac{2147,6 \cdot 13}{2000} = 14 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Потужність різання ефективна:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2147,6 \cdot 16,34}{1020 \cdot 60} = 0,574 \text{ кВт};$$

Ефективна потужність на шпинделі верстату:

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

де, потужність головного приводу (двигуна) $N_{дв}=7.5 \text{ кВт};$

к.к.д. приводу $\eta=0.8;$

$$N_e=7.5 \cdot 0.8=6.0 \text{ кВт} > N_p=0.574 \text{ кВт};$$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$$t=3.5 \text{ мм}; S_0=0.34 \text{ мм/об}; S_z=0.07 \text{ мм/зуб}; S_x=136 \text{ мм/хв.}; T=180 \text{ хв}; n=400 \text{ хв}^{-1};$$

$$V=16.34 \text{ м/хв}; N_p=0.574 \text{ кВт}; M_{кр}=14.0; P_z=6451 \text{ Н}; T_0=0.309 \text{ хв.}$$

Операція 015. Свердлильна з ЧПК.

Свердлити отв.7 Ø12мм наскрізь.

Верстат вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2:

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

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

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

Різальний інструмент: свердло Ø12, P6M5;

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Оброблюваний матеріал: сірий чавун СЧ15 ДСТУ 8833:2019,,

твердість 170..228 НВ;

Діаметр обробки $d=\varnothing 12$ мм. Шорсткість $R_a=12.5$ мкм.

Довжина обробки $L=6$ мм, $l_1+l_2=7$ мм;

Довжина робочого ходу $L=6+7=13$ мм; $i=1$;

Режими різання:

Глибина різання $t=6,5$ мм.

Подача нормативна $S_{0H}=0,4$ мм/об; ([6], табл. 25 с.277)

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

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

де коефіцієнти поправкові на ([6], табл. 25 с.277):

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

$K_S=1$;

$S_0=0.4 \cdot 1=0.4$ 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..30с.279);

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

Поправкові коефіцієнт на:

- оброблюваний матеріал $K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{217}\right)^{1.3} = 0.79$;

де $n_v = 1.3$ ([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);

$K_v = 0.79$;

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

$C_V=17.1$; $q=0,25$; $y=0,4$; $m=0,125$;

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$V_p = \frac{17.1 \cdot 12^{0.25} \cdot 0.79}{45^{0.125} \cdot 0.4^{0.4}} = 22,31 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 22,31}{\pi \cdot 12} = 592 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 500 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot 500}{1000} = 18,85 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Хвилинна подача: $S_x = 0,4 \cdot 500 = 200 \text{ мм/хв.}$, що відповідає паспорту. S_o – без змін.

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{13 \cdot 1}{200} = 0,065 \text{ хв.}$$

Крутний момент і осьова сила:

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

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

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{229}{190} \right)^{0.6} = 1.12 \text{ де } n = 0,6; ([6], \text{ табл. 9, с.264})$$

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

$$C_m = 0,021; q_m = 2,0; y_m = 0,8; C_p = 42,7; q_p = 1,0; y_p = 0,6;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 12^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,12 = 16,272 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 12 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,12 = 2755 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{16,272 \cdot 400}{9750} = 0,668 \text{ кВт}$$

$$N_p = 0,668 \text{ кВт} < N_E = 3,2 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$$t = 6,0 \text{ мм}; S_o = 0,4 \text{ мм/об}; S_x = 200 \text{ мм/хв.}; T = 45 \text{ хв}; n = 400 \text{ хв}^{-1}; V = 18,85 \text{ м/хв};$$

$$N_p = 0,068 \text{ кВт}; M_{кр} = 16,272; P_o = 2755 \text{ Н}; T_0 = 0,065 \text{ хв.}$$

Операція 020. Токарна з ЧПК.

Токарний з ЧПК 16K20ВФ1С1:

- потужність головного двигуна верстата $N_{дв} = 5,5 \text{ кВт.}$

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

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Ефективна потужність на шпинделі верстату $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4$ кВт.

5. Розточити поверхню 10 тонко.

Різальний інструмент: розточний державковий різець: R1, $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, $\gamma = 8^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Різець 2140-0009 ВКЗ.ОМ ГОСТ 18882-73;

Оброблюваний матеріал: Чавун СЧ15 ДСТУ 8833:2019,;

Твердість 163...229 НВ;

Оброблювана поверхня $\text{Ø}62\text{H}7^{+0,03}$, шорсткість $Ra = 1,6$.

Режими різання:

Глибина різання $t = 0,08$ мм.

Подача нормативна $S_{\text{он}} = 0,12$ мм/об, ([6], табл.19, с.271).

Швидкість різання - розрахункова:

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

Період стійкості різця:ъ

$T = 60$ хв ([6], с.268).

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

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv} = \left(\frac{190}{229}\right)^{1,25} = 0,79$$

де $pv = 1,25$ ([6], табл.2 с.262).

$K_{pv} = 1$ ([6], табл.5 с.263) – коеф. на стан поверхні;

$K_{iv} = 1,15$ ([6], табл.6 с.263) – коеф. На інструментальні матеріали.

Коефіцієнти на кути в плані:

$K_\varphi = 0,9$ $K_{\varphi 1} = 0,97$; ([6], табл.18 с.271).

$$K_v = 0,79 \cdot 1,15 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 0,795.$$

Коеф. виду обробки $K_o = 0,9$, - для розточування ([6], табл.18 с.271).

Коефіцієнти і показники степенів ([6], табл.17 с.270).

$C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$

$$V_p = \frac{0,9 \cdot 292 \cdot 0,795}{60^{0,2} 0,08^{0,15} 0,12^{0,4}} = 311,56 \text{ м/хв};$$

За таблицею 19 ([6], с.271) уточняємо $V = 150$ м\хв.

Частота обертання шпинделя розрахункова:

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 150}{\pi \cdot 62} = 770 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо за верстатом } n=630 \text{ хв}^{-1}$$

$$S_x = S_x \cdot n = 0,12 \cdot 630 = 75,6 \text{ мм/хв.}$$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 62 \cdot 630}{1000} = 112,71 \text{ м/хв}$$

Основний технологічний час при $l=21$ мм; $l_1+l_2=2$ мм;

$$L=21+2=23 \text{ мм}; i=1$$

$$T_o = \frac{23}{75,6} = 0,304 \text{ хв}$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{ipv} \cdot K_{\lambda pi}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{229}{190} \right)^{0,4} = 1,08$$

де $n=0,4$ ([6],табл.9 с.264).

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

$$K_{\text{фр}} = 0,94; K_{ipv} = 1; K_{\lambda pi} = 1;$$

$$K_p = 1,08 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,0 = 1,01;$$

Коефіцієнти і показники степенів ([6],табл.22 с.274).

$$C_p = 92; x = 1,0; y = 0,75; n = 0.$$

$$P = 10 \cdot 92 \cdot 0,08 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 112,71^0 \cdot 1,01 = 15,2 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{15,2 \cdot 112,71}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт.}$$

$$N_p = 0,03 \text{ кВт} < N_e = 4,4 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний. Прийняті режими різання:

$$t = 0,08 \text{ мм}; S_o = 0,12 \text{ мм/об}; S_x = 75,6 \text{ мм/хв}; T = 60 \text{ хв}; n = 630 \text{ хв}^{-1}; V = 112,71 \text{ м/хв};$$

$$N_p = 0,03 \text{ кВт}; P = 15,2 \text{ Н}; T_o = 0,304 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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

Операція 010. Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Верстат 6P13PФ3.

1. Фрезерувати пов. 3.

Оброблювана поверхня - площина-торець $\varnothing 74 \times \varnothing 57,5$ мм.

Оброблюваний матеріал: чавун СЧ15 ДСТУ 8833:2019,,

твердість 229 НВ;

Різальний інструмент: фреза торцева ВК8; $\varnothing 80$ мм, $Z=6$ мм, $\varphi=60^\circ$.

Довжина обробки $l=74$ мм, $l_1+l_2=13$ (с620) мм; $L=74+13=87$ мм, $i=1$.

Режими різання:

Глибина різання $t=1,75$ мм.

Подача нормативна $S_0 = S_z \cdot z$ мм/об (табл.69 с.109);

$S_z=0.2$ мм/зуб. (табл.7 с.691);

$S_0 = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ мм/об;

Швидкість різання – розрахункова:

$V_p = V_n \cdot K_{10} \cdot K_{11} \cdot K_9$, м/хв.

$V_n=115$ м/хв. (с.655) – для $t < 2$ мм; $S_z=0.2$ мм/зуб.

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал, - $K_{10}=1$ (с.658);
- на період стійкості інструменту, - $K_{11}=0.85$, при $T=150$ хв;
- на вид обробки, - $K_9 = 1,05$, ($D/B=80/45=1,8$), (с.657);

$V_p=115 \cdot 0.8 \cdot 1,05=82,11$ м/хв.

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 82,11}{\pi \cdot 50} = 326,7 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 315 \text{ хв}^{-1}$$

$S_x=1.2 \cdot 315=378$ мм/хв.; Паспорт безступінчасте регулювання.

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 315}{1000} = 79,17 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{87 \cdot 1}{378} = 0,230 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$S_x=0,2*315=63 \text{ мм/хв.}$$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 315 \cdot 65}{1000} = 64,32 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний технологічний час:

$$l=1,5 \text{ мм}; l_1+l_2=3 \text{ мм}; L=1,5+3=4,5 \text{ мм}; i=1;$$

$$T_0 = \frac{4,5}{63} = 0,071 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$$N_p = N_{\text{табл}} \frac{V}{100} K_7, \text{кВт};$$

$$N_{\text{табл}}=2,10 \text{ (с.650)}; K_7=0,45 \text{ (с.651)}$$

$$N_p=2,10*64,32*0,45/100=0,61 \text{ кВт};$$

$$\text{Ефективна потужність верстату } N_e=5,5*0,8=4,4 \text{ кВт};$$

$$N_p=0,61 \text{ кВт} < N_e=4,4 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний

$$\text{Сила різання: } P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N_p}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 0,61}{64,32} = 578, \text{ Н}$$

Прийняті режими різання:

$$t=2,75 \text{ мм}; S_0=0,2 \text{ мм/об}; S_x=63 \text{ мм/хв}; T=60 \text{ хв}; n=315 \text{ хв}^{-1}; V=64,32 \text{ м/хв};$$

$$N_p=0,61 \text{ кВт}; P_z=578 \text{ Н}; T_0=0,071 \text{ хв.}$$

Операція 015. Свердлильна з ЧПК.

Верстат 2P135Ф2.

Свердлити отв.8 Ø10мм.

Оброблюваний матеріал: чавун СЧ15 ДСТУ 8833:2019, твердість 229 НВ;

Різальний інструмент: свердло Ø10мм.

$$\text{Довжина обробки } l=6 \text{ мм}, l_1+l_2=6 \text{ мм}; L=6+6=12 \text{ мм}, i=1.$$

Режими різання:

Глибина різання $t=5$ мм.

$$S_0=0,24 \text{ мм (табл. 7, с. 661)};$$

Швидкість різання – розрахункова:

$$V_p = V_H * K_{13} * K_{14} * K_{15}, \text{ м/хв.}$$

$$V_H=18 \text{ м/хв. (с.664)} - S_0=0,25 \text{ мм/об.}$$

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал, - $K_{13}=1.0$ (с. 664);
- на період стійкості інструменту, - $K_{14}=1.22$, - при $T=25$ хв (665);
- на вид обробки, - $K_{15}=1$;

$$V_p = 18 \cdot 1.22 \cdot 1 = 21,96 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова :

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 21.96}{\pi \cdot 10} = 699 \text{ хв}^{-1}; \text{ Приймаємо } n = 710 \text{ хв}^{-1}$$

$$S_x = 0.24 \cdot 710 = 170 \text{ мм/хв.}; \text{ Паспорт: } S_x = 160 \text{ мм/хв}; S_0 = 160/710 = 0,23 \text{ мм/об.}$$

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 710}{1000} = 22,31 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{12 \cdot 1}{160} = 0.075 \text{ хв.}$$

Осьова сила різання:

$$P_o = P_{o.\text{табл}} \cdot K_{21},$$

да $P_{o.\text{табл}} = 1700$ Н (с.669), $K_{21} = 1$ (с. 669);

$$P_o = 1700 \cdot 1 = 1700 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N_p = N_{\text{табл}} \cdot K_{24}, \text{ кВт};$$

$$N_{\text{табл}} = 0.5 \text{ (с.672);}$$

$$K_{24} = 1.1 \text{ (672);}$$

$$N_p = 0.5 \cdot 1.1 = 0.55 \text{ кВт};$$

Ефективна потужність верстату $N_e = 4 \cdot 0.8 = 3.2$ кВт;

$$N_p = 0.55 \text{ кВт} < N_e = 3.2 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

$$M_{\text{кр}} = 9750 \cdot N/n = 9750 \cdot 0.55/710 = 7,553 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Прийняті режими різання:

$$t = 5 \text{ мм}; S_0 = 0,23 \text{ мм/об}; S_x = 160 \text{ мм/хв.}; T = 25 \text{ хв}; n = 710 \text{ хв}^{-1}; V = 22.31 \text{ м/хв};$$

$$N_p = 0.55 \text{ кВт}; P = 1700 \text{ Н}; M_{\text{кр}} = 7,553 \text{ Н} \cdot \text{м}; T_0 = 0.075 \text{ хв.}$$

Арк.

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № Докум. Підпис Дата

Таблиця 1.13 – Розрахунок режимів різання та основного часу

№ Опер. ходу	Назва та зміст операції, переходу	D або V об-роб-ки	Довжина		Глибина	Подача		Швидкість різання			Частота обертання шпинделя		Потужність		T ₀ , хв.	
			l	L		S ₀	S _x	V*	V _H	V	n _p	n	N _{рiз}	N ₀		i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
005	Фрезерна ЧПК															
	1.Фрезерувати пов.1	Ø80/35	610	690	1,75	0,6	240	142,5	101,75	100,53	404	400			1	2,875
	пов.2	Ø80/45	74	87	1,75	1,2	378	115	82,11	79,17	327	315	1,15		1	0,23
	2.Розточити пов.10 начорно	Ø61,4	21	23	1,45	0,4	160	85	76,5	77,16	396	400			1	0,14
	фаску 13	Ø65,	1,9	5	1,9	0,4	160	95	85,5	77,16	414	400			1	0,03
	3.Свердлити пов. 7 і 8	Ø9,8	6	12	4,9	0,1	80	26	31,72		103	800			2	0,30
	фаски	Ø13	1,6	-	1,6	0,1	-	23	32,2		788	800			-	-
	4.Зенкерувати пов.7	Ø11,	6	9	1,05	0,28	224	31	37,2		987	800			1	0,04
	5.Розвернути пов.7	Ø12	6	18	0,05	0,7	280	14	14		371	400			1	0,06
	6.Розвернути пов.8	Ø10	6	15	0,1	0,6	240	14	14		446	400			1	0,06
010	Фрезерна з ЧПК															
	1. Фрезерувати пов.3	Ø80/45	74	87	1,75	1,2	378	115	82,11	79,17	327	315	1,15		1	0,230
	пов.16	Ø80/35	34	41	1,75	1,2	378			79,17		315			1	0,108
	2. Розточити фаску 14	Ø65,	7,9	5	1,9	0,4	160	85	76,5	77,16	396	400			1	0,031
	пов.2	2														
	3. Фрезерувати паз.4	Ø13/25	34	42	3,5	0,34	136	-	19,44	16,34	473	400	0,6		1	0,309
	4. Фрезерувати фаски 5 і 6	Ø40/ Ø15	34	38	2	1,2	480	-	19,44	18,85	412	400			1	0,079

Продовження таблиці 1.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
015	Свердлильна з ЧПК															
	1.Свердлити отв.7	Ø12	13	19	6	0,4	200	-	22,31	18,85	592	500	0,7	3,2		0,805
	2.Свердлити отв.8	Ø10	17	23	5	0,23	160	18	21,26	22,31	699	710	0,7		1	0,095
	Свердлити отв.9	Ø10	13	19	5	0,23	160			22,31		710			2	0,238
	3.Зенкувати отв.9	Ø10,8	13	16	0,53	0,25	250	31	37,2	33,93	1096	1000			2	0,128
	4.Розвернути отв.9	Ø11	13	25	0,13	0,7	250	14	14	12,27	405	355			2	0,200
020	Токарна з ЧПК															
	1.Розточити пов.10 начисто	Ø61,84	21	24	0,22	0,25	157,5	132,5	152,4	122,39	784	630	0,61	4,4		0,527
	2.Розточити пов.10 тонко	Ø62	21	23	0,08	0,12	75,6	P	150,0	122,71	770	630	0,33		1	0,152
	3.Розточити канавку 11-12	Ø65	1,5	4,5	2,14	0,2	63	52	71,3	64,32	349	315	0,03		1	0,304
													0,61		1	0,071

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

Операція 015 - Вертикально-свердлильна з ЧПК;

Верстат: вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2:

- висота від поверхні стола верстату до торця шпинделя, найбільша – $H_b=600$ мм;

- отвір у шпинделях - конус Морзе 4;

Деталь: корпус КР 676.01.132-01:

- висота поверхні входу інструменту над опорною пов. пристрою $h_d=6$ мм;

- висота виступаючих елементів деталі над поверхнею входу інструменту

$\Delta h_d=44$ мм;

Пристрій: висота опорних поверхонь пристрою над поверхнею стола $H_{пр}=200$ мм.

Порядок переходів, різальний та допоміжний інструмент:

1. Свердлити отв. 7 – $\text{Ø}12^{+0.43}$ наскрізь.

- різальний інструмент: свердло 035-2301-1025 ОСТ2 И20-2-80;

довжина свердла $L_1=180$ мм; хвостовик свердла – конус Морзе 1, діаметр свердла $d_1=12$ мм; віддаль від вершини свердла до торця перехідної втулки $l_1=118$ мм;

- допоміжний інструмент: перехідна втулка з конуса Морзе 1 на конус Морзе 4: втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-854 віддаль від торця втулки до торця шпинделя верстату $a_1=6.5$ мм.

2. Свердлити отв.8 і 2 отв.9 до $\text{Ø}10^{+0.36}$ наскрізь.

- свердло 035-2301-1017 ОСТ2 И20-2-80; $L_2=170$ мм; $l_2=108$ мм; Хвостовик конус Морзе 1; $d_2=10$ мм;

- втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-854 віддаль від торця втулки до торця шпинделя верстату $a_2=6.5$ мм.

3. Зенкерувати 2 отв.9 – до $\text{Ø}10,8^{+0.11}$ наскрізь.

- зенкер 2320-2557 ГОСТ 12489-71, $L_3=175$ мм; $l_3=113$ мм; Хвостовик конус Морзе 1; $d_3=10.75$ мм;

- втулка 6100-0227 ГОСТ 13598-854 віддаль від торця втулки до торця шпинделя верстату $a_3=6.5$ мм.

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

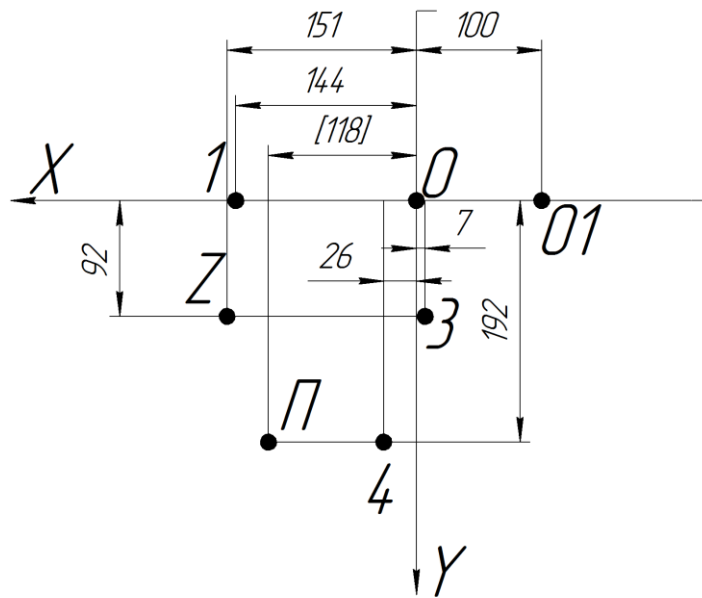


Рисунок 1.10 – Схема розташування опорних точок

O₂ – координати отвору під 2-1 базуючий палець

O₁ – координати інструменту при перезавантаженні деталі.

Таблиця 1.15 – Координати опорних точок.

№ опорної точки	Координата	
	X	Y
1	144	0
2	151	92
3	-7	92
4	26	192
(П)	(218)	(192)
O ₁	-100	0

Таблиця 1.16 – Розрахунково – технологічна карта

Деталь		Операція		Верстат		Система ЧПК							
КР 676.01.132-02		015		2P135Ф2		Координатна C70-3							
№ оп. то-чки	Геометрична інформація				Технологічна інформація								
	X, мм	Y, мм	Z, мм	R, мм	T, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв ⁻¹	Напрям обертання	Охолодження	№ інст-рументу	L, № коректора
1	+144	0	19	44	6	0,4	200	18,85	500	пр.		01	01
2	+151	+92	19	54	5	0,23	160	22,31	710	пр.		02	02
3	-7	+92										03	03
4	26	192	23	49	0,53	0,25	250	33,93	1000	пр.		04	04
3	-7	+92	16									49	0,53
2	151	+92	25	49	0,13	0,7	250	12,27	355	пр.		05	05
2	+151	+92										49	0,13
3	-7	+92											

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ								Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата									

Таблиця 1.17 – Карта програмування

Деталь			Операція				Верстат				Система ЧПК		
КР 676.01.132-02			015				2P135Ф2				Координатна С70-3		
№ от-во-ру	№ кадру	Підготовча функція	Геометрична інформація				Технологічна інформація				№ коректора	Кінець кадру	Пояснення
			N	G	X	Y	Z	R	F	S			
1	001	62	+014400	+000000			14	09	01	03	01		
	002	91			+001900	+004400							
2	003		+015100	+009200			13	10	02	03	02		
	004				+001900	+005400							
3	005		-000700	+009200			13	10	03	03	03		
	006				+001900	+005400							
4	007		+002600	+019200			13	10	03	03	03		
	008				+002300	+005400							
3	009		-000700	+009200			15	11	04	03	04		
	010				+001600	+004900							
2	011		+015100	+009200			15	08	05	03	05		
	012				+001600	+004900							
2	013		+015100	+009200			15	08	05	03	05		
	014				+002500	+004900							
3	015						15	08	05	03	05		
	016				+002500	+004900							
O ₁	017	60	-010000	+000000									
	018									02			

Таблиця 1.18 – Програма обробки

№ Отвору	№ кадру	
1	001	G62 T01 L01 F14 S09 M03 X+014400 Y+000000 ПС
	002	G91 R+004400 Z+001900 ПС
2	003	G62 T02 L02 F13 S10 M03 X+015100 Y+009200 ПС
	004	G91 R+005400 Z+001900 ПС
3	005	X-000700 Y+009200 ПС
	006	R+005400 Z+001900 ПС
4	007	G62 T03 L03 F13 S10 M03 X+002600 Y+019200 ПС
	008	G91 R+005400 Z+002300 ПС
3	009	G62 T04 L04 F15 S11 M03 X-000700 Y+009200 ПС
	010	G91 R+004900 Z+001600 ПС
2	011	X+015100 Y+009200 ПС
	012	R+004900 Z+001600 ПС
2	013	G62 T05 L05 F15 S08 M03 X+015100 Y+009200 ПС
	014	G91 R+004900 Z+002500 ПС
3	015	X-000700 Y+009200 ПС
	016	R+004900 Z+002500 ПС
O ₁	017	G60 X-010000 Y+000000 ПС
	018	M02

Арк.

МР.ПМК-625.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № Докум. Підпис Дата

1.4.4 Аналіз точності обробки

Вихідні дані: операція 020 – Токарна.

Верстат: Токарний 16К20ВФ1С1

Матеріал деталі: чавун СЧ15 ДСТУ 8833:2019, 229 НВ.

Різальний інструмент: різець розточний:

різець 2140-0009 ВК3.ОМ ГОСТ 18882-73, перетин державки 25x25 мм, виліт – 80мм.

Матеріал ріжучої частини: твердий сплав ВК3.ОМ (особлива дрібна структура) із зносостійким покриттям.

Пристрій: спеціальний.

Геометричні параметри інструменту: $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$; $\gamma=08^\circ$; $\lambda=0^\circ$, $R=1$ мм.

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична $\varnothing 149,76H10$ ($^{+0,16}$).

Обробка виконується на попередньо налагодженому верстаті з використанням кутоміра моделі 154 з вимірною головкою за ГОСТ 18833-73 з ціною поділки 0.001мм., та індикаторним упором, з ціною поділки 0.001мм.

Ескіз обробки приведено 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 ВПІД на отримання заданого розміру. Випадкова при багаторазовому налагодженні.

Δ_y - похибка від зміни величини деформації системи ВПІД 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_T - похибка від теплової деформації різця.

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

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічної частини.

Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.19 та 1.20.

Таблиця 1.19 – Розрахунок похибки обробки.

Формули та розрахунки похибки обробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta_{BR} = a/2 = 0,004/2 = 0,002 \text{ мм}$ $\Delta_{BR} = a/2 = 0,008/2 = 0,004 \text{ мм}$ $\Delta_{BR} = \Delta_{BR}' + \Delta_{BR}'' = 0,006 \text{ мм}$	a' - постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; a'' - постійність діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a' = 0,004 \text{ мм}$ $a'' = 0,008 \text{ мм. (ГОСТ 18097-88)}$
$\Delta_{HR} =$ $\sqrt{(\Delta_{вим} / 2)^2 + \Delta_p^2} =$ $\sqrt{0,004^2 + 0,002^2} = 0,0045 \text{ мм}$	$\Delta_{вим}$ - похибка вимірювання, мм Δ_p – похибка регулювання положення різця, мм.	$\Delta_{вим} = \pm 0,004$ ([4], табл.14, с.562) $\Delta_p = 0,002$ [5], табл.26, с.71)
$\Delta_{YR} = 11 C_p S^{Y_{py}} V^{n_{py}} K_p (t_{max}^{X_{py}} - t_{min}^{X_{py}}) \omega = 11 \cdot 54 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 122,71^0 \times$ $\times 1,08 \cdot (0,08^{0,9} - 0,0035^{0,8}) \times$ $\times 0,0029 = 0,02 \text{ мкм} =$ $= 0,00002 \text{ мм}$	S, V, t_{max}, t_{min} - режими різання; K_p – поправочний коефіцієнт; $C_p, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення R_u, H ; ω – податливість системи ВПД, мкм/Н;	$S = 0,12 \text{ мм/об}; V = 122,71 \text{ м/хв.}; t_{max} = 0,08 \text{ мм},$ $t_{min} = 0,035 \text{ мм}$ - дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_p = 54; Y_{py} = 0,75;$ $n_{py} = 0; X_{py} = 0,9$ ([6], табл.22, с.274). $\omega_{in} = 0,0029 \text{ мкм.}$ ГОСТ 18097-88. $K_p = K_{m_{py}} \cdot K_{f_{py}} \cdot K_{\gamma_{py}} \cdot K_{\lambda_{py}}$ $K_{m_{py}} = 1,08$ (р1.4.2ПЗ), $K_{f_{py}} = 0,77, K_{\gamma_{py}} = 1,$ $K_{\lambda_{py}} = 1.$ ([6], табл.23, с.275) $K_p = 1,08 \cdot 0,77 = 0,81$
$\Delta_{mHR} = 1,2 \sqrt{\Delta_{HR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_\epsilon =$ $1,2 \sqrt{0,0045^2 + 0,00008^2} + 0,006 =$ $= 0,0114 \text{ мм}$ $\Delta_{MH} = 2 \cdot \Delta_{mHR} = 0,0114 \cdot 2 = 0,0228 \text{ мм}$	Δ_{MH} - похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки налагодження з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні.	
$\Delta_i = U_0 (1 + V \cdot \tau / 1000)$ $= -(1 + 122,71 \cdot \tau / 1000)$ $= (1 + 0,12271 \tau)$	τ - час обробки, хв.; U_0 – відносне спрацювання різця, мкм/км	τ - змінна величина; $U_0 = 0,6 \text{ мкм/км}$ ([5], та бл.28, с.74) та ([4], табл.10, с.680)

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.19

1	2	3
$\Delta_T = 54 \frac{L_p}{F} \cdot t^{0,5} \cdot s^{0,72} \cdot$ $V^{0,78} \frac{T_o}{T_o + T_{пер}} (1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}) =$ $= 54 \frac{80}{6254} \cdot 122,71^{0,78} \times$ $\times 0,12^{0,72} \cdot 0,08^{0,5} \times$ $\times \frac{0,304}{0,304 + 3,243} (1 - e^{-\frac{4\tau}{16}}) =$ $= 1,8(1 - e^{-\frac{\tau}{4}})$	<p>C – константа; L_p, F- виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм². σ_в – границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм² t, S, V – режими різання; T_о, T_{пер}, - основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв.; τ_т – константа знаходиться в межах 12-24хв.</p>	<p>L_p=80мм F=625мм². t=0,08мм, S = 0,12мм/об, V =122,71м/хв; T_о=0,304хв, T_{пер}= 3,243 хв.; (табл.1.7 ПЗ) τ_т=16хв.</p>

Таблиця 1.20 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

τ, хв	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
Δ _i	0	-0,75	-0,89	-1,19	-1,48	-1,78	-2,1	-2,8	-3,5	-5,0	-6,5
Δ _т	0	0,72	1,13	1,58	1,71	1,76	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Δ _{сист} =2(Δ _i -Δ _т)	0	-0,06	+0,48	+0,78	+0,46	-0,04	-0,6	-2,0	-3,4	-6,4	-9,4

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку 2 графічної частини.

З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструменту T_т=61хв

Оскільки T_ε<T_т, то загальна похибка обробки складає (по діаграмі):
Δ_{сум}=0,030мм.

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

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

Найбільше граничне значення розміру:

$$D_{max} = 62,030 \text{ мм.}$$

Найменше значення систематичної похибки: Δ_{сист. min}=0,0008

Допуск на розмір T=0,030мм.

$$D_{налог} = 62,030 - 0,5 * 0,0228 - 0,0008 - \frac{0,030 - 0,030}{2} = 62,0178 = 62,018 мм.$$

Тривалість обробки до вимушеної зміни різця:

$$T_{зм} = T_{т} (T_0 + T_{пер}) / T_0 = 60(0,304 + 3,243) / 0,304 = 700 \text{ хв}$$

Питома вага C_j=(Δ_j/Δ_{сум})100%, де Δ_j- величина j-ої похибки.

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку C_j приведені в таблиці 1.21 на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки рисунок 4 графічної частини.

Таблиці 1.21 Результати розрахунку C_j .

Позначення похибки Δ_j	Δ_B	Δ_H	Δ_y	Δ_{MH}	Δ_j	Δ_T	$\Delta_{сист}$
Значення похибки Δ_j	0.012	0.009	0.0004	0.0228	0.010	0.0036	0.0072
C_j %	40,0	30,0	0,13	76	33,33	12,0	24,0

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

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

1.4.5 Нормування технологічного процесу

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

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

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

n – число деталей у партії, $n_\delta = 80$ шт.

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

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

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

$T_{вим}$ – час на вимірювання, хв;

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

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

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

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

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

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

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			

$T_{n.3.2}$ – час на прийоми, що не ввійшли в $T_{n.3.1}$, хв, – до нього відноситься час на отримання до початку роботи і задачі в її кінці техдокументації, інструменту, пристроїв і інструмента майстра, тощо.

$T_{n.3.3}$ – час на пробну обробку деталі, – відноситься до верстатів з ЧПК, автоматів, тощо.

Приклад визначення норм часу.

Операція 020. Токарна. Верстат 16К20ВФ1С1.

Початкові дані: $T_0 = 0.527$ хв;

Маса деталі на операції $M_0 = 3,1$ кг.

Характеристика базуючих та затискаючих елементів пристрою та приводу: плоска поверхня з 2-ма пальцями; пристрій закріплений на шпинделі. Затиск пневматичний.

Одночасно оброблюється 1 деталь.

$$T_{вст} = t_{вст} + t_{закр}$$

Час на встановлення заготовки на призми краном $t_{вст} = 0,2$ хв ([12], поз.11, с.76).

Час на закріплення заготовки важелем пневмозатиску $t_{закр} = 0.03$ хв ([12], поз.31, с.77).

$$T_{вст} = 0,2 + 0.03 = 0,23 \text{ хв.}$$

$$T_{упр} = t_1 + t_2, \text{ хв.}$$

Операція виконується за три переходи: чистове розточування, тонке розточування до $\varnothing 62H7$, розточування внутрішньої кільцевої канавки.

Час пов'язаний з переходом:

$$T_{пер} = t_{п1} + t_{п2} + t_{п3}, \text{ хв.}$$

Чистове розточування по 10 квалітету: різцем $t_{п1} = 0,47$ хв (карта 18, с.65, поз.14).

Тонке розточування: $t_{п2} = 0,95$ хв (карта 18, с.65, поз.25).

Точіння канавки: $t_{п3} = 0,40$ хв (карта 18, с.67, поз.52).

$$T_{пер} = 0,47 + 0,95 + 0,40 = 1,82 \text{ хв.}$$

Час на додаткові прийоми, що не ввійшли в $T_{пер}$:

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{пер}2} = 2t_{\text{п}} + 3t_{\text{с}} + 3t_{\text{р}} + 2t_{\text{ш}}, \text{ хв. (карта 18, с. 69).}$$

Час на зміну обертів шпинделя $t_{\text{п}} = 0,08$ хв.;

Час на величини подачі $t_{\text{с}} = 0,07$ хв.;

Час на зміну різця поворотом різцевої головки $t_{\text{р}} = 0,07$ хв.;

Час на закриття (відкриття) щитка огороження від стружки $t_{\text{ш}} = 0,03$ хв.

$$T_{\text{пер}2} = 2 \cdot 0,008 + 3 \cdot 0,07 + 3 \cdot 0,07 + 0,03 = 0,61 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,82 + 0,61 = 2,43 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання:

$$T_{\text{вим}} = t_{\text{вим.1}} + t_{\text{вим.2}}, \text{ хв.};$$

- калібром пов.Ø62Н7 $t_{\text{вим.1}} = 0,25$ хв. ([12], поз.198, с.86);

- шаблоном глибини канавки $t_{\text{вим.2}} = 0,25$ хв. ([12], поз.8, с.80)

$$T_{\text{вим}} = 0,25 + 0,11 = 0,36 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{д}} = 0,23 + 2,43 + 0,36 = 3,02 \text{ хв.}$$

$P_{\text{абс}} = 4\%$ (с.110) (карта 19, с.70);

$P_{\text{пер}} = 4\%$ (с.203) (карта 88, с.202);

$$T_{\text{шт}} = (0,527 + 3,02) \cdot 1,08 = 3,866 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{п.з.1}} = 23 \text{ хв (с.111);}$$

$$T_{\text{п.з.2}} = 8 \text{ хв (с.111);}$$

$$T_{\text{п.з}} = 23 + 8 = 31 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ш.к}} = 3,866 + 31/80 = 4,254 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.20 – Нормування технологічного часу

№ оп.	Назва операції	T_0 , хв	$T_{\text{д}}$, хв	$P_{\text{абс}} + P_{\text{пер}}$, %	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{п.з}}$, хв	$T_{\text{ш.к}}$, хв
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	3,747	2,550	9	6,864	34,5	7,295
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,757	2,180	9	3,201	33,5	3,620
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,805	2,980	8	4,088	31,9	4,487
030	Токарна	0,527	3,02	8	3,866	31	4,254
Всього	-	5,836			18,019		19,656

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				

2 Конструкторська частина

Розрахунок та проектування пристроїв

У верстатних пристроях, що застосовуються для кріплення деталі на механообробних операціях мають пневмопривід.

Розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

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

Зусилля на штоці пневмоциліндра, 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 пневмоциліндра:

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

де p – розрахунковий тиск стисненого повітря в пневмоциліндрі, надлишковий;

Границі значень:

$$p = 0.3 \dots 0.6 \text{ МПа} \quad ([3], \text{ с.113}); \quad p = 0.63 \text{ МПа} \quad ([6], \text{ с.91});$$

Максимальне зусилля $p = 1 \text{ МПа}$ ([16], с.425);

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндрів, для пневмоциліндрів з $D = 150 \dots 200 \text{ мм}$, $\eta = 0.8 \dots 0.95$ ([3], с.113), - він враховує втрати на тертя в пневмоциліндрі;

d – діаметр штока пневмоциліндра, мм;

Фактичний діаметр пневмоциліндра D приймаємо округленням D_p до найбільшого ближчого з стандартного ряду: 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250.

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

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

Коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1.5$.

Коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях – K_1 :

- при чорновій обробці $K_1 = 1.2$;

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при чистовій обробці $K_1=1.0$;

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

- при торцевому і циліндричному фрезеруванні $K_2=1.2$;

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

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

K_4 – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення в затискаю чому механізмі. Для пневмо- та гідроциліндрів подвійної дії $K_4=1.0$; для пневмо- та гідроциліндрів односторонньої дії та ручного приводу $K_4=1.3$;

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).

					<i>MP.ПМК-625.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Пристрій свердлильний

2.1.1 Опис призначення будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для базування та закріплення корпусу КР 676.01.132-01 при виконанні вертикально-свердлильної операції з ЧПК 015.

Верстат: вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2:

- Розміри стола 630×400 мм;
- Число Т – подібних пазів – 3 шт;
- Ширина центрального Т – подібного паза 14Н8, бокових - 14Н12;
- Віддаль між пазами – 100 мм.

Пристрій складається з корпусу 1, на поверхні котрого розміщено пластинки 10, 12, 21, закріплені гвинтами 15, та пальці 19 і 20.

Крім цього в верхній плиті корпусу 1 розміщені втулки 3, в котрих розміщені притискачі 4, котрі гайками 14 через шайбу 22 закріплені на штоках 2, що загвинчені у виступаючий кінець поршня 8 пневмоциліндра, закріпленого до верхньої плити корпусу 1 гвинтами 17.

Крім поршня 8, до складу пневмоциліндра входять: корпус 9, кришка 7 з кутником 6 та штуцером 5, та гвинти 16 і ущільнення 25, 26, 27.

На стіл верстату пристрій встановлюється шпонками 23 в центральний паз і закріплюється болтами М12 за ГОСТ 12459-67 з шайбами і гайками.

Початкове положення: поршні 8 разом із штокам 2 та притискачами 4 знаходяться у крайньому верхньому положенні, поверхні на 90° від затиснутого положення за рахунок байонетних пазів у притискачах 4 та розміщених в пазах циліндричних кінців гвинтів 18, загвинчених у втулках 3.

Заготовку встановлюють базовими отворами на пальці до контакту з опорами 10, 12, 21.

Стиснене повітря подається через отвори в корпусах 9, котре переміщає поршень 8 разом із штоком 2 та притискачем 4 донизу, при цьому притискачі 4 повертаються на 90° і притикають заготовку до опор.

Для відкріплення деталі пристрій приводять у початкове положення подачею стисненого повітря у поршневу порожнину пневмоциліндра через отвори в кришках 7.

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільші силові показники операції виникають при обробці отв.7 – Ø12H14.

Розраховані в р.1.4.2:

$M_{кр}=16.272 \text{ н}\cdot\text{м}$; $P_o=2755 \text{ н}$;

Час обробки на операції $T_o=0.805 \text{ хв}$.

Річна програма випуску деталей $N_p=144 \text{ шт}$.

2.1.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

В процесі обробки не заготовку діють:

- крутний момент $M_{кр}$ від свердління – намагається крутити заготовку навколо осі обробки;
- осьова сила різання P_o – притискає заготовку до опорних поверхонь пластин 10, 12, 21. Через те, що товщина деталі в місці обробки невелика, сила P_o є нестабільною і при подальших розрахунках не враховується;
- сила затиску Q в місцях контактів притискачів та опор з заготовкою утворює сили тертя F , котрі утримують її від дії $M_{кр}$.

Схема дії сили на заготовку наведена на рис.2.1.

Умова рівноваги:

$$K \cdot M_{кр} = F (R_1 + R_2);$$

Якщо $F=Q \cdot f$, отримаємо:

$$Q_p = \frac{K \cdot M_{кр}}{f (R_1 + R_2)}, \text{ Н};$$

$$K=1.5 \cdot 1.15 \cdot 1.5=2.585=2.6;$$

$$R_1=190\text{мм}, R_2=160\text{мм (графічна частина)}; f=0.16.$$

$$Q_p=2.6 \cdot 16,272 / (160+190) \cdot 0.16=756 \text{ Н};$$

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

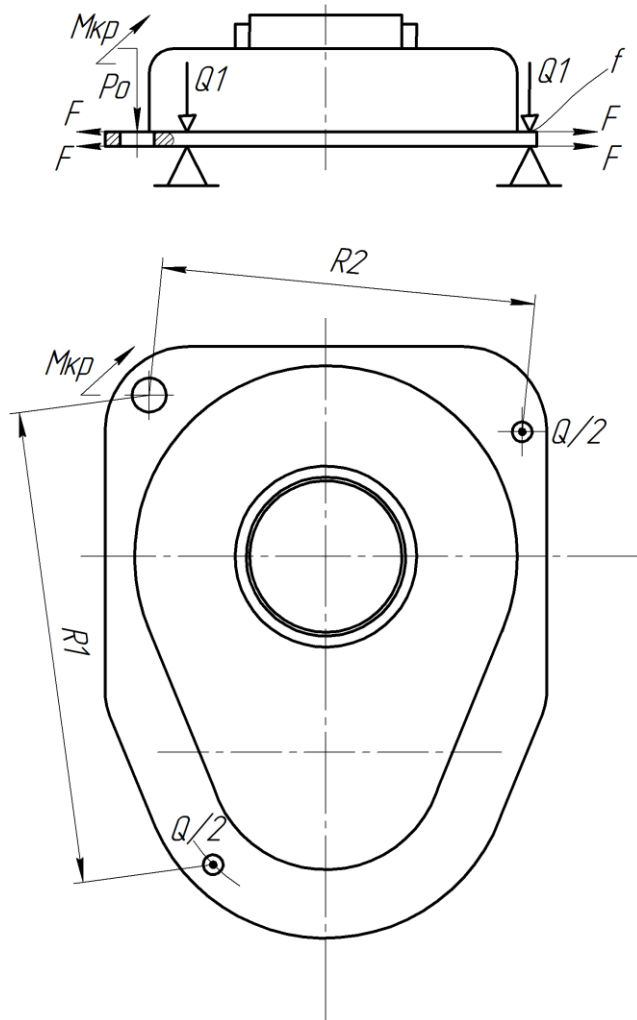


Рисунок 2.1- Схема дії сил на заготовку.

Зусилля затиску передається Г-подібними притискачами, 2-ма пневмоциліндрами.

$Q_1=378$ Н;

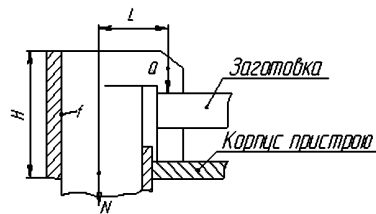


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку зусилля, що передається „Г” – подібним притискачем.

$$N_p = \frac{Q}{1 - \frac{3L}{H} f}, \text{ н; ([15], с 391);}$$

де $f=0.1$ – коефіцієнт тертя між притискачем і втулкою ([15], с.391);

$L=35$ мм; $H=50$ мм (графічна частина);

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_p = \frac{378}{1 - \frac{3 \cdot 35}{50} \cdot 0.1} = 478,5 \text{ Н};$$

При $P=0.4$ МПа; $\eta=0.8$; $d=25$ мм;

$$D_p = 1.13 \sqrt{\frac{478,5}{0.4 \cdot 0.8} + 25^2} = 52 \text{ мм};$$

Приймаємо $D=63$ мм;

$$N = 0.785(63^2 - 25^2) \cdot 0.4 \cdot 0.8 = 840 \text{ н.}$$

$$Q_1 = N(1 - 3L/H \cdot f) = 840 (1 - 3 \cdot 35/50 \cdot 0.1) = 663.5 \text{ н};$$

$$Q = 1327 \text{ н.}$$

Фактичний коефіцієнт запасу:

$$K_\phi = 2.6 \cdot 1327/756 = 4.56.$$

2.1.3 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість

Розрахунки ведуться по слабких ланках.

2.1.3.1. Розрахунок пристрою на міцність

Слабкою ланкою є різьбове з'єднання $M8 \frac{6H}{6g}$

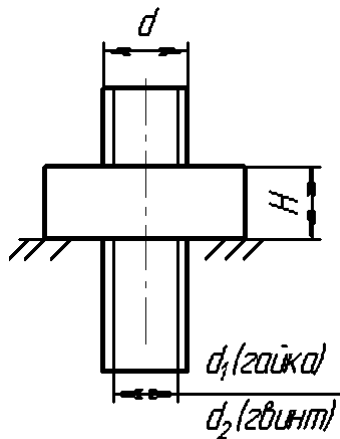


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема

$$N=840\text{Н}; H=5\text{мм}; d=8\text{мм}; d_1=6.647\text{мм}; d_2=6.466\text{мм}; z=3.$$

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

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

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

Перевірка різьби гайки на зріз:

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

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-625.00.000 ПЗ					

$$\tau_{зр} = \frac{840}{\pi \cdot 6.647 \cdot 5 \cdot 0.87 \cdot 0.61} = 15.16 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 102.9 \text{ МПа};$$

Умова міцності різьби стержня на згин:

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

де $Z=3$, - число одночасно працюючих витків;

$$\sigma_{зм} = \frac{840}{0.785(8^2 - 6.466^2) \cdot 3} = 16.07 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 254.8 \text{ МПа};$$

Умова міцності стержня на розтяг:

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

$$\sigma_p = \frac{840}{0.785 \cdot 6.466^2} = 25.59 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 166.6 \text{ МПа}.$$

За всіма параметрами з'єднання працездатне.

2.1.3.2 Розрахунок пристрою на зносостійкість

Визначаємо гарантовану величину спрацювання пальців та опор протягом однорічної експлуатації.

Визначення гарантованої величини спрацювання:

- опора:

Розрахунок виконуємо за довідником [13]:

Гарантована величина спрацювання

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

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

$$N_r = N = 1440 \text{ шт}$$

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

1. Твердість робочих поверхонь опор

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

2. Критерій зносостійкості, що враховує матеріал заготовки і опори: $P_1 = 1$, (табл.

1.12, с. 47) – чавун і сталь 20Х;

3. Зусилля, що діє по нормалі на опору:

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 1327 \text{ Н.}$$

4. Номінальна площа контакту опор (табл. 1.13, с.48):

$$F = 2 \cdot 1066 + 0.785(150^2 - 95^2)2 \cdot 60/360 - 0.785(16^2 \cdot 5 + 12^2) = 4540 \text{ мм}^2$$

5. Критерій навантаження опори:

$$P_2 = \frac{Q}{F \cdot HV} = \frac{1327}{4540 \cdot 615} = 0.00048 = 4.8 \cdot 10^{-4}; .$$

6. Зносостійкість $C=2250$ шт./мкм (рис. 1.6б; с. 49).

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

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

$$K_t = 0,79 \cdot T_0 = 0,79 \cdot 0.805 = 0.64,$$

де T_0 – основний час обробки. $T_0 = 0.805$ хв;

K_L – враховує вплив довжини L шляху ковзання заготовки по опорах в момент

її встановлення до упора: $K_L = 1$, (с. 47);

K_y – коефіцієнт умов обробки, $K_y = 1,12$ (табл. 1.14, с. 50) для чавуна;

$$K = 0.64 \cdot 1 \cdot 1.12 = 0.72.$$

8. Фактична зносостійкість:

$$C_\phi = C/K = 2250/0.72 = 3125 \text{ шт/мкм},$$

$$\Delta_{z.cn} = \frac{N}{C_\phi} = \frac{1440}{3125} = 0.46 \text{ мкм} = 0,00046 \text{ мм.}$$

В подальших розрахунках отриманим значенням $\Delta_{z.cn}$, нехтуємо.

- циліндричного пальця:

1. $\Delta_{cn}=50$ мкм (табл. 1.15, с.51) для сталі У10А, гартованої.

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

де, (табл. 1.16, с.51):

K_1 – враховує матеріал заготовки, - $K_1=1$, чавун;

K_2 – враховує вид верстата, $K_2=1$, - універсальний;

K_3 – враховує умови обробки, $K_3=1.12$, - чавун;

K_4 – враховує число установок, $K_4=2.8$ при числі установок до 5 тис.

$$K = 1.12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2.8 = 3.136.$$

3. $C=100000/50=2000$ шт/мкм (табл. 1.15, с.51);

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

скомпонований на базі гофрованої втулки 4, котра з високою точністю може матеріалізувати центр базового отвору.

Вимірювальна частина, крім втулки 4, складається з корпусу 6, втулки 7, гайки 2, кілець 3 і 5, гвинтів 9 і 10, гайки 8 та індикатора 12.

Гвинт 9 призначений для фіксації індикатора 12 через втулку 7, гайка 8 – для фіксації потрібного положення гвинта 10.

Порядок роботи пристрою.

Контрольована деталь встановлюється на підставку отворами 7 і 8 на штифти.

Вимірна частина втулкою 4 встановлюється в базовий отвір деталі Ø62H7.

Гайкою 2 вибирають зазор між втулкою та деталлю, залишаючи можливість беззазорного обертання. Індикатор виставлено приблизно на половину границі вимірювання. Повертаючи вимірну частину, записують показники індикатора 12 приблизно через кожних 30° в карту вимірювань.

Визначення придатності деталі.

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

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

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

$U_{1.1}=0.0035$ мм –похибка індикатора ([4], с.563);

$U_{1.2}=0$.

$U_1=0.0035$ мм;

U_2 -похибка методу вимірювання;

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

$U_{2.1}=0,003$ мм – похибка базування ([10], с.42);

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

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

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

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

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-625.00.000 ПЗ					

$U_{2.5}$ - 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; $U_6=0$;

$$U_{\Sigma} = \sqrt{0.0035^2 + 0.003^2 + 0.001^2} = 0.00472 \text{ мм}$$

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

$$U_{\Sigma} = 0.005 \text{ мм.}$$

Визначення придатності деталі: $T_{\text{вим}} = T - U_{\Sigma}$ мм

де T -допуск деталі, мм; $T = \pm 0.06$ мм;

$$T_{\text{вим}} = 0,12 - 0,005 = 0,115 \text{ мм.}$$

Деталь придатна, якщо різниця показників вимірювального приладу не більше 0,115 мм.

2.3 Розрахунок рівня уніфікації пристроїв

Визначаємо коефіцієнт уніфікації:

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

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 наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Назва пристрою	$\Sigma_{\text{заг}}$, шт	Σ_0 , шт	K_y , %
Свердлильний	21	11	47.62
Контрольний	12	7	47.67

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки свердлильного пристрою

Імітаційне моделювання є важливою складовою процесу розробки і проектування сучасних інженерних систем. Використання інструментів для моделювання фізичних процесів дає змогу перевіряти та аналізувати властивості конструкцій без необхідності виготовляти реальні прототипи. Програмне забезпечення САПР для інженерного аналізу, яке дозволяє моделювати різні типи фізичних явищ, таких як механічні, теплові.

Програмне забезпечення дозволяє виконувати такі види моделювання: статичний аналіз (оцінка напружень, деформацій і переміщень під дією статичних навантажень); динамічний аналіз (аналіз поведінки конструкцій під дією змінних навантажень або при коливаннях); тепловий аналіз (моделювання теплових процесів і розподілу температур в об'єкті); аналіз втоми (оцінка життєвого циклу конструкцій, з урахуванням змінних навантажень).

Основними можливостями сучасних програмних продуктів САПР є:

- інтеграція: працює в тісній інтеграції з основними платформами САПР, що дозволяє швидко й ефективно передавати геометричні моделі в інженерний аналіз. Це значно полегшує процес підготовки моделі для аналізу.
- широкий спектр аналізів: САПР дає змогу проводити різноманітні види аналізів, включаючи статичні та динамічні, а також теплові, електричні та вібраційні аналізи. Також підтримуються складні типи аналізів, такі як обчислювальна гідродинаміка (CFD) і аналіз навантажень на основі кінцевих елементів (FEA).
- підтримка різноманітних матеріалів: САПР дозволяє моделювати різні матеріали, зокрема метали, пластики, композити та інші, з урахуванням їхніх механічних та термічних властивостей.
- наявність інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу: інтерфейс програмного забезпечення є дружнім до користувача, що дозволяє інженерам і дизайнерам швидко освоювати інструменти для аналізу. Простота в роботі з програмою забезпечує швидке проведення аналізів навіть для тих, хто не має глибоких знань у галузі механіки.

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

– можливість оптимізації конструкцій: Однією з головних переваг САПР є функція оптимізації конструкцій, яка дозволяє знаходити найефективніші параметри для зменшення маси або підвищення міцності без втрати функціональності.

Переваги імітаційного моделювання:

– Зниження вартості розробки: Імітаційне моделювання дозволяє уникнути дорогих етапів прототипування та тестування в реальних умовах, що значно знижує витрати на розробку нових продуктів.

– Прискорення процесу проектування: За допомогою САПР інженери можуть швидко отримати необхідні результати і внести зміни в конструкцію без необхідності виробляти фізичні прототипи.

– Підвищення якості та надійності продукції: Моделювання дозволяє знаходити слабкі місця в конструкціях на ранніх етапах розробки, що підвищує якість кінцевого продукту та знижує ризики аварій і дефектів.

– Оптимізація використання матеріалів: Можливість тестувати конструкцію в різних умовах дозволяє знайти найбільш ефективне використання матеріалів, що може призвести до значної економії.

Отже, для проведення імітаційного моделювання побудовано тривимірну модель притискного пристрою, яка зображена на рисунку 3.1.

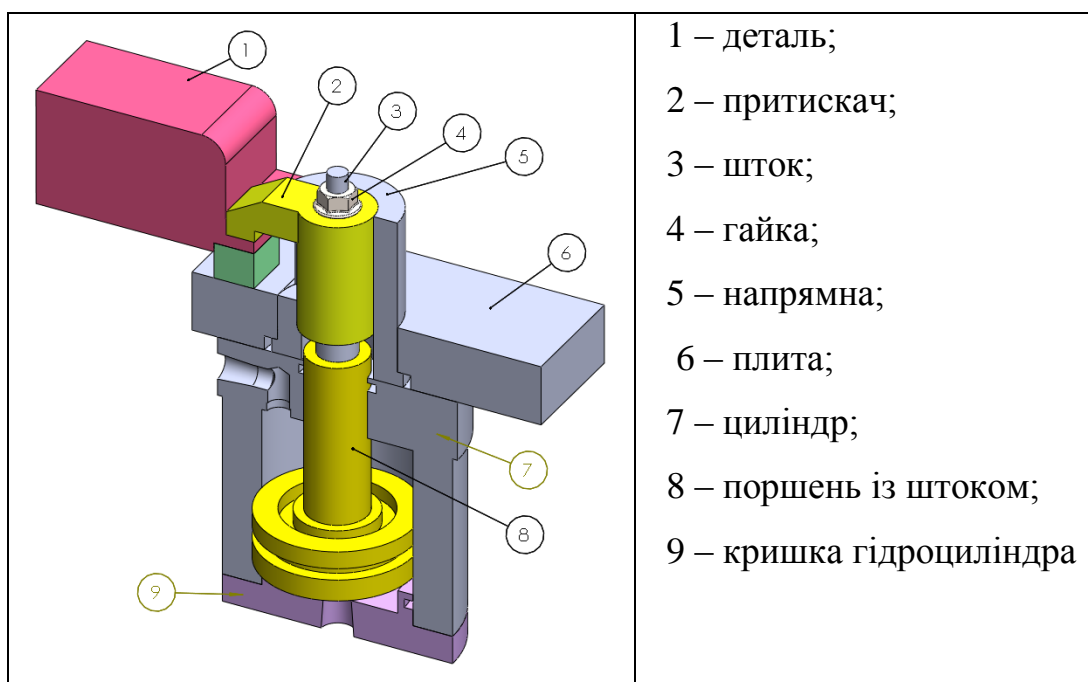


Рисунок 3.1 – Тривимірна модель притискного пристрою

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Оскільки проведення імітаційних моделювань вимагають дотримання певного алгоритму, то до притискного пристрою застосовано граничні умови, які показано на рисунку 3.2. На рисунку 3.3 показано сітку скінченних елементів, на яку розбито досліджуваний притискний пристрій.

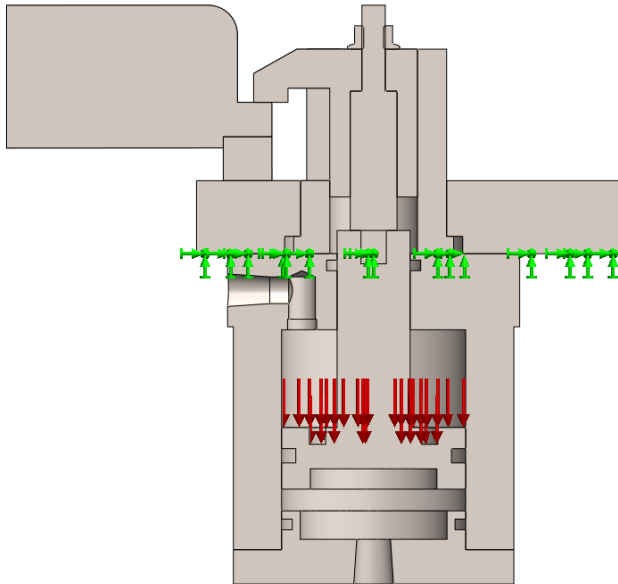


Рисунок 3.2 – Граничні умови

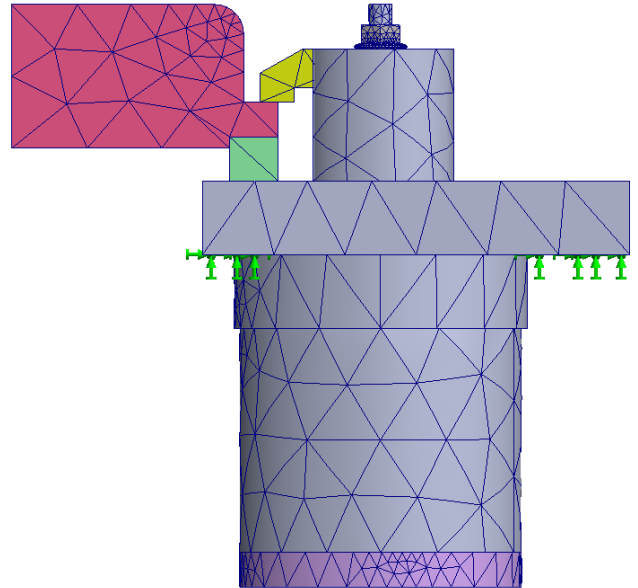


Рисунок 3.3 – Сітка скінченних елементів

Граничними умовами прийнято закріплення плити пристрою та дію тиску на поршень величиною 0,6 МПа.

Величина коефіцієнта тертя між поверхнями деталей пристрою прийнята рівною 0. Таке значення обумовлюється складністю розрахунку на комп'ютері, оскільки вимагає значних затрат часу.

Для всіх деталей пристрою прийнято сталь, яка має наступні характеристики: модуль Юнга 2×10^{11} Па та коефіцієнт Пуассона 0,24.

Отримані результати дослідження наведено на наступних рисунках.

					MP.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

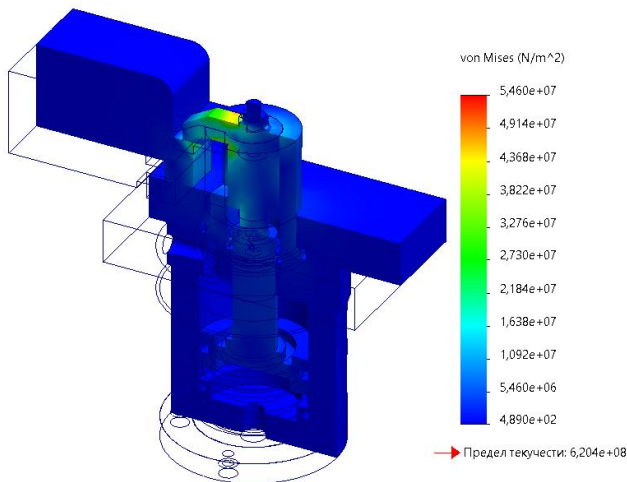


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження

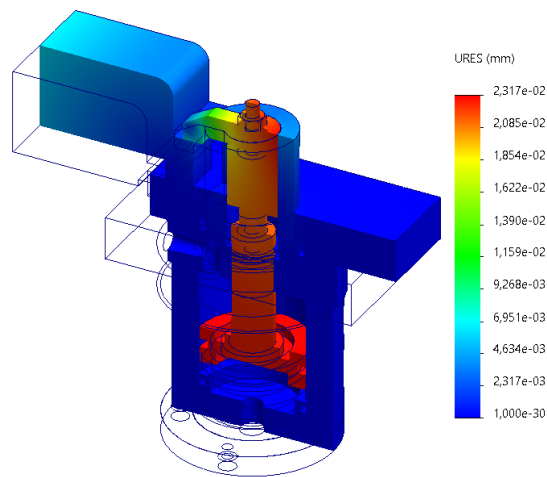


Рисунок 3.5 – Переміщення

Згідно результатів імітаційного дослідження (рис. 3.4) максимальні величини еквівалентних напружень виникають у притискачі та становлять 54 МПа. Така величина напружень є незначною навіть для сталей, з найнижчими механічними властивостями. Щодо переміщень, то максимальна їх величина становить 0,023 мм.

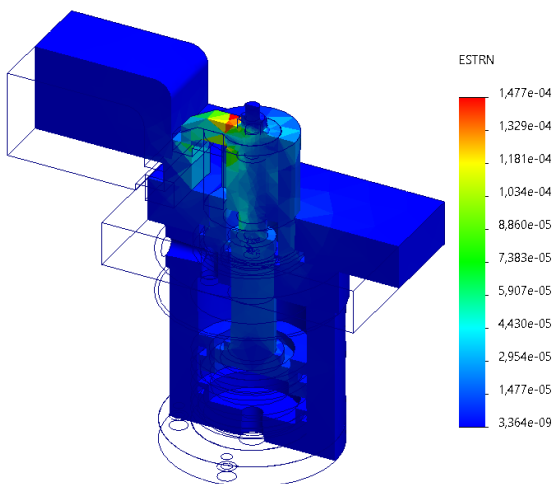


Рисунок 6 – Деформація

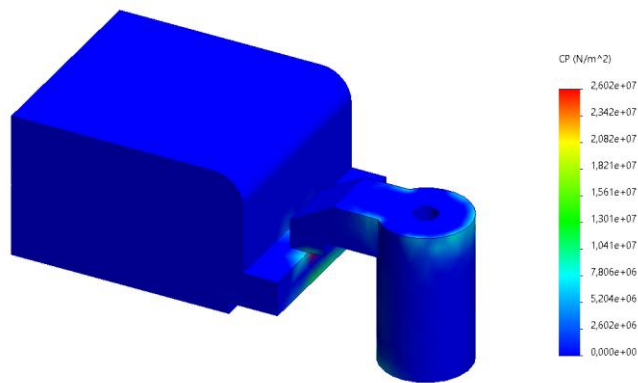


Рисунок 7 – Розподіл контактного тиску

Оскільки величини контактного тиску відіграють важливу роль при роботі притискного пристрою, то було також їх розраховано. Максимальна величини контактного тиску становить 27 МПа та є на поверхні контакту деталі та притискача. За такої величини контактного тиску пластичні деформації на цих поверхнях будуть відсутні).

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

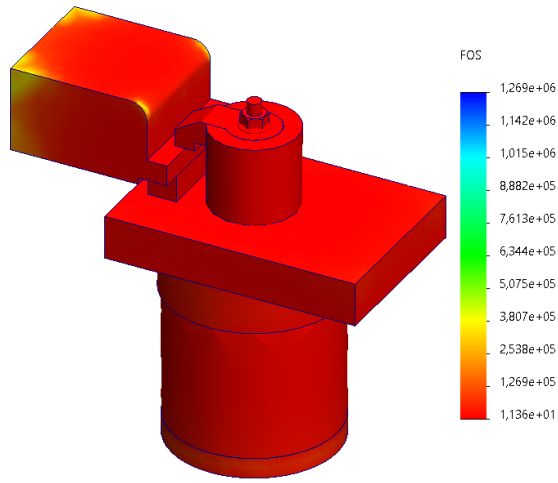


Рисунок 3.8 – Коефіцієнт запасу міцності

Оскільки притискний пристрій може застосовуватись для створення і більших навантажень, то він спроектований так, що коефіцієнт запасу міцності його деталей є рівним 13.

Висновки

Застосувавши поширений сьогодні метод скінченних елементів, що реалізований у САПР проведено дослідження притискного пристрою. Згідно отриманих результатів дослідження зроблено висновок, що придатність пристрою до використання забезпечується.

					<i>MP.ПМК-625.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даній магістерській роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення деталі Корпуса КР 676.01.132-01 в умовах середньо-серійного виробництва.

В процесі проектування 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 поверхні $\varnothing 62H7$, карти налагодження до вертикально-свердлильної операції та науково-дослідної частини, креслення верстатного та контрольного пристроїв.

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

Техніко-економічні розрахунки підтверджують що у випадку впровадження у виробництво запропонованого техпроцесу можна отримати позитивний економічний ефект.

					<i>МР.ПМК-625.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с
2. Руденко П.О., Проектування технологічних процесів у машинобудуванні:
3. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.
4. <https://dominant-cnc.com/ua/p908764593-frezernyj-standok-chpu.html>
5. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb>
6. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
7. Панчук В.Г., Карпик Р.Т. та ін. Магістерська робота: методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
8. Юрчишин І.І. та ін. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528с.
9. Автоматизоване проектування різальних інструментів:Навчальний посібник / Копей В.Б., Онисько О.Р., Борушак Л.О., Роп'як Л.Я.. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. 208с.
- 10.Ковальов В.А. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням. / В.А. Ковальов, А.Ю. Гаврушкевич, Н.В. Гаврушкевич; – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 2020. 158с.
- 11.Добрянський С.С., Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 12.Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва.

					МР.ПМК-625.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво
Державного університету —Львівська політехніка, 2000. – 380 с

13. Технологія та сап обробки на верстатах з чпк.методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Бойко С. В. та ін.- – Чернігів: НУЧП, 2021.– 51 с.
14. Технологія машинобудівних підприємств: підручник /В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.
15. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т.Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
16. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. Технологія оброблення корпусних деталей.. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» Тернопіль, 2016.-151 с.
17. Технологія обробки деталей машин : конспект лекцій для студентів спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» усіх форм навчання. / В.М. Доля, О.В. Доля – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – 112 с.
18. Петров О. В., Сухоруков С. І. Технологічна оснастка :навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.

					МР.ПМК-625.00.00.000 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додатки

					МР.ПМК-625.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			МР.ПМК-625.03.00.000 СК	Складальне креслення		*2×А1
				<u>Складальні одиниці</u>		
A4		1	МР.ПМК-625.03.01.000	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	МР.ПМК-625.03.00.001	Шток	2	
		3	МР.ПМК-625.03.00.002	Втулка	2	
		4	МР.ПМК-625.03.00.003	Притискач	2	
		5	МР.ПМК-625.03.00.004	Штуцер	2	
		6	МР.ПМК-625.03.00.005	Кутник	2	
		7	МР.ПМК-625.03.00.006	Кришка	2	
		8	МР.ПМК-625.03.00.007	Поршень	2	
		9	МР.ПМК-625.03.00.008	Корпус	2	
		10	МР.ПМК-625.03.00.009	Пластина	1	
		11				
		12	МР.ПМК-625.03.00.011	Пластина	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		14		Гайка М8-6g.05		
				ГОСТ 5927-70		

					МР.ПМК-625.03.00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Пристрій свердлильний ІФНТУНГ ПМКМ-23-1		
Розроб.	Букартик						
Перевір.	Одосій						
Реценз.							
Н.контр.	Одосій						
Затв.	Панчук				Літ	Аркуш	Аркушів
					н	1	2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
				Документація		
A1			МР.ПМК-625.04.00.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A4		1	МР.ПМК-625.04.01.000	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	МР.ПМК-625.04.00.001	Гайка	1	
		3	МР.ПМК-625.04.00.002	Кільце	1	
		4	МР.ПМК-625.04.00.003	Втулка	1	
		5	МР.ПМК-625.04.00.004	Кільце	1	
		6	МР.ПМК-625.04.00.005	Корпус	1	
		7	МР.ПМК-625.04.00.006	Втулка	1	
					1	
				<u>Стандартні деталі</u>		
		10		Гайка М8-6Н.5 ГОСТ8381-73	1	
		11		Гвинт М8-6g×10.36.05		
				ГОСТ 1476-84	1	
		12		Гвинт 7006-0167		
		13		ГОСТ 13428-68	1	
				Штифт 6m6×10 ГОСТ3128-70		
		15		Індикатор МИГП		
				ГОСТ 9696-82	1	

МР.ПМК-625.04.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Букартик				Пристрій контрольний	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Одосій					н		1
Реценз.						ІФНТУНГ ПМКМ-23-1		
Н.контр.	Одосій							
Затв.	Панчук							

Шпіндель супорта
револьверної головки

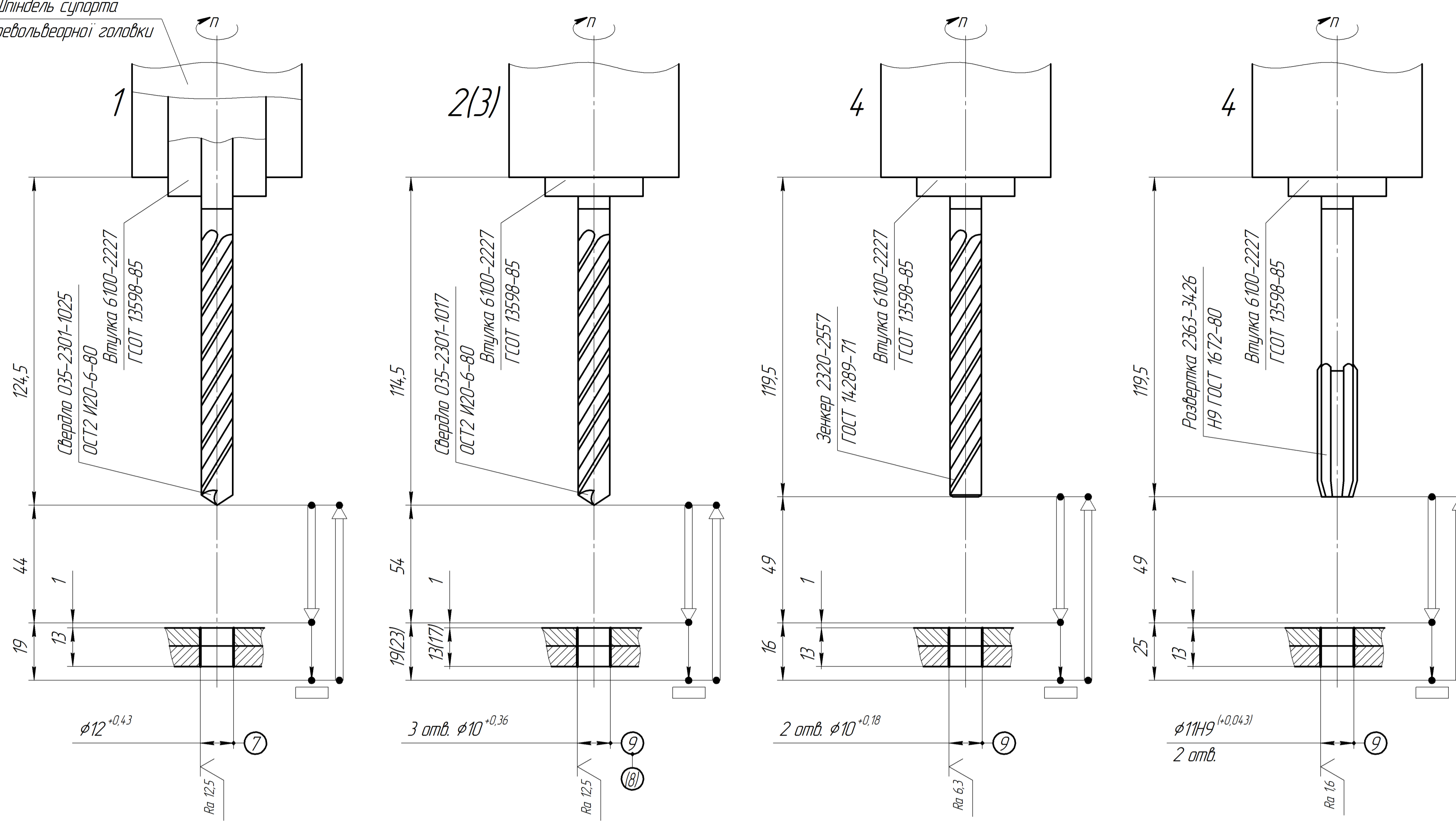
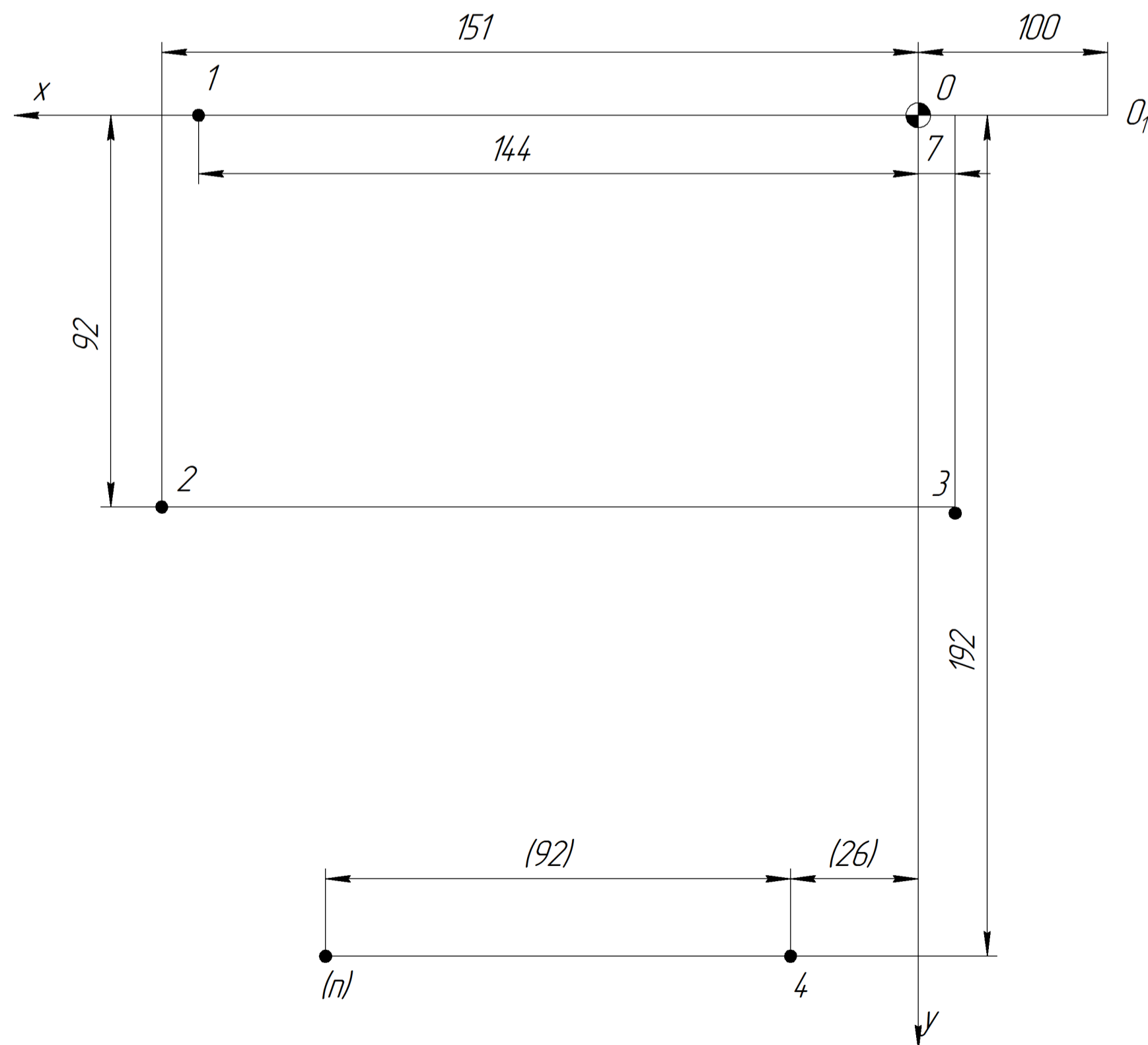


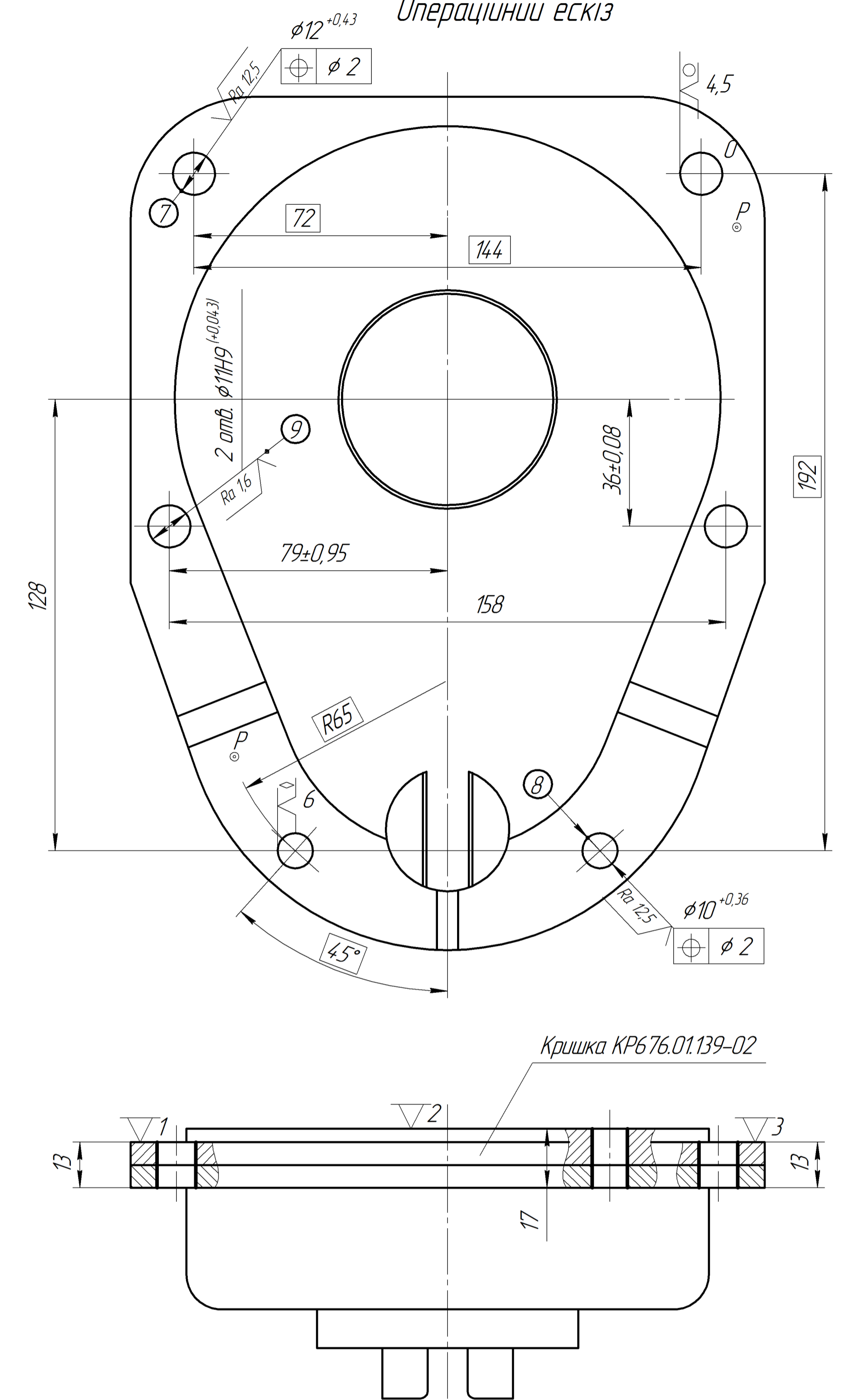
Схема розташування опорних точок



Координати опорних точок

Координата	№ опорної точки					
	1	2	3	4	(n)	O ₁
x	144	151	-7	26	(118)	-100
y	0	92	92	192	(192)	0

Операційний ескіз



Умовні позначення
до циклограми

Робочий хід

Напрямок швидкого переміщення
інструменту по осі z

Витримка часу, пауза

№ опт.	Геометрична інформація						Технологічна інформація						L, № корект.
	x	y	z	R	t	S	S ₁	S ₂	V	n	напрям	№ окол.	
	мм	мм	мм	мм	мм	мм/об	мм/хв	мм/хв	м/об	об/хв	оберт.		
1	+144	0	19	44	6	0.4	200	18.85	500	пр		01	01
2	+151	+92										02	02
3	-7	+92	19	54	5	0.23	160	22.31	710	пр		03	03
4	+26	+192	23									04	04
3	-7	+92										04	04
2	+151	+92										04	04
2	+151	+92										05	05
3	-7	+92										05	05

МР.ПМК-625.02.00.000 СХ

Карта налагодження

Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Лит	Маса	Масштаб
Разр.	Букартик				Н		-
Перев.	Одасі				Архив		1
Т.контр.	Одасі				ІФНТЧНГ		
Н.контр.	Одасі				гр. ПМКМ-23-1		
Затв.	Ланчик						

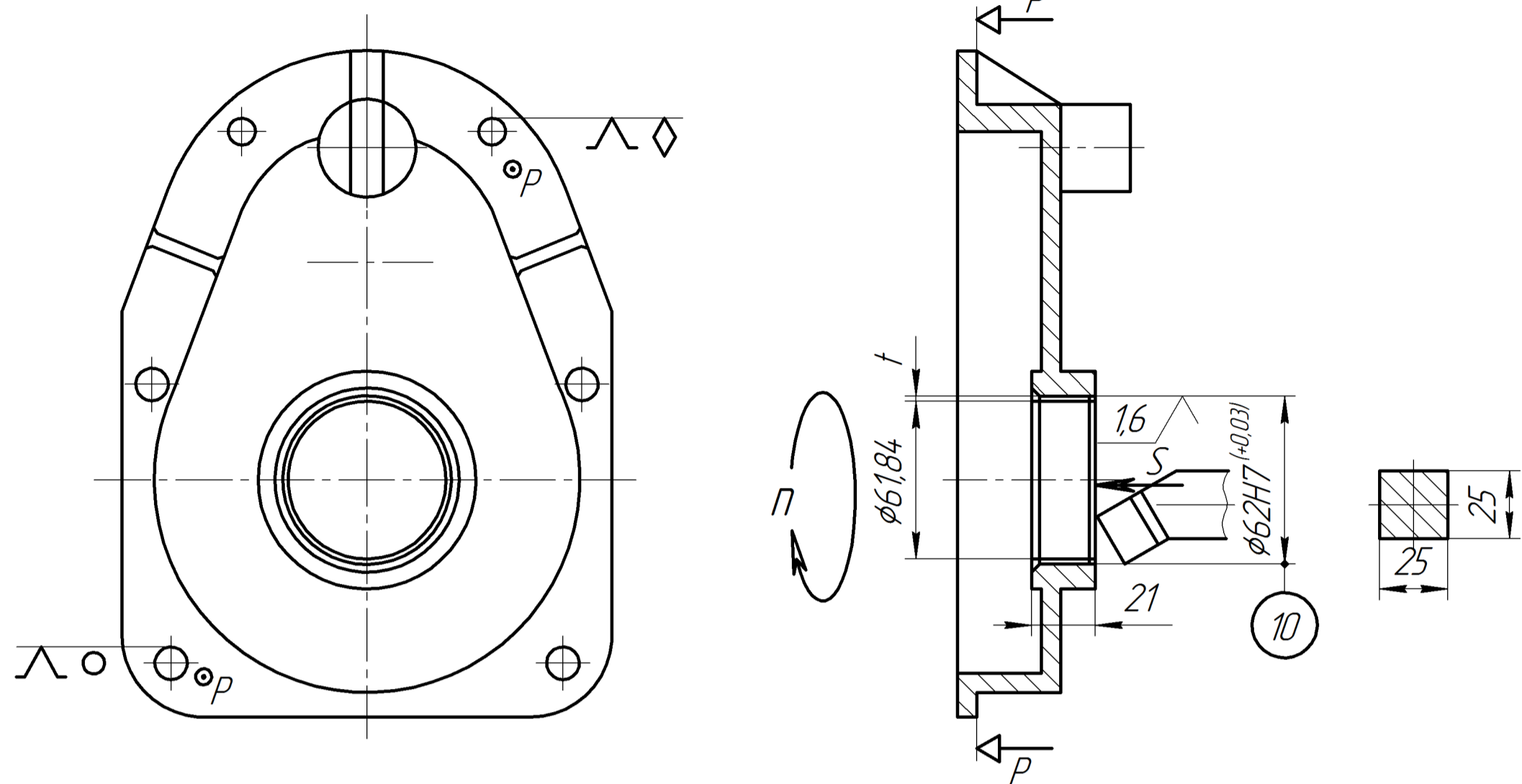


Рисунок 1 - Ескіз обробки

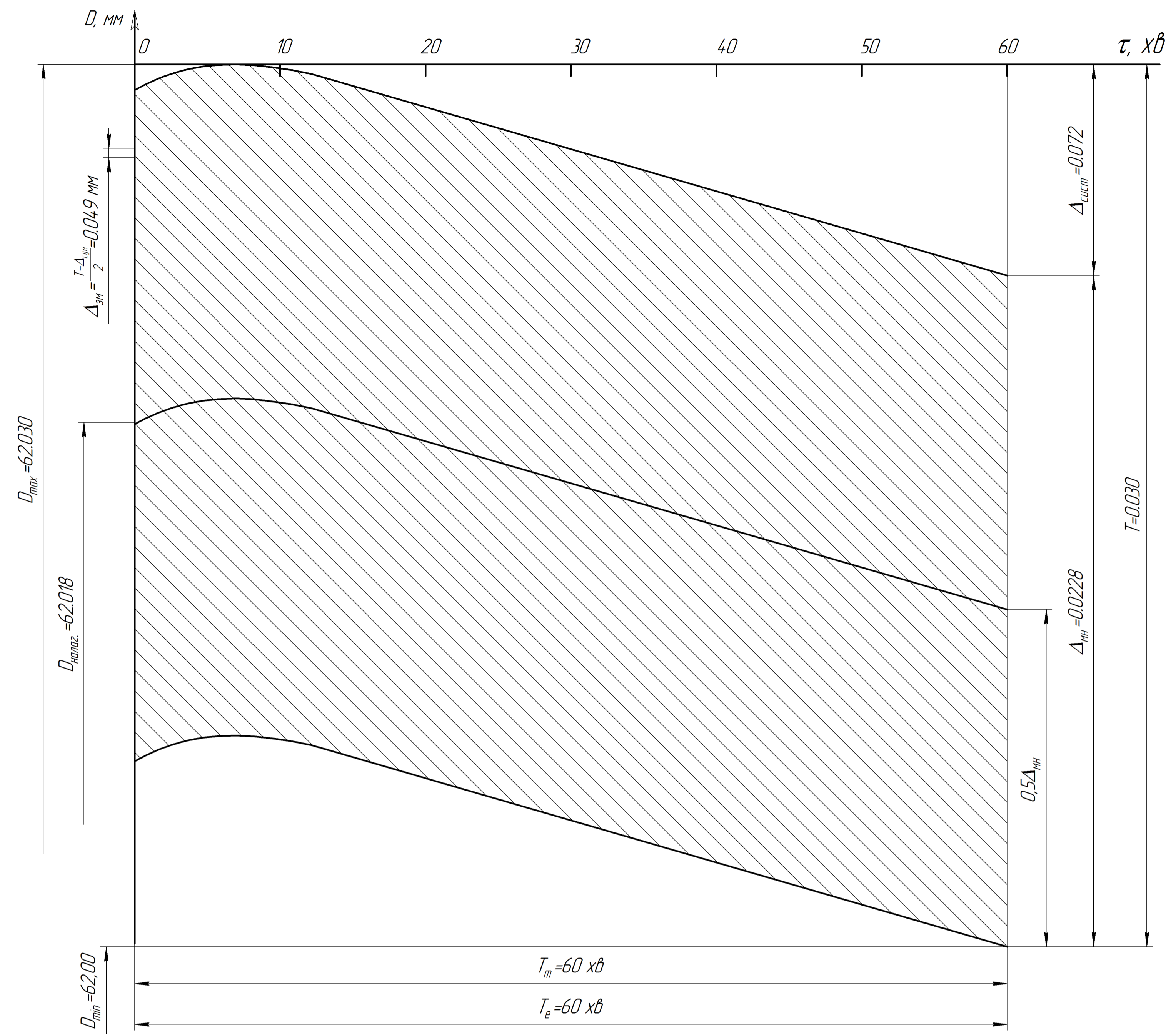


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності обробки

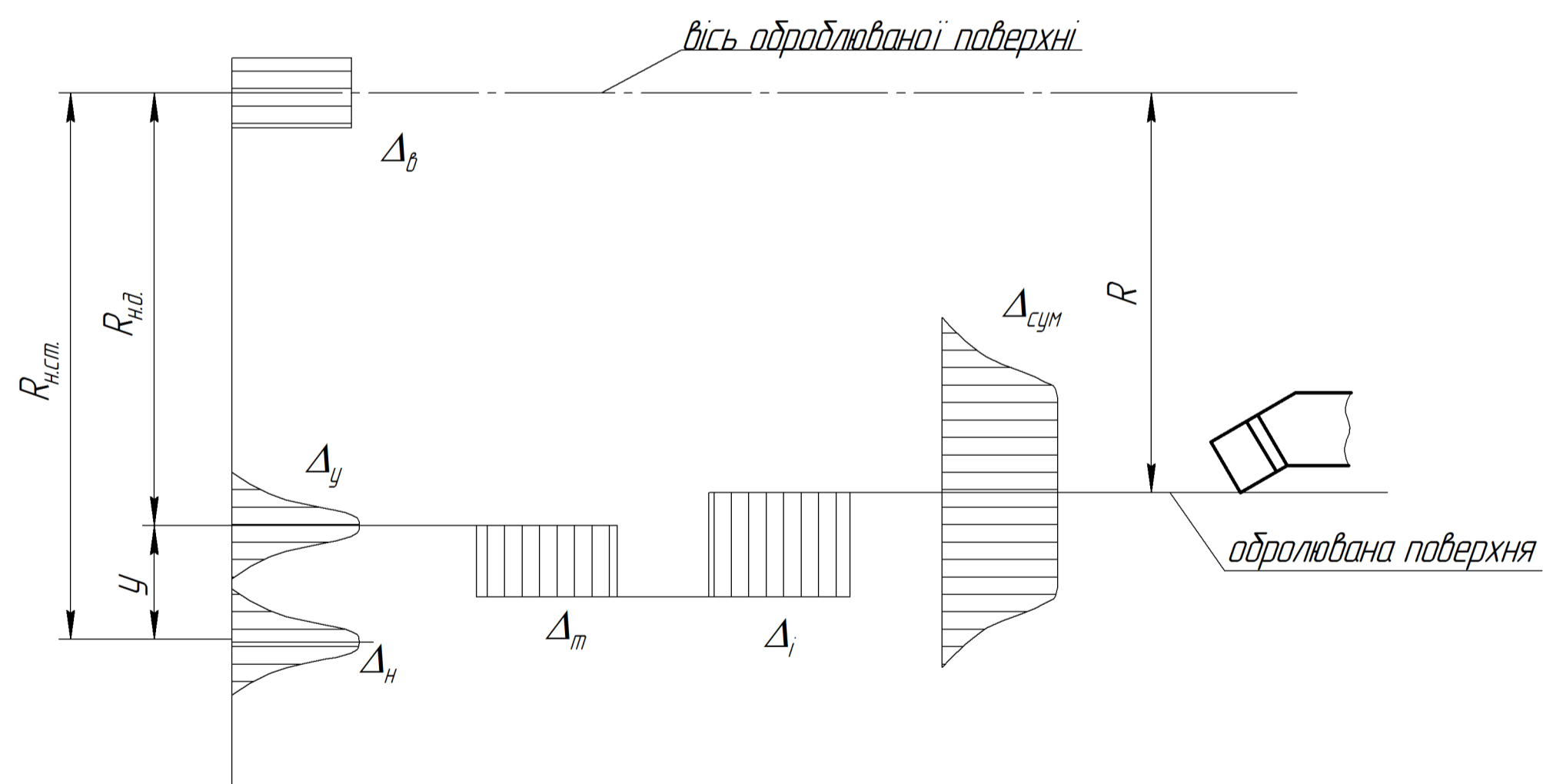


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга

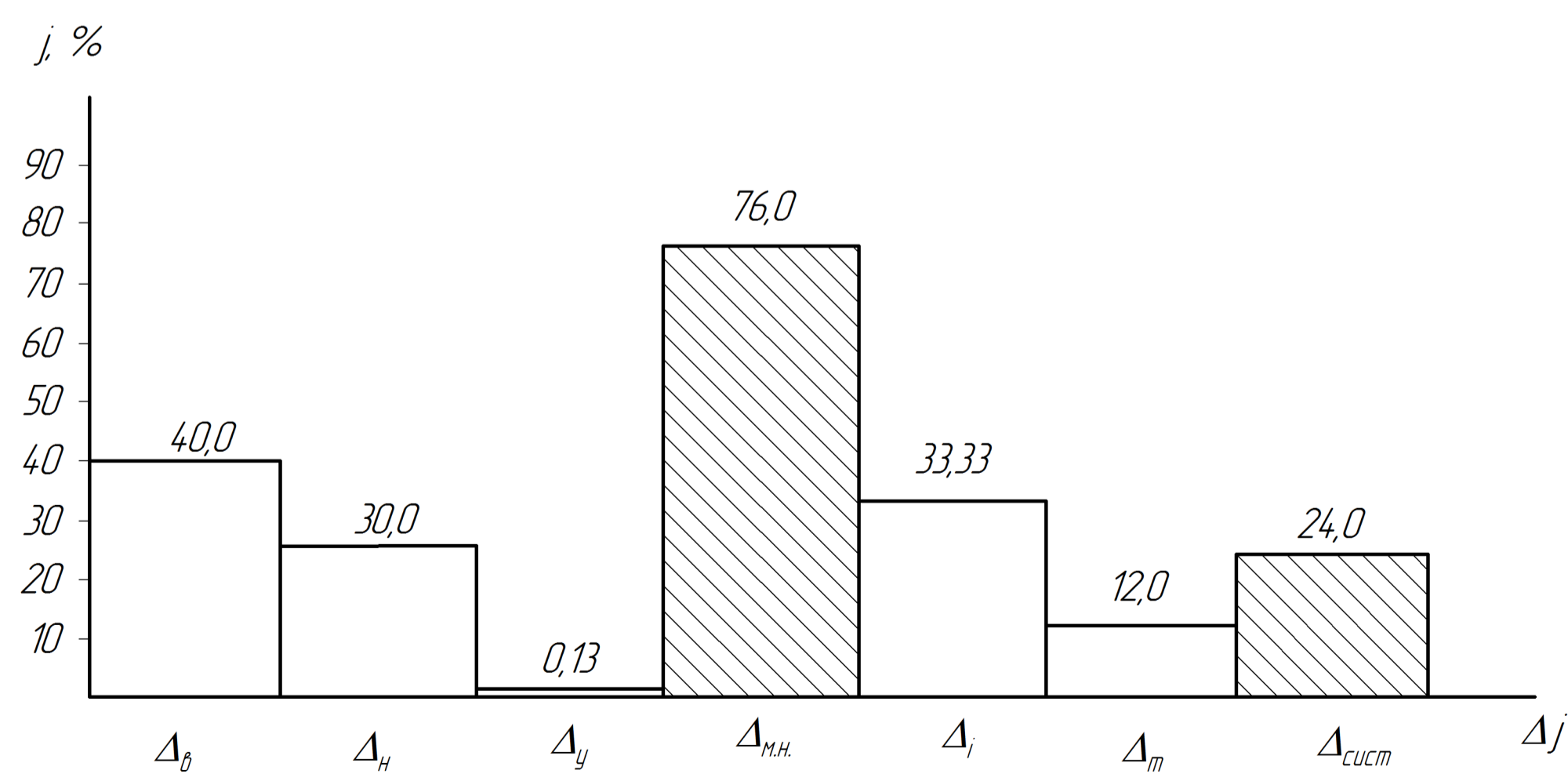
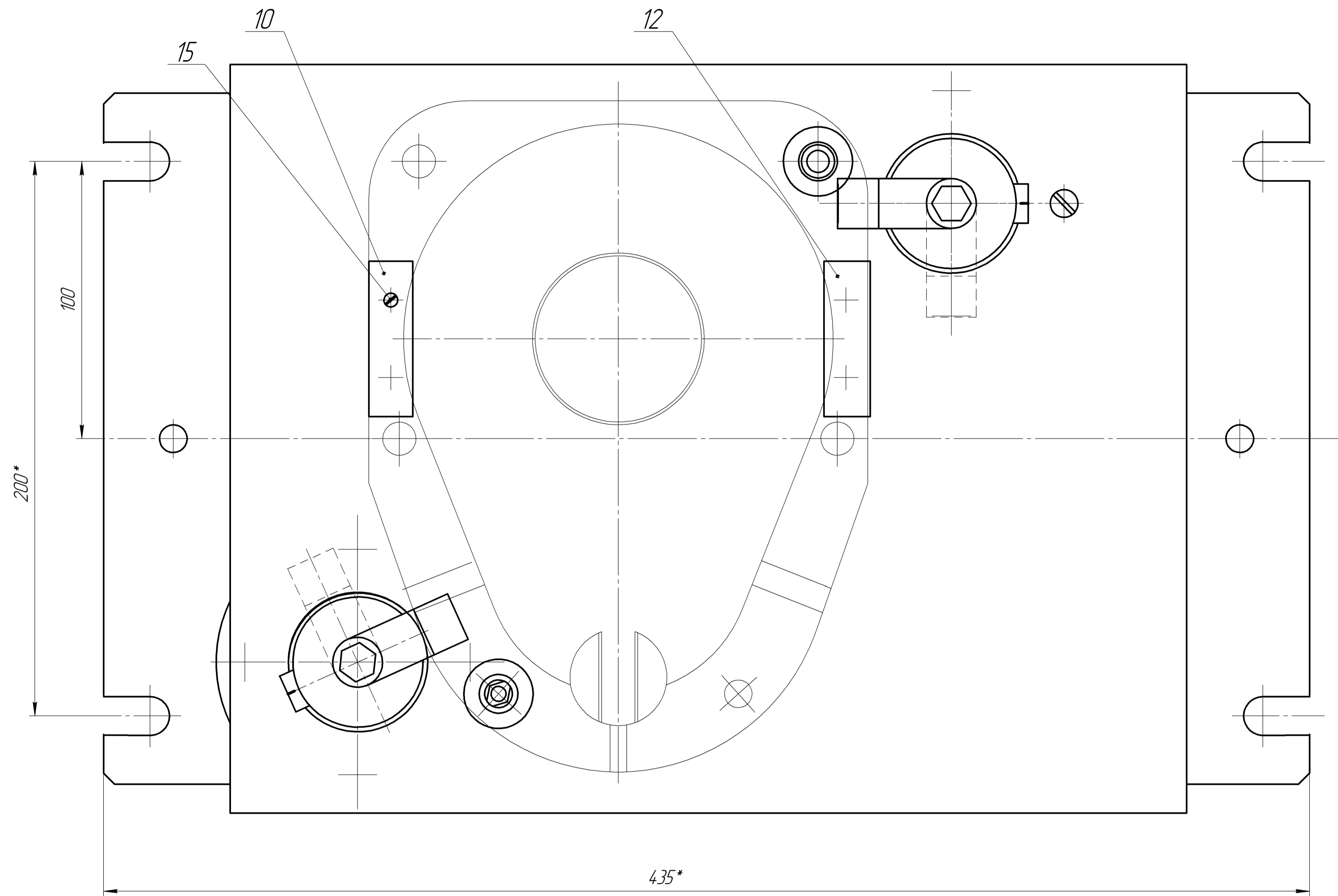
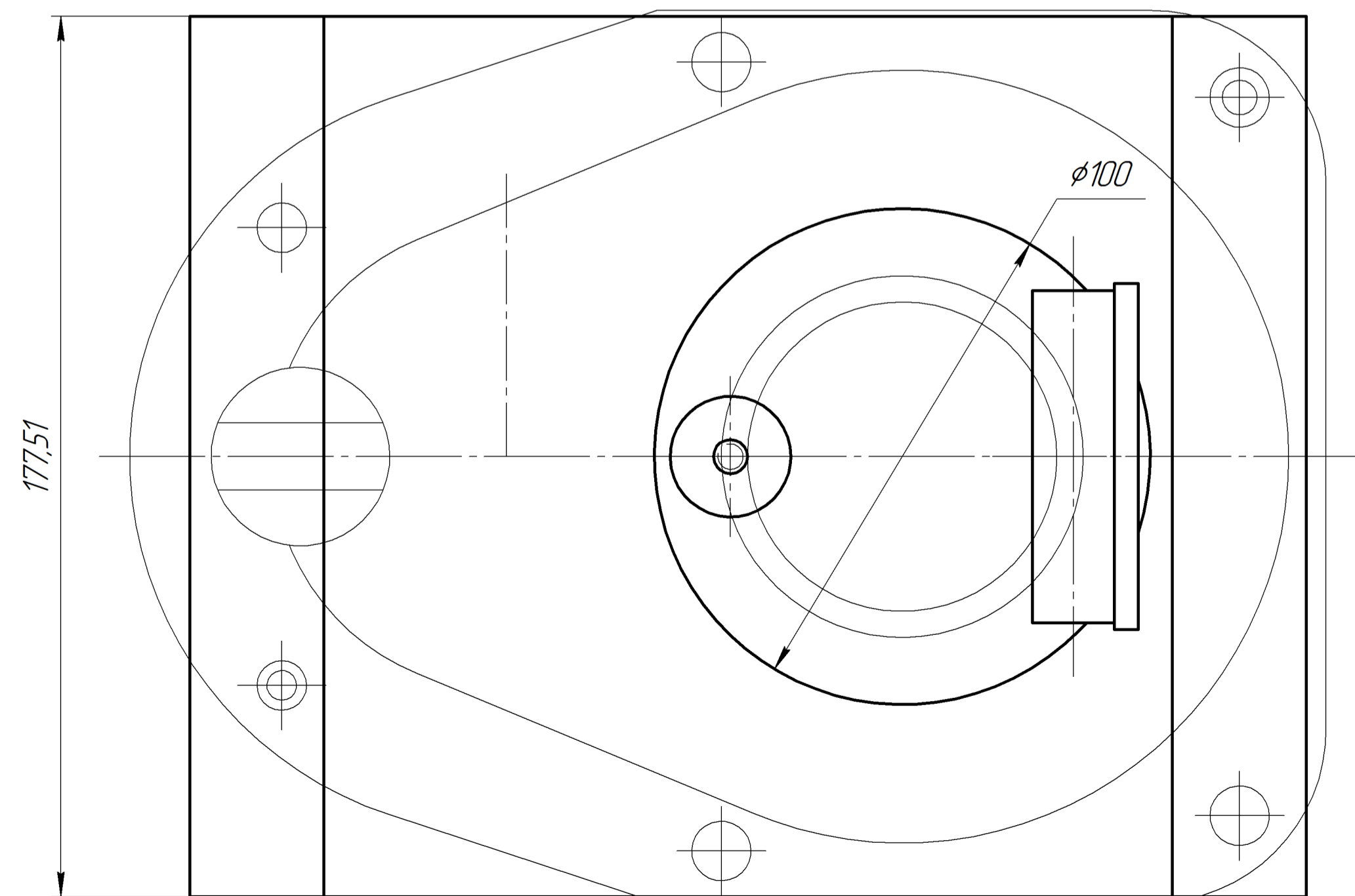
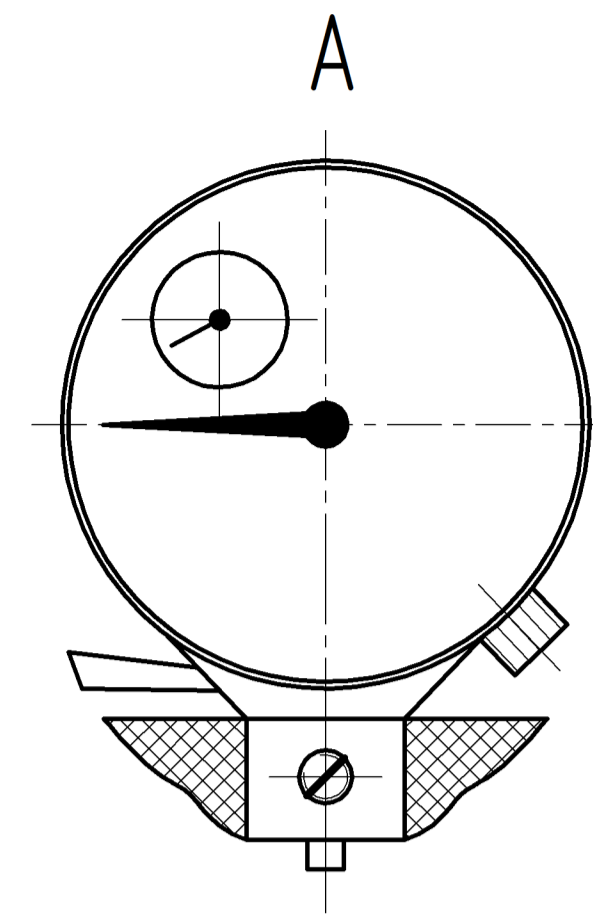
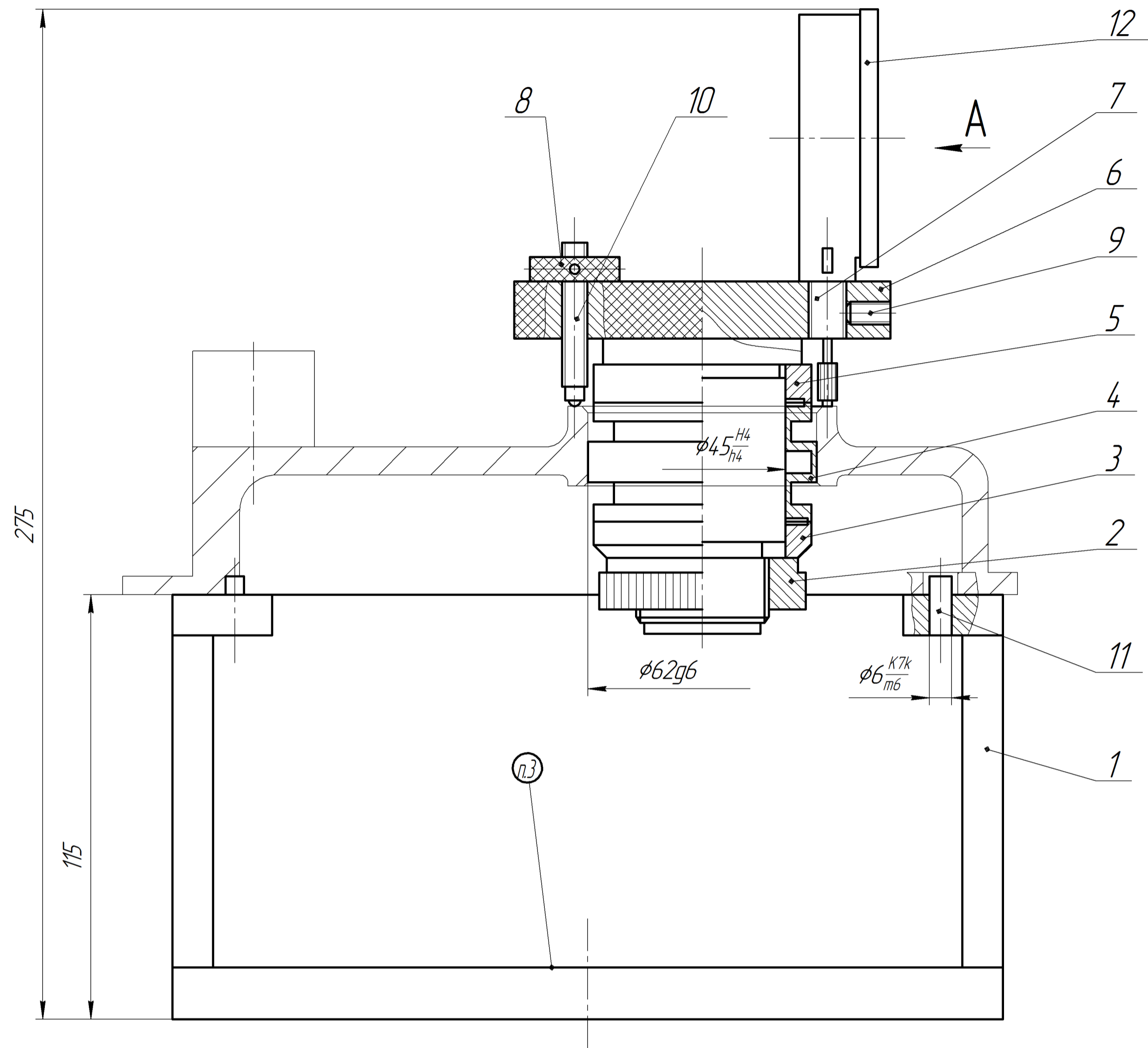


Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки

МР.ПМК-625.02.00.000 СХ				Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Аналіз точності обробки	
Разраб.	Бухартук				Н	
Перев.	Одасій				Архив	Архив
Т.контр.	Одасій				ІФНТЧНГ	
Реценз.					гр. ПМКМ-23-1	
Н.контр.	Одасій					
Затв.	Ланчик					

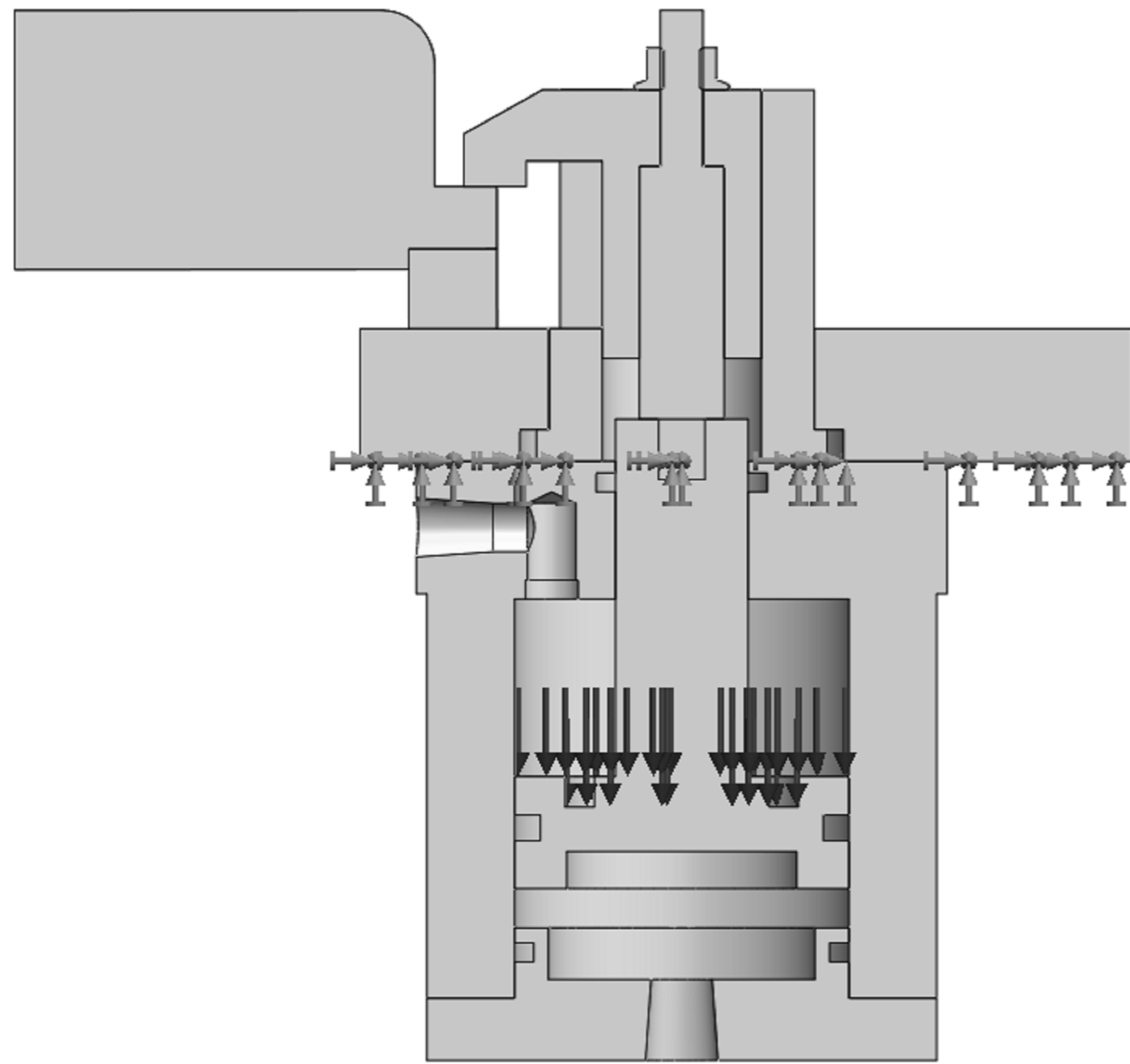


					MP.ПМК-625.03.00.000 СК		
Эл.	Арк.	№ Доким.	Підп.	Дата	Лит	Маса	Масштаб
Разраб.		Бижартук			Н		1:1
Перев.		Одасі					
Т.контр.		Одасі			Архив	Архив	1
Н.контр.		Одасі			ІФНТЧНГ		
Затв.		Ланчик			гр. ПМКМ-23-1		

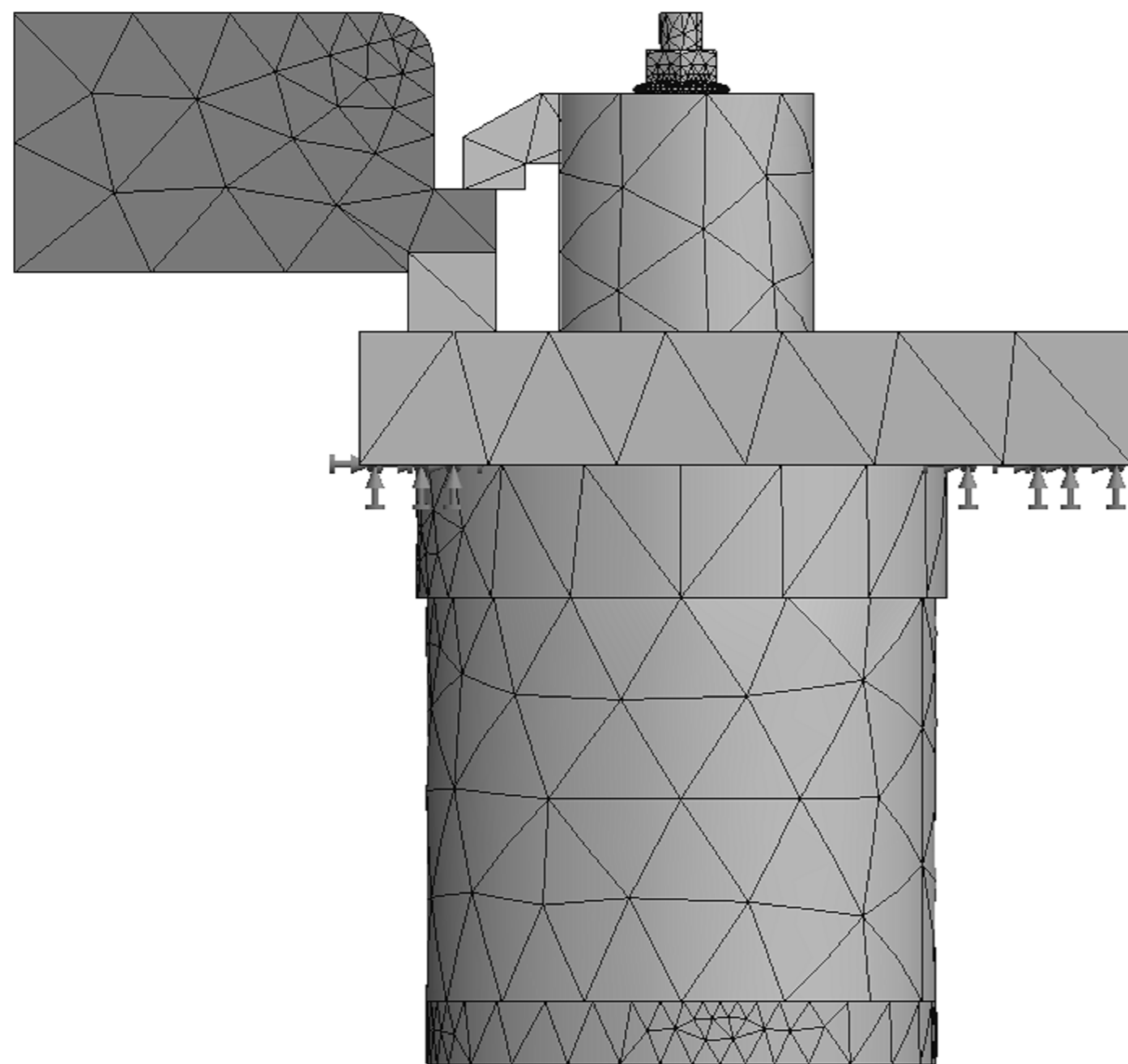


1. *Разміри для довідок
2. Деталь придатна при різниці показань індикатора (поз.12) не більше 0,115мм
3. Маркувати: ДЛ.ПНМ-005.05.00.000 КР 676.01.132-01, 0,06

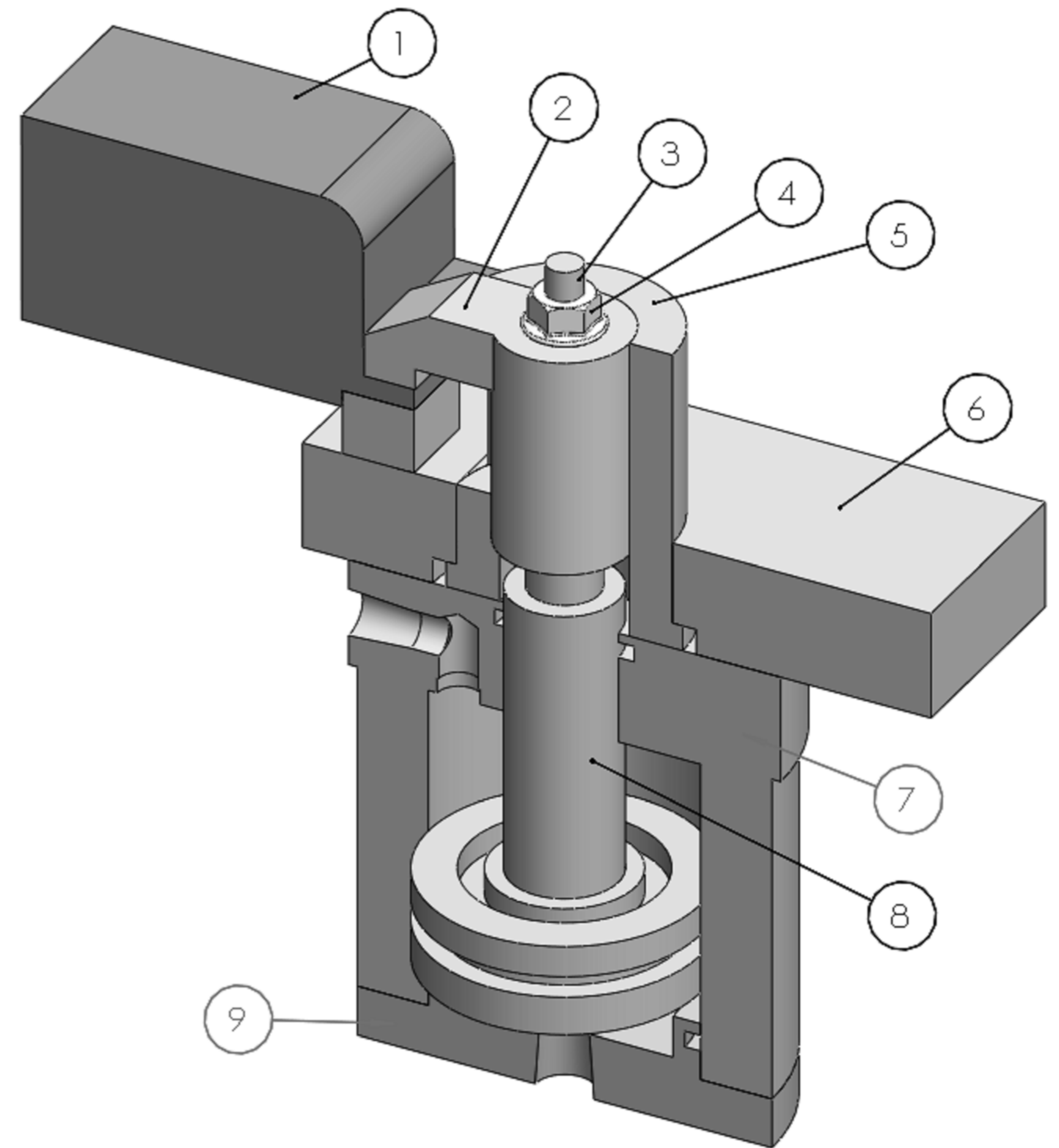
					МР.ПМК-625.05.00.000 СК			
Зм.	Арк.	№ Даким.	Підп.	Дата	Пристрій контрольний	Лит	Маса	Масштаб
Разраб.	Бухартик					Н		1:1
Перев.	Одасів					Архив	Архив	1
Т.контр.	Одасів					ІФНТЧНГ гр. ПМКМ-23-1		
Н.контр.	Одасів							
Затв.	Ланчик							



Граничні умови



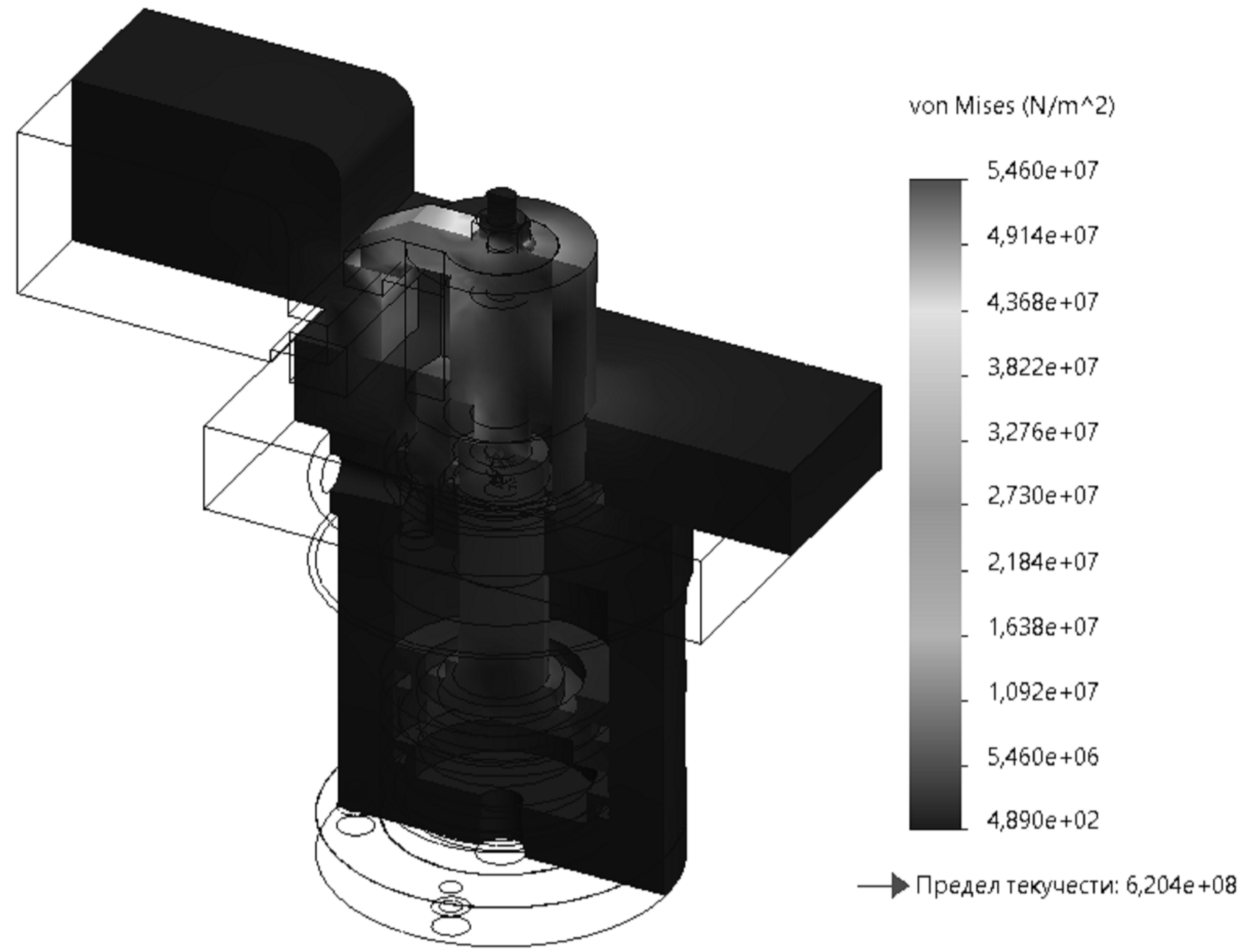
Сітка скінченних елементів



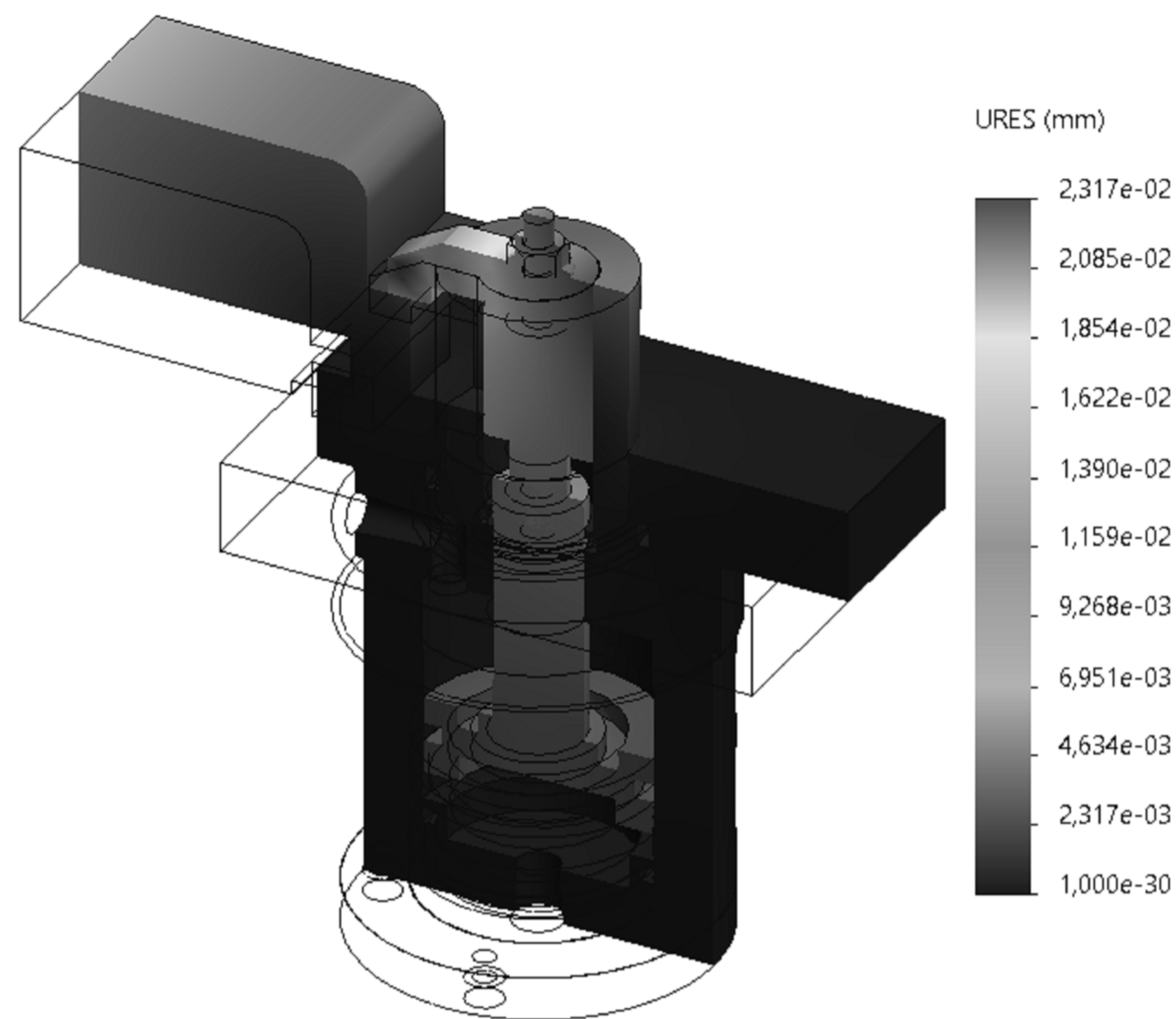
1 - деталь; 2 - притискач; 3 - шток;
4 - гайка; 5 - напрямна; 6 - плита; 7 - циліндр;
8 - поршень із штоком; 9 - кришка гідроциліндра

Тривимірна модель притискача

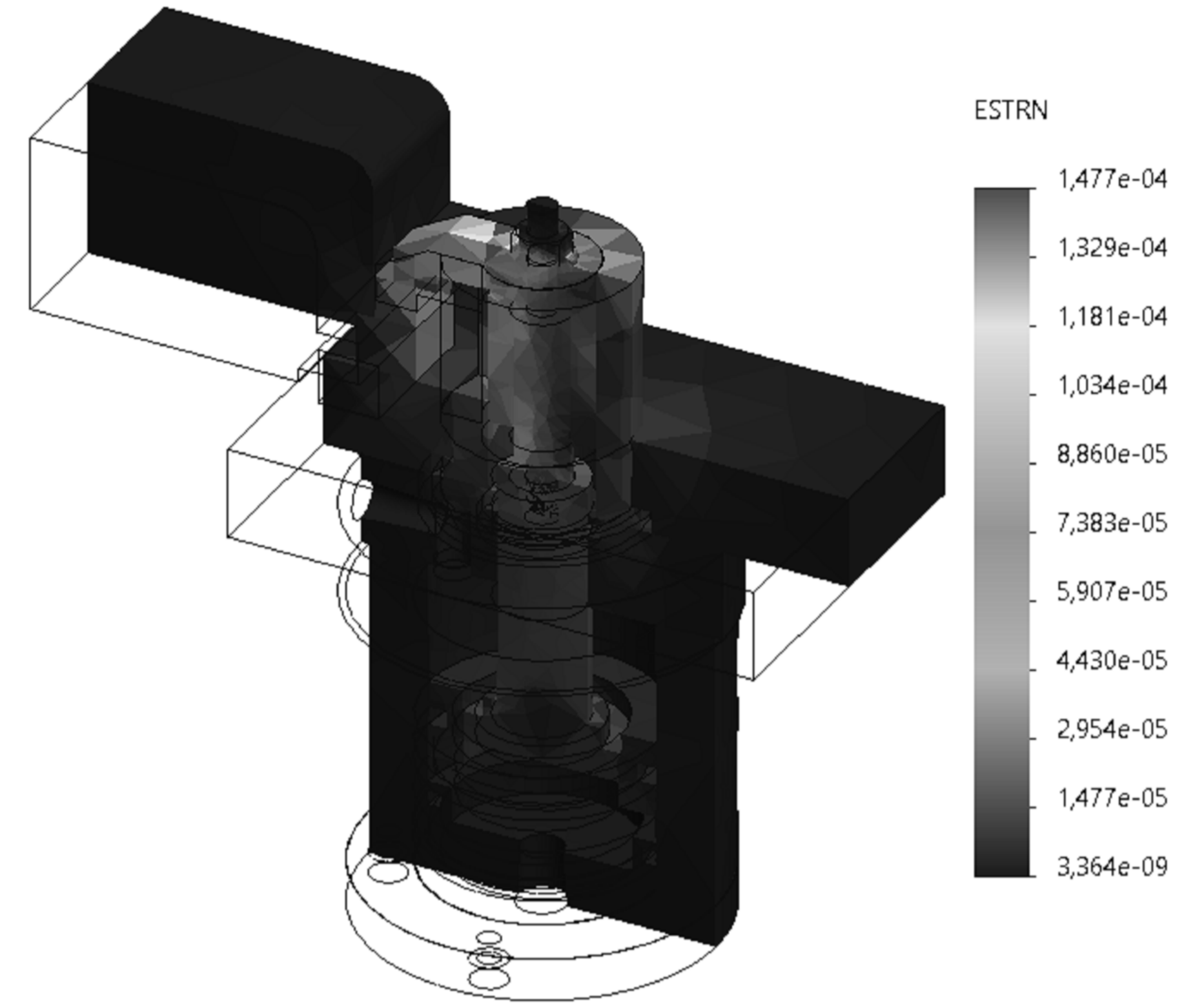
					MP.ПМК-625.05.00.000 СХ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підп.	Дата	Тривимірні моделі притискача		
Разроб.		Букартик			Лит.	Маса	Масштаб
Перев.		Одасій			Н		-
Т.контр.		Одасій			Аркциш	Аркциш	1
Н.контр.		Одасій			ІФНТУНГ		
Затв.		Панчик			гр. ПМКМ-23-1		



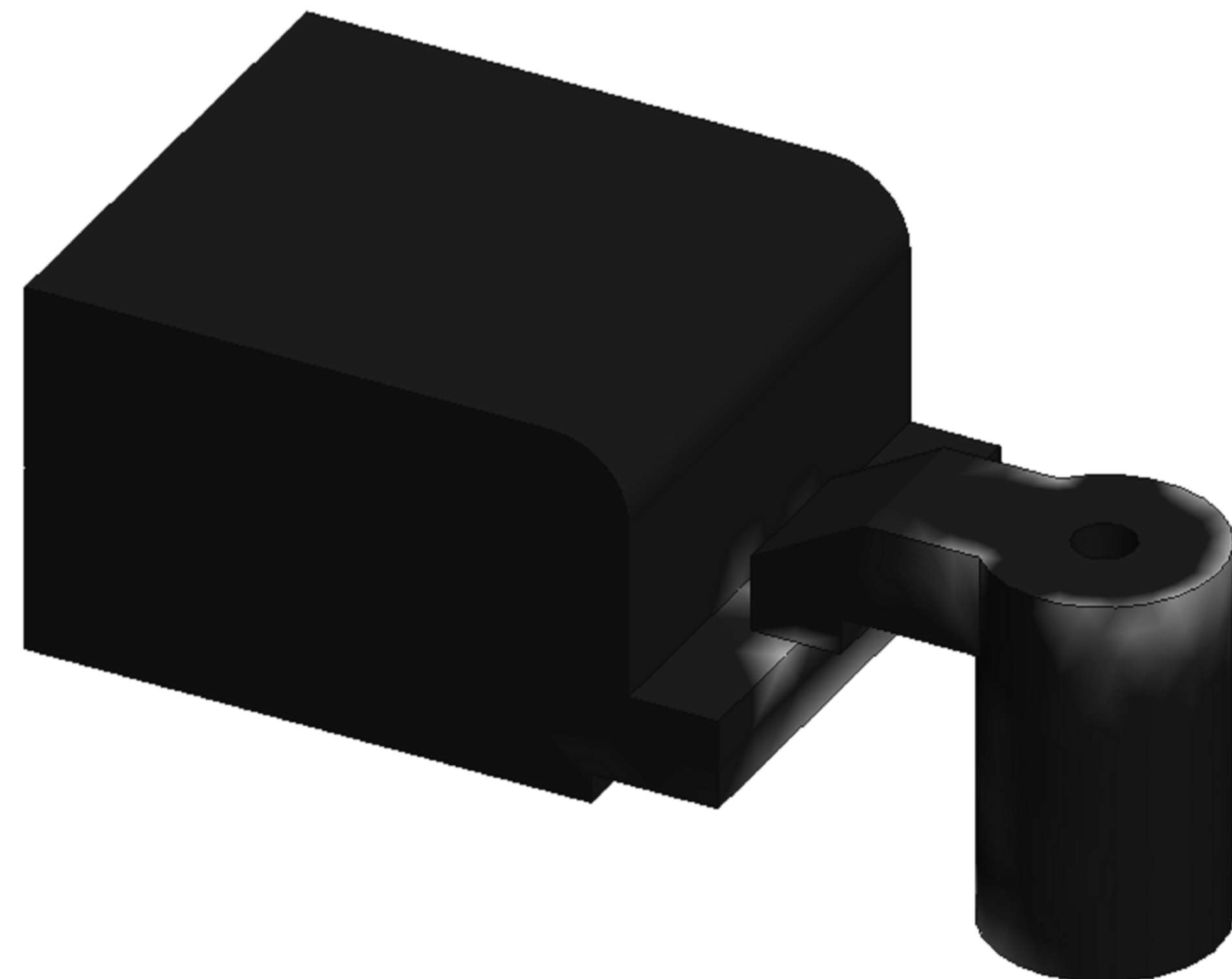
Еквівалентні напруження



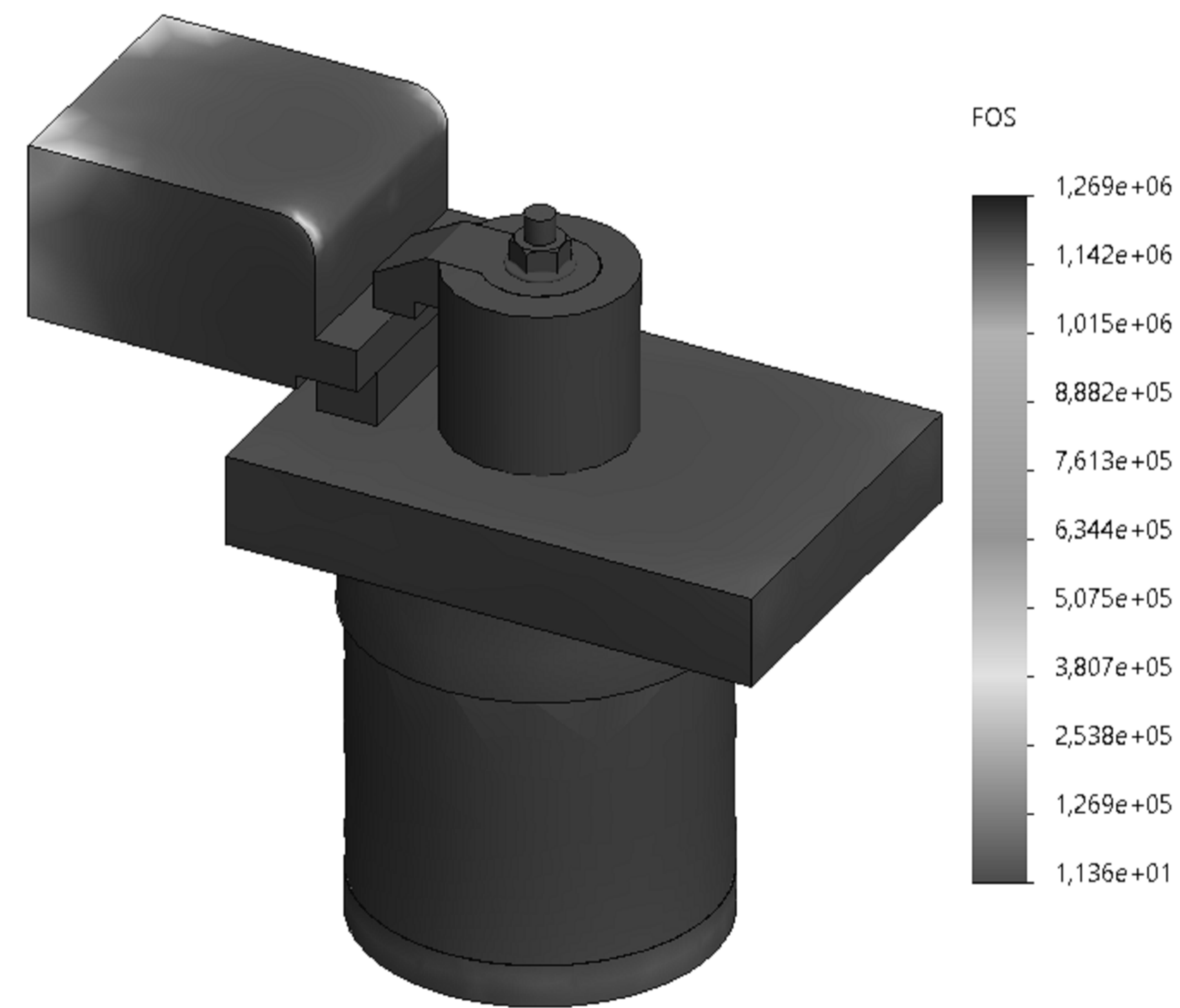
Переміщення



Деформація



Розподіл контактної тиску



Коефіцієнт запасу міцності

				MP.PMK-625.06.00.000 CX			
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розраб.	Бухартик				Н		1:1
Перев.	Одасів				Архив	Архив	1
Т.контр.	Одасів				ІФНТЧНГ		
Н.контр.	Одасів				гр. ПМКМ-23-1		
Затв.	Ланчик						