

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Кернякевич Тарас Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

(назва роботи)

«Лапа III-112Т-ЦВ-3.003» для умов серійного виробництва

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Т.М. Кернякевич

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Шуляр І.О, доц. к.т.н.

(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-Франківськ - 2025 р.

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі “Лапа III-112Т-ЦВ-3.003” для умов серійного виробництва”.

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 88 сторінок і містить: 23 таблиці, 35 рисунків, 10 посилання на літературні джерела та додатків на 22 сторінках.

Графічна частина: 7 аркушів (6 - ф. А1., 1 – ф. А2).

Об’єкт дослідження – процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “ Лапа III-112Т-ЦВ-3.003”.

Мета роботи – розробити покращений маршрут технологічного процесу виготовлення лапи III-112Т-ЦВ-3.003, базуючись на заводській технології, котрий здешевить її виготовлення, з дотриманням вимог щодо точності розмірів, форм та якості поверхонь. Також необхідно розробити для проектного маршруту конструкції верстатного та контрольного пристроїв, та перевірити їх працездатність.

Згідно завдання у роботі проведено аналіз креслення деталі, її конструкції, призначення і функцій у вузлі, аналіз заводського технологічного процесу її виготовлення. Опираючись на результати аналізу та рекомендації технічної літератури розроблено проектний маршрут технологічного процесу механічної обробки лапи III-112Т-ЦВ-3.003, вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки, пораховано припуски, режими різання та проведено нормування операцій. Для закріплення деталі на фрезерній операції (005) розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою із пневмоприводом, зроблено його складальне креслення та перевірено працездатність (розрахунки приведені в 2-му та 3-му розділах пояснювальної записки), також сконструйовано контрольний пристрій і теж перевірено 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: Кернякевич Т.М.

SUMMARY

of the qualifying master's thesis on the topic: Improvement of the technological process of manufacturing the part “Paw III-112T-IQB-3.003” for serial production conditions.

The explanatory note consists of 88 pages and contains: 23 tables, 35 figures, 10 references to literary sources and appendices on 22 pages.

Graphical part: 7 sheets (6 - form A1, 1 - form A2).

The object of research is the mechanical processing process.

The subject of research is the part “Paw III-112T-IQB-3.003”.

The aim of the work is to develop an improved route for the technological process of manufacturing the III-112T-IQB-3.003 pawl, based on factory technology, which will reduce the cost of its manufacture, while complying with the requirements for dimensional accuracy, shape and surface quality. It is also necessary to develop a design route for the construction of machine tools and control devices and to verify their performance.

In accordance with the task, the work includes an analysis of the part drawing, its design, purpose and functions in the assembly, and an analysis of the factory manufacturing process. Based on the results of the analysis and recommendations from technical literature, a design route for the technological process of mechanical processing of the III-112T-IQB-3.003 pawl was developed, the optimal method for obtaining the blank was selected, allowances and cutting modes were calculated, and operations were standardised. To secure the part during the milling operation (005), a special machine tool device with a pneumatic drive was designed, its assembly drawing was made, and its performance was tested (calculations are given in sections 2 and 3 of the explanatory note). A control device was also designed and its performance was also tested. The results of the work can be used in the machine-building industry.

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

Student: Kerniakevich T.M.

Зміст

Вступ	5
1 Технологічна частина	6.
1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз	6
1.1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі	6
1.1.2 Аналіз технологічності деталі.	8
1.2 Розрахунок програми випуску та партії деталей	9
1.3 Аналіз базового технологічного процесу	11
1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки	16
1.3.2 Обґрунтування вибору технологічних баз	18
1.4 Розробка операційної технології.	24
1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів	24
1.4.2 Розрахунок режимів різання і вибір верстатів	29
1.4.3 Розробка структури операції, технологій налагоджень та керуючих Програм	41
1.4.4 Аналіз точності обробки	43
1.4.5 Нормування технологічного процесу	47
2 Конструкторська частина.	50
2.1 Фрезерний пристрій (005)	50
2.1.1 Обґрунтування, призначення, будова та робота пристрою	50
2.1.2 Силовий розрахунок фрезерного пристрою.	51
2.1.3 Розрахунок на точність фрезерного пристрою	54
2.1.4 Розрахунок коефіцієнту уніфікації фрезерного пристрою.	56
2.2 Контрольний пристрій	57
2.2.1 Обґрунтування призначення, будова та робота контрольного пристрою	57
2.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою	58
3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки пристрою.	59
Висновки	66
Список використаних джерел	67
Додатки	68

					<i>МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Кернякевич			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Швляб І.О.				1		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Швляб І.О.				ІФНТУНГ ПМКм-24-1		
<i>Затверд.</i>		Панчук В.Г.						

Вступ

Технологія виготовлення нафтопромислового інструмента має специфічні особливості, пов'язані з застосуванням у їх виробництві легованих сталей і дорогих сплавів, різних видів зміцнення робочих поверхонь, електрофізичної, хіміко-термічною обробкою і інші. Високі вимоги до точності виготовлення, шорсткості поверхні і фізико-механічним властивостям інструмента, викликані важкими експлуатаційними умовами їх роботи.

Підвищення якості, надійності і довговічності нафтопромислового інструмента в значній мірі залежить від розробки і впровадження прогресивних технологічних процесів їх виготовлення.

Велика номенклатура нафтопромислового інструменту, який виготовляється дрібними і середніми партіями, складає значні труднощі при технологічній підготовці і плануванні виробництва. Вона не дозволяє широко впроваджувати комплексну механізацію та автоматизацію технологічних процесів і проводить до високої собівартості продукції.

Важливим напрямком у виробництві нафтопромислових інструментів є типізація технологічних процесів. Найбільш раціональне вирішення цієї задачі може бути реалізоване на основі групових методів обробки.

Групова технологія – новий найбільш раціональний метод виробництва. Вона дозволяє використовувати технічні і економічні переваги потокової обробки деталей. Деталі, які підлягають виготовленню групують по різних ознакам.

Технологічний процес виготовлення доліт і замків повинен забезпечувати одержання регламентованих вихідних параметрів доліт і герметичне з'єднання бурових труб з допомогою замків. Типові технологічні процеси виготовлення доліт і замків розроблені на основі узагальнення досвіду заводів-виготовлювачів, науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт. Типові технологічні процеси створюють можливість спеціалізувати, механізувати і автоматизувати їх виробництво.

Найбільш сучасним напрямком механічної обробки деталей є застосування високоточних і високопродуктивних верстатів з ЧПК.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз

1.1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі

Тришарошкові долота призначені для буріння свердловин як для видобутку вуглеводнів (нафти, газу) так і води, а також для буріння вибухових свердловин в гірничорудній промисловості і будівництві. Деталь лапа Ш-112Т-ЦВ-3.003 входить в конструкцію доліт: Ш 112Т-ЦВ-3.00; Ш 112К-ЦВ-1.00; Ш 112С-ЦВ. Ці долота використовують для буріння твердих, крихких, середньої твердості порід, абразивних порід. Ці долота володіють найбільшою подрібнюючою і найменшою зсуваюче-фрезерною дією.

Розшифрування позначення лапи: Ш 112Т-ЦВ-3.003: Ш – тришарошкове; 112 – номінальний діаметр долота; Т – для буріння твердих порід; ЦВ – з центральною прошивкою; 3.003 – модифікація.

Лапа призначена для встановлення на неї шарошки на підшипники. Сама лапа з встановленою на неї шарошкою приварюється до корпусу долота. Вона забезпечує жорстке кріплення основної робочої частини долота і вільне обертання шарошки, що дає можливість проводити продуктивне буріння.

Лапа має два підшипника: шариковий і роликовий. Шарики в опору закладаються через отвір в лапі, який після збірки закривається пальцем. Для запобігання від прокручення і випадання палець закріплюється штифтом і приварюється. Лапи з встановленими на них шарошками складаються на контрольних штифтах і зварюються між собою.

Габаритні розміри лапи: максимальний діаметр цапфи Ø46 мм; довжина $l=152$ мм; маса 1,31 кг. Матеріал, з якого виготовляється лапа – легована сталь 14ХНЗМА – маловуглецева, хромонікелемолібденова сталь, високоякісна.

Таблиця 1.1.1 – Хімічний склад сталі (%)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
0,12-0,17	0,16-0,37	0,3-0,6	0,6-0,9	2,8-3,2	0,2-0,3	0,025	0,025

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Механічні властивості сталі.

Таблиця 1.1.2 – Фізико-механічні властивості сталі 14ХНЗМА

Границя текучості σ_T , МПа	Часовий опір розриву σ_B , МПа	Відносне видовження $\delta_{5\%}$	Ударна в'язкість a_n , кДж/м ²	НВ	HRC
884	980	10	783	269	58-62

Лапа виконується зі спинкою, яка має вигляд або форму припливу і цапфи. На цапфу накладається шарошка під підшипники. Цапфа має дві доріжки під підшипники: роликів і кулькових доріжки. Для запуску шариків у кулькову доріжку служить отвір, який створений на зовнішній радіусній робочій частині лапи. Самі шарики виконують роль шарикового замка. Вони запобігають випадання шарошки з цапфи лапи. Для запобігання випадання шариків, в отвір встановлюється замковий палець і забивається штифтом.

Вісь цапфи зміщена відносно осі симетрії лапи на $0,5 \pm 0,2$ мм. Зовнішня робоча частина лапи виконана у вигляді радіусної спинки радіусом $R54_{-0,46}$. Вона створюється таким чином, щоб визначити діаметр долота. Вісь цапфи (долота) нахилена до осі лапи і долота під кутом $52^\circ \pm 10'$ для того, щоб шарошка конусної форми могла своєю робочою частиною дробити породу. По обидві боки роликів доріжки є канавки під вихід шліф круга. Кут між площинами внутрішньої частини лапи становить $120^\circ \pm 10'$. Це зроблено з умовою нормального встановлення лапи і приварювання її до тіла фрези.

На площинах двогранного кута зроблено по одному глухому отворі під штифти. На бокових зовнішніх частинах площини двогранного кута профрезеровані фаски для зварки з тілом долота.

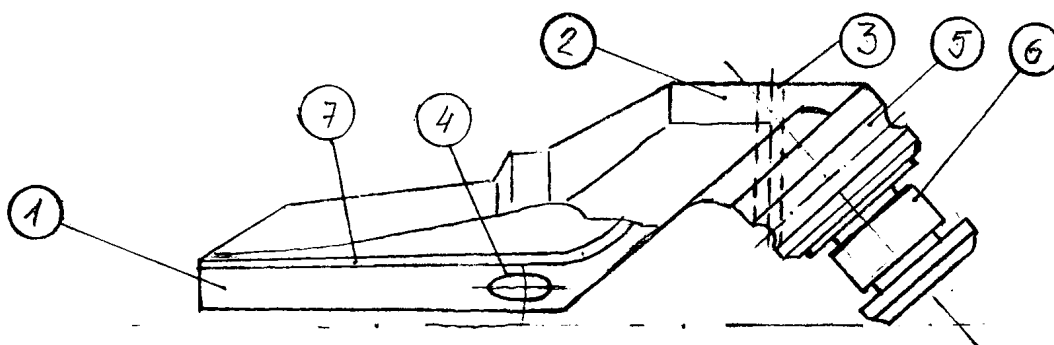


Рисунок 1.1 – Поверхні лапи

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ				

Таблиця 1.1.3 – Конструктивні характеристики поверхонь

№ пов.	Конструкція і призначення поверхні	Розміри	Квалітет точності, допуск	Степінь точності, форми	Шорсткість
1	Площина двогранного кута (для кращої зварки лап між собою)	120°±10'	-	-	Rz40
2	Радіусна спинка лапи (для визначення діаметра долота)	R54	^{-0,46} T=0,46 мм	-	Rz80
3	Замковий отвір (для полегшення процесу зборки підшипника під шарошку)	Ø9,2	^{+0,28} T=0,28 мм	-	Rz80
4	Штифтові глухі отвори (використовуються при установці і налагодці на обробку; при зборці самих лап між собою з допомогою штифтів)	Ø9	^{+0,22} T=0,22 мм	-	Rz80
5	Кулькова доріжка (для встановлення шариків підшипника)	R4 Ø28,6	^{+0,07} T=0,07 мм _{-0,07} T=0,07 мм	O 0,035 O 0,07 O 0,03	Ra=2,5
6	Роликівна бігова доріжка для підшипника	10,2 Ø16,1	^{+0,11} _{-0,04} T=0,15 _{-0,06} T=0,06 мм	O 0,03 O 0,06 O 0,03	Ra=2,5
7	Поверхня зварних фасок (для полегшення процесу зварки)	3	^{+0,285} T=1 мм	-	Rz80

1.1.2 Аналіз технологічності деталі

Деталь – лапа III 112Т-ЦВ-3.003 виготовляється з легованої сталі 14ХНЗМА, яка добре обробляється різними видами механічної обробки.

Заготовка поковка, що забезпечує мінімальні припуски на обробку.

Від точності виготовлення взаємного розташування поверхонь залежить працездатність, надійність, довговічність роботи долота в цілому.

На першому етапі механічної обробки (перші дві операції) створюються чистові бази – це площини двогранного кута та штифтові отвори. За чорнову базу на першій операції служить бобишка і хвостовик лапи.

Така умова виготовлення дає можливість вести обробку на подальших операціях використовуючи принцип суміщення баз.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нетехнологічним у даній деталі є те, що сама форма деталі є складною: профіль поперечного перерізу хвостової частини лапи змінюється, деталь має одну площину симетрії, вісь цапфи проходить під кутом до осі хвостовика.

Площини двогранного кута розміщені під кутом $120^\circ \pm 10'$, штифтові отвори та замковий отвір розміщені під кутом один відносно другого і обробляються на одній операції, що викликає необхідність проектування трьохпозиційного кондуктора, малі розміри деталі не дозволяють проводити традиційну обробку цапфи в центрах, тому виникає необхідність проектування спеціального пристосування – патрону, в якому кріпиться хвостовик при обробці цапфи.

Доступ до поверхонь, що обробляються – вільний, що дає змогу зробити висновок про те, що одна деталь технологічна в цілому.

Форма цапфи дозволяє застосувати при токарній обробці високопродуктивне обладнання – верстати з ЧПК. Шорсткість радіусної та роликової доріжок $R_a=1,25\text{мкм}$ – досягається шліфуванням, шорсткість решти поверхонь досягається фрезеруванням та точінням (R_z40). Шорсткість необроблених поверхонь $R_z=80\text{мкм}$.

1.2 Розрахунок програми випуску та партії деталей

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Знаходження річної програми можна знайти задаючись коефіцієнтом серійності. Так, як заданий тип виробництва – середньосерійний, то K_c – знаходиться в межах $K_c=10\div 20$.

Середній штучно-калькуляційний час на виготовлення лапи ПІ-112Т-ЦВ-3.003 по базовому технологічному процесі $T_{шт.к.сер.}=1,78$ хв.

$$K_c = \frac{\tau}{T_{шт.к.сер.}}$$

де τ – такт випуску деталі, хв.

$$\text{Тоді } \tau = K_c \cdot T_{шт.к.сер.} = (10\div 20) \cdot 1,78 = 17,8\div 35,7.$$

$$\text{Також } \tau = \frac{F_d \cdot 60}{N} \text{ хв./шт. ст.21 [1]}$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$F_{\partial} = F_n \cdot K = 250 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,97 = 3880 \text{ год.}$$

N – річна програма:

$$N = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{\tau} = \frac{3880 \cdot 60}{17,85 \div 35,7} = 10042 \div 4521 \text{шт.}$$

Попередньо приймаємо $N=5000$ шт.

Визначаємо кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N_a}{F} \text{ шт.}$$

де a – число днів, на які потрібно мати запас деталей;

F – число робочих днів, $F=250$ днів.

$$n = \frac{5000 \cdot 5}{250} = 100 \text{ шт.}$$

З врахуванням зручності планування і організації виробництва розмір партії деталей необхідно скоректувати. Коректування розміру партії заключається у визначенні розрахункового числа змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях.

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.сер.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} \quad [1], \text{ стор.23.}$$

де 476 – дійсний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв.

0,8 – нормування завантаження верстатів в середньосерійному виробництві.

$$C = \frac{1,78 \cdot 100}{476 \cdot 0,8} = 1,14.$$

Розрахункове число змін заокруглюємо до прийнятого $C=2$, тоді визначаємо число деталей в партії, необхідних для завантаження обладнання на основних операціях на протязі цілого числа змін:

$$n_p = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 20}{1,78} = 200 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_p=200$ шт. – кількість деталей в партії.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес забезпечує виготовлення лапи. Даний технологічний процес дозволяє застосувати обладнання універсальне на різні типи розміри. Обробка цапфи лапи може проводитись на вертикально-токарному напівавтоматі моделі СМ-508; СМ-091, але заміна в базовому технологічному процесі на токарну з ЧПК, що дозволяє проводити чорнову і чистову обробку цапфи з одною установкою, зменшити штучний час, виконується принцип концентрації операції.

В базовому технологічному процесі задіяні дві операції 045 і 050: шліфування роликової доріжки на одній і шліфування кулькової доріжки на другій. При цьому затрачається додаткова кількість обладнання і розтягується час на обробку шліфуванням. Тому можна ввести замість обробки на обох верстатах обробку на одному верстаті. Шліфування проходитиме з допомогою блоку з двох шліфувальних кругів, які одночасно будуть знімати припуск з двох поверхонь. Час на обробку скорочується, зменшується кількість додаткового технологічного обладнання і витрати на енергоресурси.

В цілому базовий технологічний процес відповідає вимогам даного типу виробництва, який існує на підприємстві і використання обладнання також відповідає типу виробництва.

Таблиця 1.3.1 – Базовий технологічний процес

№ операції	Операція, переходи, інструмент	Верстат (тип, модель)	Ескіз обробки
1	2	3	4
005	Фрезерна 1.Фрезерувати площини двогранного кута. 2.Зачистити задирки. Фреза 2219-7002 Т5К10 Ø140; z=8	Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р80Ш Пристрій фрезерний 7229-8003	Рис. 1.3.1.1
010	Фрезерна 1.Фрезерувати радіусну спинку. Фреза 2219-7010 Т5К10 Ø140; z=8	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р12 Пристрій фрезерний 7260-8001	Рис. 1.3.1.2

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4
015	Свердлильна 1.Свердлити замковий отвір. 2.Свердлити послідовно 2 штифтових отвори. 3.Зачистити задирки. 2301-0023 ГОСТ 10903-77 Свердло Ø9	Вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125 Пристрій свердлильний 7304-8017	Рис. 1.3.1.3
020	Слюсарна 1.Зачистити задирки в отворі під палець. 2.Забити палець і закріпити. 3.Свердлити отвір. 4.Забити штифт. 2300-0034 ГОСТ 886-77 Свердло Ø5	Настільно-свердлильний верстат моделі НС-12А Стіл слюсарний 122-000 Підставка 7030-8022	Рис. 1.3.1.4
025	Токарна з ЧПК 1.Зачистити задирки на площинах двогранного кута. 2.Чорнова обточка поверху. 3.Чистова обточка поверху. 4.Чорнова прорізка роликової доріжки. 5.Чистова прорізка роликової доріжки і канавки під вихід шліф круга. 6. Чистова прорізка роликової доріжки і канавку під вихід шліф круга. 7.Колібровка роликової доріжки. 8.Чорнова прорізка кулькової доріжки. 9.Калібрування кулькової доріжки. Різці Т5К10; 2687-7005; 2102-1358; 2137-8001; 2137-8010; 2137-8002; 2120-8009 ГОСТ 224249-80	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1Г420 ПФ40 Пристрій токарний 7122-8011	Рис. 1.3.1.5
030	Фрезерна 1.Фрезерувати дві зварні фаски одночасно. 2.Зачистити задирки. 2281-7003 Фреза Ø80; z=20 права 2281-7003 Ø80; z=20 ліва Р6М5	Горизонтально-консольно фрезерний верстат моделі 6Т804Г Пристрій фрезерний 7208-8001	Рис. 1.3.1.6
035	Слюсарна 1.Зачистити задирки на дашку, площинах двогранного кута. 2820-0026 ГОСТ 1465-80 Напильник ПП 400х40х203 24А 16-П С11К ГОСТ 2424-70 Шліфкруг	Верстат моделі ТШ400 Екран захисний КШ1-00СБ	Рис. 1.3.1.7
	Термообробка		

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4
040	<p>Контрольна Перевірити:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Віддаль від точки перетину осі цапфи з віссю радіусної доріжки до осі двогранного кута. 2. Віддаль від осі радіусної доріжки до правого бортика роликової доріжки. 3. Висоту цапфи. 4. Ширину роликової доріжки. 5. Діаметр роликової доріжки. 6. Діаметр борта роликової доріжки. 7. Діаметр радіусної, шарикової доріжки. 8. Діаметр борта шарикової доріжки. 9. Діаметр канавок під вихід шліф круга. 10. Радіус шарикової доріжки. 11. Діаметр основи цапфи. 12. Висоту бортика (лівого) роликової доріжки. 	<p>Контрольні прилади 8701-7017; 8739-8005</p> <p>Шаблони 8369-7002 8,6 8155-7017 33,1 8155-7017 10,3 8130-8003 Ø16,1</p> <p>Скоба 8113-8001 Ø20,5 8113-7031 Ø28,6 8113-8001 Ø34,6 8113-7016 Ø15,6 8113-8003 Ø36,5</p> <p>Шаблон 8372-7005 24,05 8155-7008 0,5</p>	
045	<p>Шліфувальна 1. Шліфувати кулькову бігову доріжку. Шліфкруг Л1ФП 150x8x32 ГОСТ 2424-83 15A12СТВ</p>	<p>Шліфувальний верстат моделі ХШ-1-02 Пристрій шліфувальний 7122-8011</p>	Рис. 1.3.1.8
050	<p>Шліфувальна 1. Шліфувати роликову бігову доріжку. Шліфкруг ПП 150x810x32 ГОСТ 2424-83 15A12СТВ</p>	<p>Шліфувальний верстат моделі ХШ-1-02 Пристрій шліфувальний 7122-8011</p>	Рис. 1.3.1.9
055	<p>Контрольна Перевірити:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Діаметр роликової доріжки. 2. Діаметр кулькової доріжки. 3. Радіус кулькової доріжки. 4. Ширину роликової доріжки. 5. Відсутність задернів на ролику, площинах двогранного кута, цапфи. 6. Чистоту оброблених поверхонь. 	<p>Скоба Ø16,08 8113-8003 Скоба Ø28,58 8113-7031 Шаблон R4 8372-7005 Шаблон 10,2 8130-7018 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75</p>	

					<p>МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ</p>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

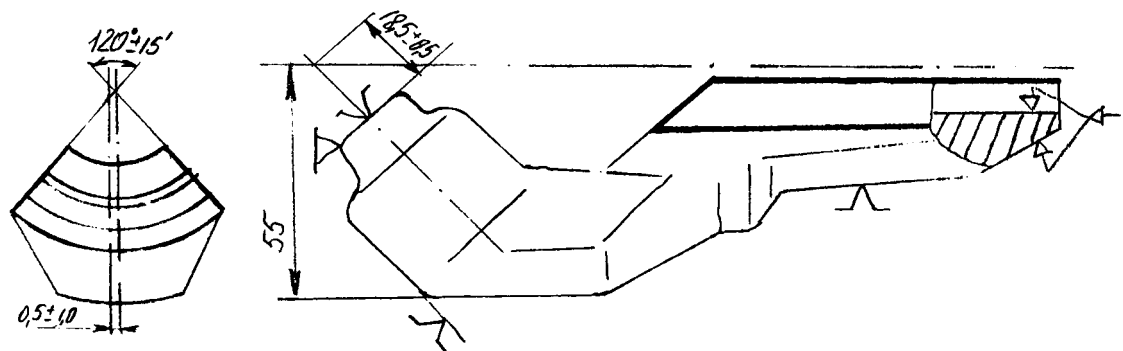


Рис. 1.3.1.1

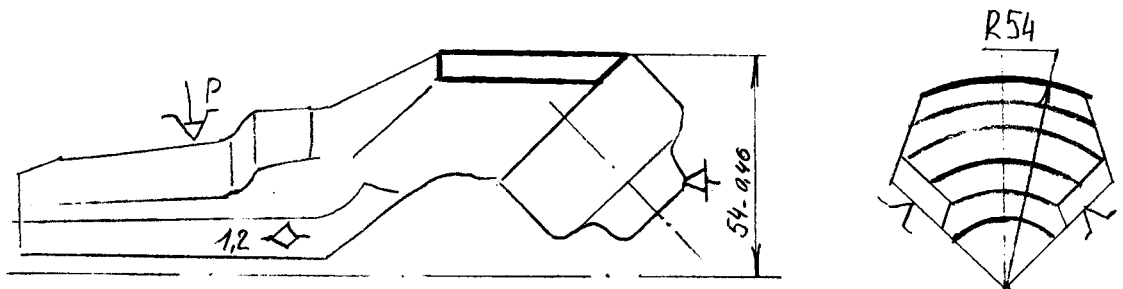


Рис. 1.3.1.2

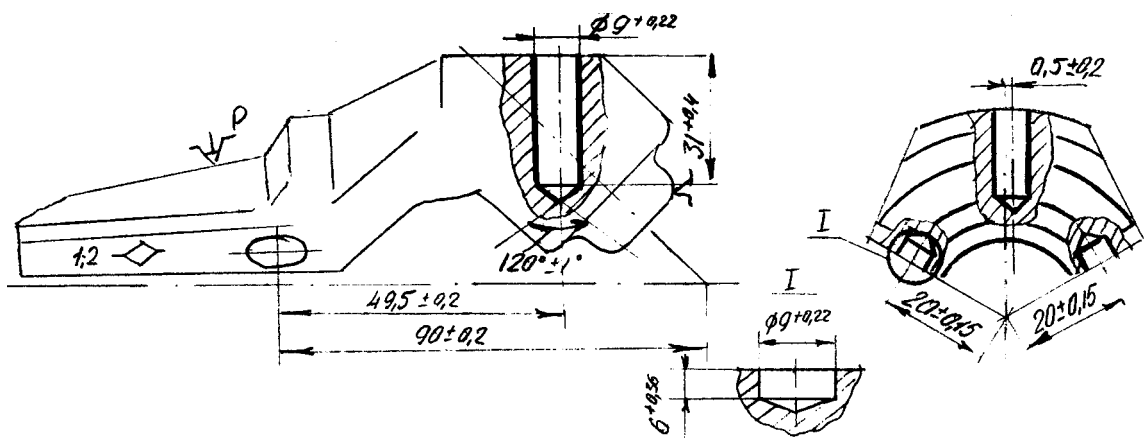


Рис. 1.3.1.3

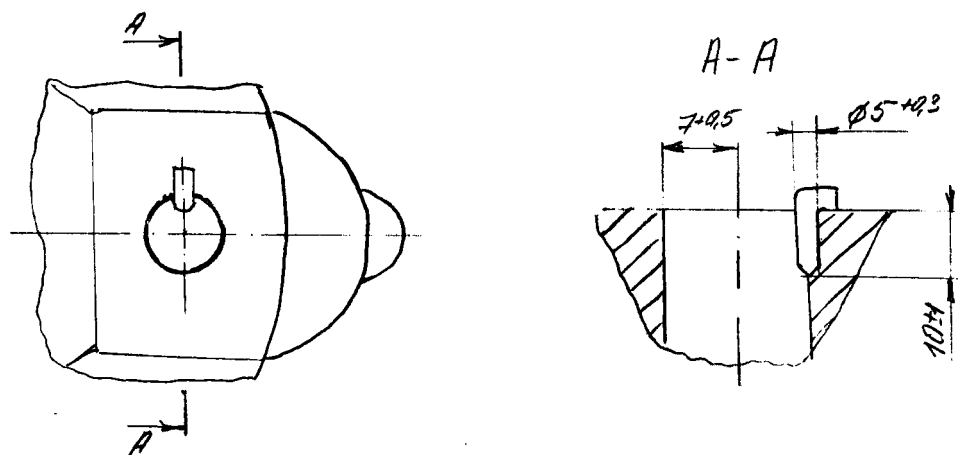


Рис. 1.3.1.4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

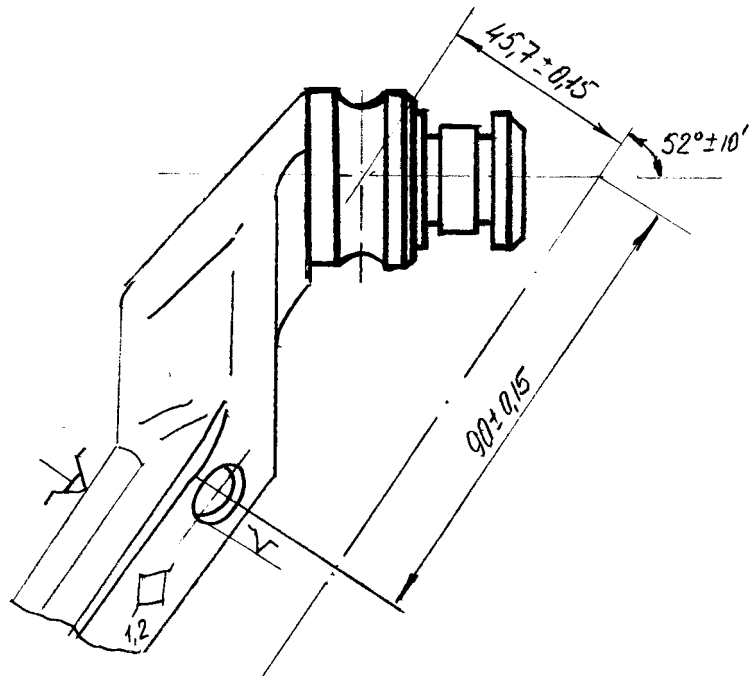


Рис. 1.3.1.5

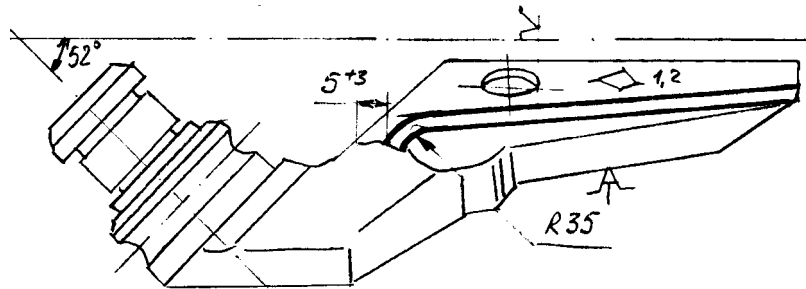


Рис. 1.3.1.6

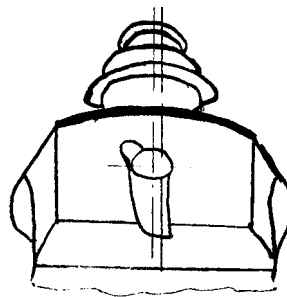


Рис. 1.3.1.7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

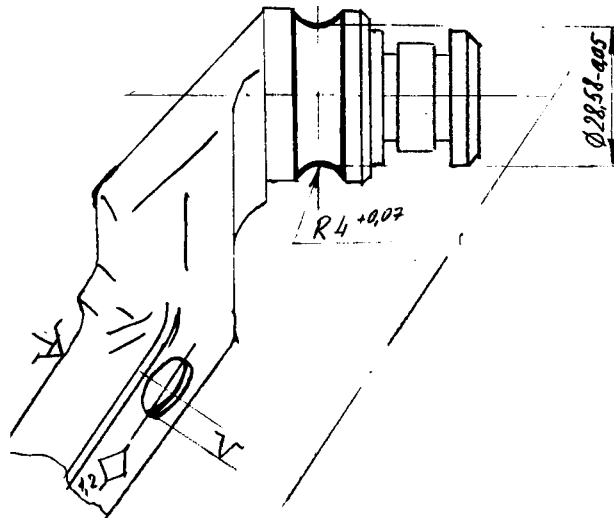


Рис. 1.3.1.8

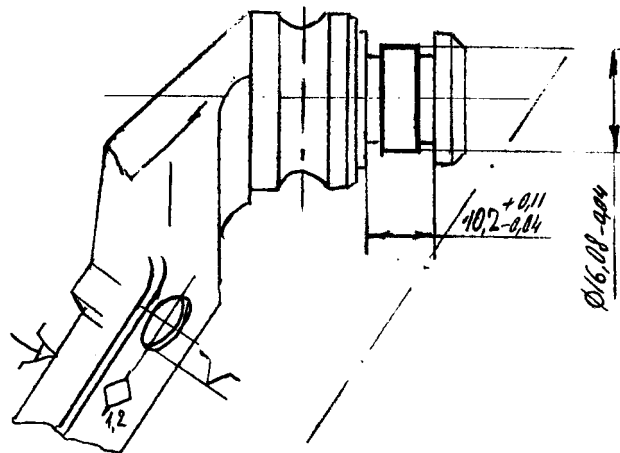


Рис. 1.3.1.9

1.3.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Заготовки ламп доліт являють собою поковки, виготовлені методом гарячої штамповки на кривошипних пресах. Поковки лап із сталі 14ХНЗМА мають складну конфігурацію із змінним січенням. Допуски на розміри поковок, радіуси заокруглень, штамповочні зміщення і величина заусенець повинні бути не нижче встановлених величин другої групи точності, а припуски на механічну обробку – нижче третьої групи точності.

Таблиця 1.3.2 – Технологія виготовлення заготовок лап.

Операція	Обладнання
1. Нагрів прокату до 500 ± 50 °С	Піч
2. Різка прокату на штучні заготовки	Прес-ножиці $25 (10^5 - 10^7)$ Н
3. Нагрів нарізаних заготовок до 1200 ± 30 °С	Індукційний нагрівач (частоти 50 Гц, 500-1000 Вт)
4. Штамповка	Кривошипний гарячостамповочний прес $(16-63) \cdot 10^6$ Н
5. Обрізка облою	Обрізний закритий прес $16 \cdot 10^5 \div 315 \cdot 10^4$ Н
6. Термообробка	Піч ОКБ 2103 або СТ 310.60.5/10
7. Очистка	Дробометальний агрегат ТЗ 23

					Арк.	
					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідним матеріалом для виготовлення поковок є заготовки із прокату. Розміри поковок враховують припуски на механічну обробку, допуски на розміри і технологічні напуски для поковок, гарячою штамповкою по ГОСТ 7505-74.

Вибір заготовок-поковок зумовлений тим, що лапа виконує свої функції у вузлі під дією значних навантажень, а конфігурація деталі складна із змінним січенням.

Виходячи із цього робимо висновок, що сама структура матеріалу поковки повинна забезпечувати максимальну міцність лапи і дану структуру забезпечити іншим методом неможливо.

При виготовленні поковки можна застосувати прокат квадратного і круглого січення. Розглянемо, яке січення буде економніше.

Розміри квадратного січення: 65x65x150 мм.

Розміри круглого січення: Ø65x150 мм.

Визначаємо об'єм і масу штучних заготовок:

$$V_{кв.} = 65 \cdot 65 \cdot 150 = 633750 \text{ мм}^3 = 633,75 \text{ см}^3.$$

$$V_{кр.} = \pi \cdot R^2 \cdot l = 3,14 \cdot 32,5^2 \cdot 150 = 497393,75 \text{ мм}^3 = 497,4 \text{ см}^3.$$

Визначаємо вагу:

$$G_{1кв.} = V_{кв.} \cdot \rho = 633,75 \cdot 7,8 = 4943,2 \text{ грам},$$

де: ρ – густина сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$G_{1кр.} = V_{кр.} \cdot \rho = 497,4 \cdot 7,8 = 3880 \text{ грам}.$$

Степінь складності:

$$C = G_{нок.} / G_{ф.},$$

де $G_{нок.}$ – вага поковки $G_{нок.} = 1820 \text{ гр.}$

$G_{ф.}$ – вага фігури, в яку вписується поковка $G_{фкр.} = 3880 \text{ гр.}$

$C = 1820 / 3880 = 0,47$. Степінь складності C_2 .

Економічне застосування заготовки до поковки з круглого прокату.

Визначаємо вартість заготовки:

$$S_{загот} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{від.}}{1000} \text{ грн.},$$

де C_i – ціна 1 тонни заготовки $C_i = 4318 \text{ грн.}$ (по заводу);

Q – маса заготовки (поковки), $Q = 1,82 \text{ кг}$;

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q – маса готової деталі, $q=1,31$ кг;

$S_{від.}$ – ціна 1 тонни відходів, $S_{від.}=310$ грн. (по заводу);

k_m – коефіцієнт залежить від класу точності штамповки, $k_m=0,9$ [1], стор.39;

k_M – залежить від марки матеріалу штамповки, $k_M=1,98$ [1], стор. 39;

k_c – залежить від ступеня складності штамповки, $k_c=0,9$ [1], стор. 40;

k_e – коефіцієнт залежить від маси штамповки, $k_e=1,1$ [1], стор. 40;

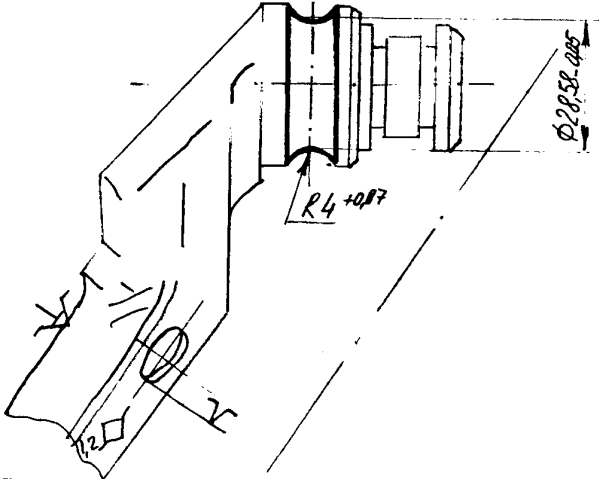
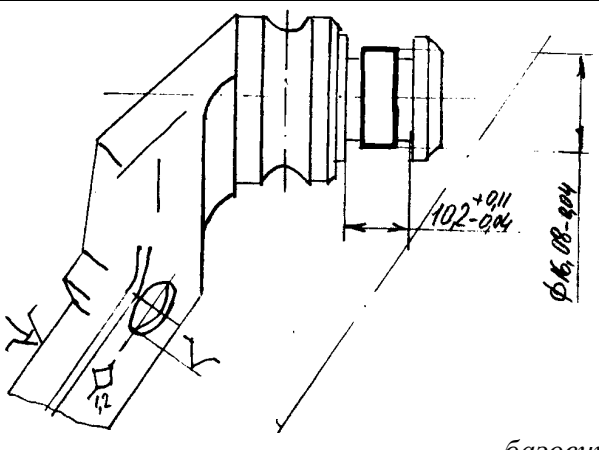
k_n – залежить від об'єму випуску, $k_n=1,0$ [1], стор. 40;

$$S_{загот} = \left(\frac{4318}{1000} \cdot 1,82 \cdot 0,9 \cdot 1,98 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \right) - (1,82 - 1,31) \cdot \frac{310}{1000} = 74,3 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання металу $K_{в.м.} = \frac{m_{дет.}}{m_{заг.}} = \frac{1,31}{1,82} = 0,71$.

1.3.2 Обґрунтування вибору технологічних баз

Таблиця 1.3.3 – Вибір технологічних баз

№ опер.	Варіанти схеми базування (базовий і проектний)	Оцінки варіанту	
		переваги	недоліки
1	2	3	4
045	 <p style="text-align: right;">базовий</p>		Обробка кулькової доріжки проходить на одному верстаті заздалегідь налагодженому на потрібний розмір. При обробці роликів доріжки потрібно деталь перевстановити на наступний верстат, який налагоджений на цей розмір.
050	 <p style="text-align: right;">базовий</p>		Не виконується принцип концентрації операції. При перевстановленні деталі з одного верстату на інший із збереженням технологічних баз виникає похибка.

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

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.3.3

1	2	3	4
045		<p>Обробка обох поверхонь проходить за одну установку, виключаючи при цьому похибку, яка виникає у базовому варіанті (при перевстановленні деталі). Виконується принцип концентрації операції, зручність установки.</p>	

Варіант проектного маршруту зобразимо у вигляді таблиці (див таб. 1.3.4).

Таблиця 1.3.4 – Проектний технологічний процес

№ оп.	Операція, переходи, інструмент	Верстат (тип, модель)	Ескіз обробки
1	2	3	4
005	<p>Фрезерна 1.Фрезерувати площини двогранного кута. 2.Зачистити задирки. Фреза 2219-7002 Т5К10 Ø140; z=8</p>	<p>Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р80Ш Пристрій фрезерний 7229-8003</p>	Рис.1.3.4.1
010	<p>Фрезерна 1.Фрезерувати радіусну спинку. Фреза 2219-7010 Т5К10 Ø140; z=8</p>	<p>Вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р12 Пристрій фрезерний 7260-8001</p>	Рис.1.3.4.2
015	<p>Свердлильна 1.Свердлити замковий отвір. 2.Свердлити послідовно 2 штифтових отвори. 3.Зачистити задирки. 2301-0023 ГОСТ 10903-77 Свердло Ø9</p>	<p>Вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125 Пристрій свердлильний 7304-8017</p>	Рис.1.3.4.3
020	<p>Слюсарна 1.Зачистити задирки в отворі під палець. 2.Забити палець і закріпити. 3.Свердлити отвір. 4.Забити штифт. 2300-0034 ГОСТ 886-77 Свердло Ø5</p>	<p>Настільно-свердлильний верстат моделі НС-12А Стіл слюсарний 122-000 Підставка 7030-8022</p>	Рис.1.3.4.4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.3.4

1	2	3	4
025	Токарна з ЧПК 1.Зачистити задирки на площинах двогранного кута. 2.Точіння по контуру цапфи. 3.Точіння по програмі роликової доріжки. 4.Точіння двох канавок під вихід шліф круга. 5.Колібровка роликової доріжки. Різці Т5К10; 2687-7005; 2102-1358; 2137-8001; 2137-8010; 2103-0711 ГОСТ 20872-80 2138-8025 ГОСТ 6743-61 2137-8065 ГОСТ 6743-64 2203-7405 ГОСТ 18882-73	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1Г426Ф3 з системою ЧПК 2Р22. Пристрій токарний 7122-8011	Рис.1.3.4.5
030	Фрезерна 1.Фрезерувати дві зварні фаски одночасно. 2.Зачистити задирки. 2281-7003 Фреза Ø80; z=20 права 2281-7003 Ø80; z=20 ліва Р6М5	Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Т804Г Пристрій фрезерний 7208-8001	Рис.1.3.4.6
035	Слюсарна 1.Зачистити задирки на дашку, площинах двогранного кута. 2820-0026 ГОСТ 1465-80 Напильник ПП 400x40x203 24А 16-П СНК ГОСТ 2424-70 Шліфкруг	Верстат моделі ТШ400 Екран захисний КШ-1-00СБ	Рис.1.3.4.7
Термообробка			
040	Контрольна Перевірити: 1.Віддаль від точки перетину осі цапфи з віссю радіусної доріжки до осі двогранного кута. 2.Віддаль від осі радіусної доріжки до правого бортика роликової доріжки. 3.Висоту цапфи. 4.Ширину роликової доріжки. 5.Діаметр роликової доріжки. 6.Діаметр борта роликової доріжки. 7.Діаметр шарикової доріжки. 8.Діаметр борта шарикової доріжки. 9.Діаметр канавок під вихід шліф круга. 10.Радіус шарикової доріжки. 11.Діаметр основи цапфи. 12.Висоту бортика (лівого) роликової доріжки.	Контрольні прилади 8701-7017; 8739-8005 Шаблони 8369-7002 8,6 8155-7017 33,1 8155-7017 10,3 8130-8003 Ø16,1 Скоба 8113-8001 Ø20,5 8113-7031 Ø28,6 8113-8001 Ø34,6 8113-7016 Ø15,6 8113-8003 Ø36,5 Шаблон 8372-7005 24,05 8155-7008 0,5	
045	Шліфувальна 1.Шліфувати одночасно кулькову і роликову бігові доріжки шліфувальним блоком Л1ФП 150x8x32 ПП 150x8x32 15А12СТВ ГОСТ 2424-83	Шліфувальний верстат моделі ХШ-1-02 Пристрій шліфувальний 7122-8011	Рис.1.3.4.8

					Арк.	
					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.3.4

1	2	3	4
050	Контрольна Перевірити: 1. Діаметр роликової доріжки. 2. Діаметр кулькової доріжки. 3. Радіус кулькової доріжки. 4. Ширину роликової доріжки. 5. Відсутність задирків на ролику, площинах двогранного кута, цапфи. 6. Чистоту оброблених поверхонь.	Скоба Ø16,08 8113-8003 Скоба Ø28,58 8113-7031 Шаблон R4 8372-7005 Шаблон 10,2 8130-7018 Взірці шорсткості ГОСТ 9378-75	

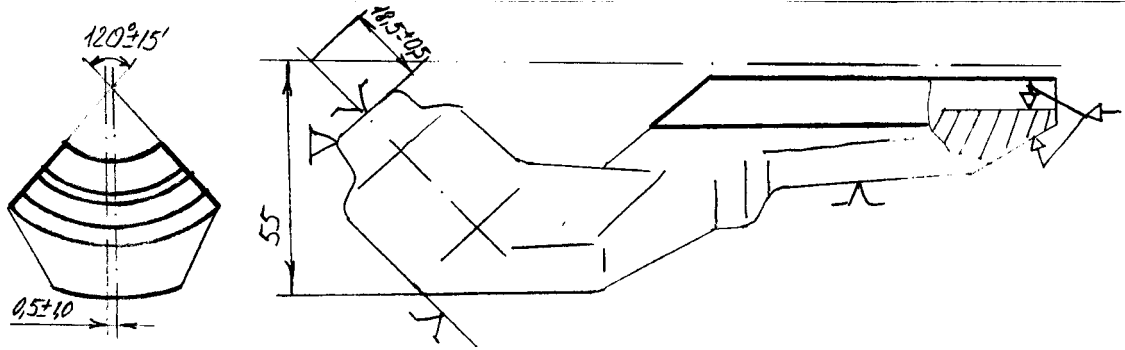


Рис.1.3.4.1

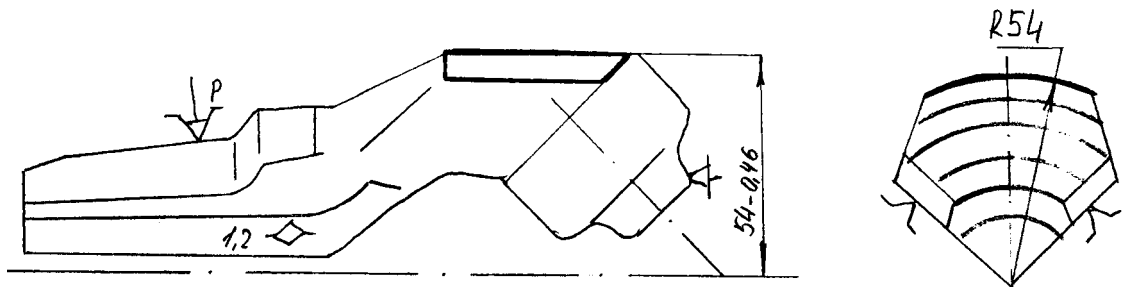


Рис.1.3.4.2

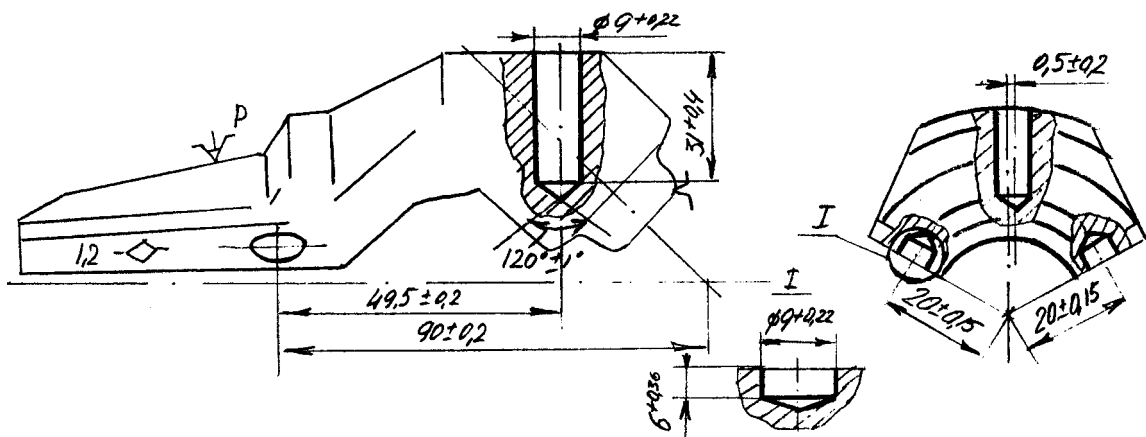


Рис.1.3.4.3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

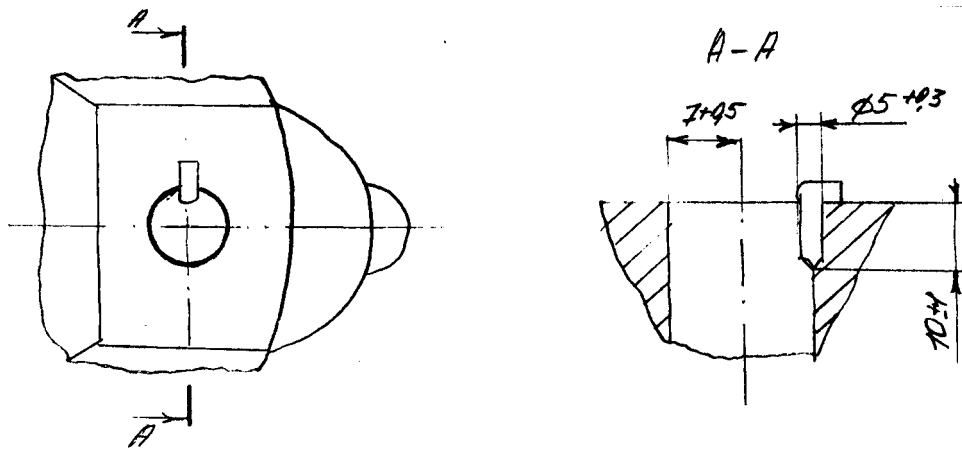


Рис.1.3.4.4

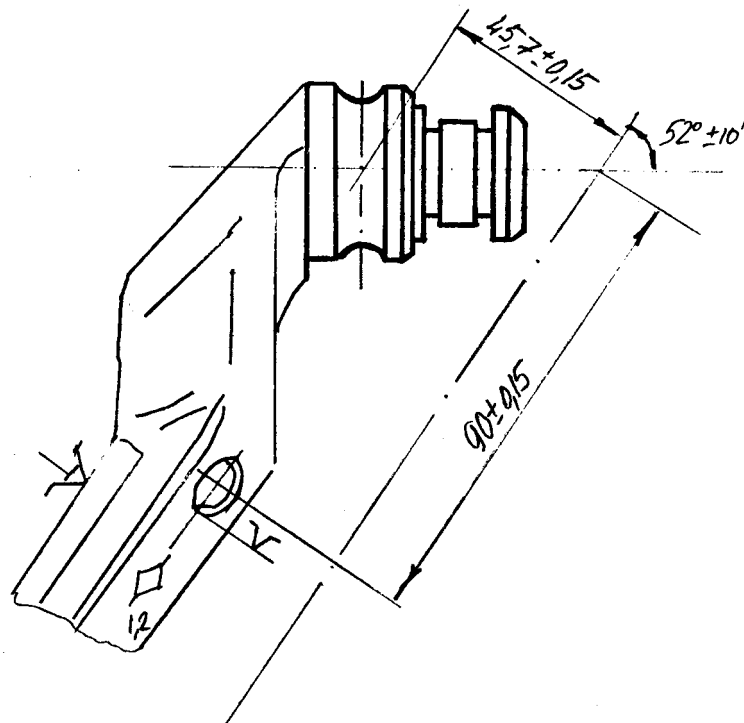


Рис.1.3.4.5

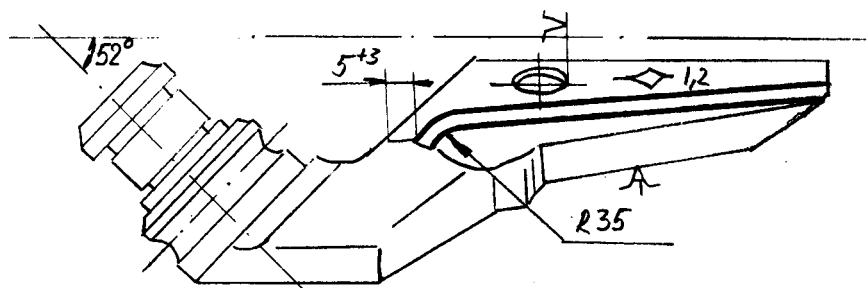


Рис.1.3.4.6

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

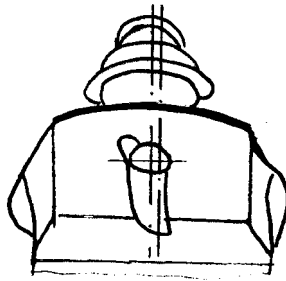


Рис.1.3.4.7

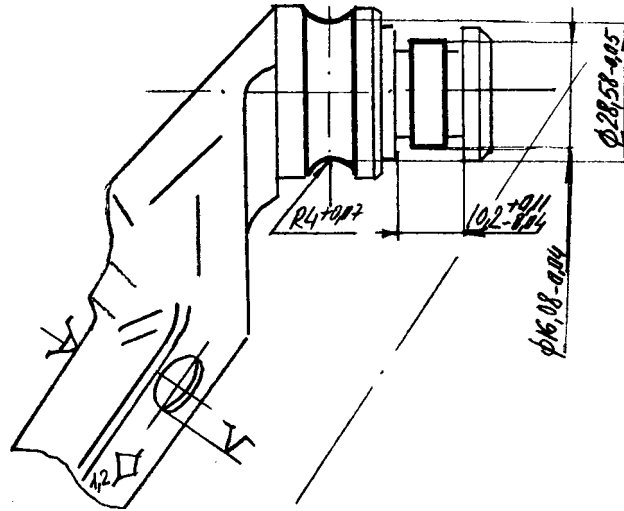


Рис.1.3.4.8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.4 Розробка операційної технології

1.4.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

Технологічний маршрут обробки поверхні розміром $R54_{-0,46}$ полягає у фрезеруванні радіусної спинки.

Розрахунок припусків на обробку ведемо складанням таблиці.

Таблиця 1.4.1 – Розрахункова таблиця припусків

Технологічний перехід	Елементи припусків				Розрахунковий припуск Z_{min} , мкм	Розрахунковий розмір R_p , мм	Допуск δ , мкм	Гран. розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				R_{min}	R_{max}	$Z_{min}^{ep.}$	$Z_{max}^{ep.}$
Заготовка	150	200	256			55,608	2700	55,6	58,3		
Фрезерування чорнове	50		13	1462	2068	53,54	460	53,54	54,0	2060	4300

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу по формулі:

$$\rho_u = \sqrt{\frac{\delta^2}{3} + 0,25^2}, [1] \text{ табл. 31, стор. 70}$$

де $\delta=0,1$ – допуск розміру, елемента деталі поверхнею якої встановлюється на призму:

$$\rho_u = \sqrt{\frac{0,1^2}{3} + 0,25^2} = 0,256 \text{ мм} = 256 \text{ мкм.}$$

Величина остаточного просторового відхилення після чорнового фрезерування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_u = 0,05 \cdot 256 = 12,8 \text{ мкм} \approx 13 \text{ мкм.}$$

Похибка установки при фрезеруванні:

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

де ε_δ – похибка базування деталі на упорну призму,

$$\varepsilon_{\delta 1} = \delta T(54,0_{-0,46}) = 0,46 \text{ мм}; [1] \text{ табл. 36, стор. 78}; \varepsilon_\delta = \delta T(18 \pm 0,5) = 1,0 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_\delta = 0,46 + 1,0 = 1,46 \text{ мм} = 1460 \text{ мкм};$$

ε_3 – похибка закріплення, приймається $\varepsilon_3 = 80$ мкм [1] табл. 40, стор. 82.

$$\text{Похибка установки: } \varepsilon = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{1460^2 + 80^2} = 1462 \text{ мкм.}$$

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі записаних даних в таблиці розраховуємо мінімальні значення міжопераційних припусків по формулі:

$$Z_{\min} = (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} = \rho_{i-1} + \varepsilon_i).$$

Мінімальний припуск під фрезерування:

$$Z_{\min} = 150 + 200 + 256 + 1462 = 2068 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір R_p вираховується починаючи з кінцевого:

$$R_p = 53,54 + 2,068 = 55,608 \text{ мм.}$$

Значення допуску приймаю по [2] том I, табл. 32, стор. 192. Записавши у відповідній колонці розрахункової таблиці значення допусків на технологічний перехід і заготовку, в колонці “Найменший графічний розмір” визначимо їх значення для технологічного переходу, округлюючи значення. Найбільший граничний розмір вираховуємо додаванням допуску до заокругленого найменшого значення (граничного).

$$R_{\max 1} = 53,54 + 0,46 = 54 \text{ мм;}$$

$$R_{\text{заг.}} = 55,6 + 2,7 = 58,3 \text{ мм.}$$

Граничне значення припусків $Z_{\max}^{\text{сп.}}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів і $Z_{\min}^{\text{сп.}}$ - як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконуючого переходу.

$$Z_{\max}^{\text{сп.}} = 58,3 - 54 = 4,3 \text{ мм} = 4300 \text{ мкм;}$$

$$Z_{\min}^{\text{сп.}} = 55,6 - 53,54 = 2,06 \text{ мм} = 2060 \text{ мкм.}$$

Припуск: $Z_{o \text{ ном}} = Z_{o \text{ min}} + H_3 + H_0,$

$$H_3 = T_{i-1} + \frac{K_y}{2},$$

$$T_{i-1} = 1,3; K_y = 1,0 \cdot 54 = 54 \text{ мкм} = 0,054 \text{ мм.}$$

$$H_3 = 1,3 + \frac{0,054}{2} = 1,327 \text{ мкм.}$$

$$Z_{o \text{ ном}} = 2060 + 1327 - 460 = 3937 \text{ мкм}; 2 = 1,4635;$$

$$R_{z \text{ ном}} = 53,54 + 2,927 = 56,467 \text{ мм} = 56,5 \text{ мм.}$$

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

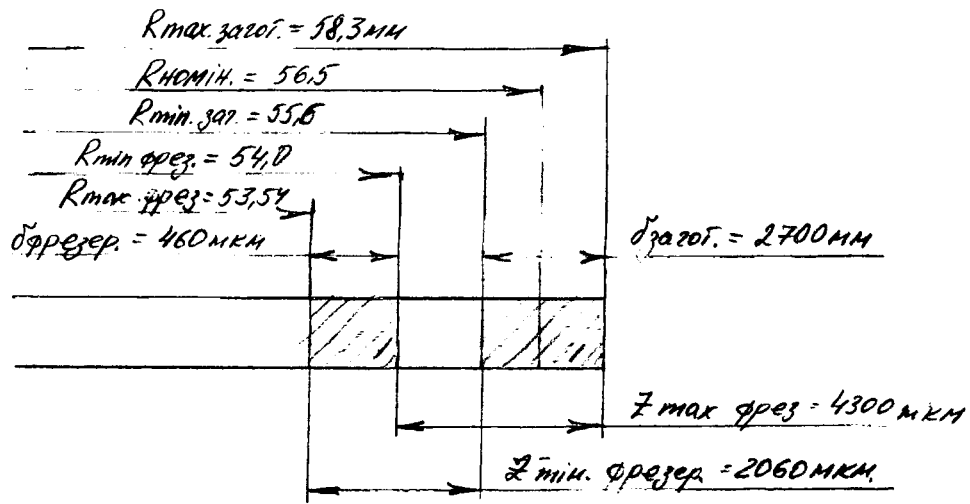


Рисунок 1.4.1 – Схема графічного розміщення полів допусків

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 16,08_{-0,04}$ полягає у токарній обробці діаметрального розміру: чорнова по контуру, напівчистова, чистова обробка канавочним різцем обточка ведеться з розміру $\varnothing 21_{-0,9}^{+1,6}$ до розміру $\varnothing 16,08_{-0,04}$.

Таблиця 1.4.2 – Розрахункова таблиця припусків

Технологічний перехід	Елементи припусків				Розрахунковий припуск Z_{min} , мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Гран. розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ϵ				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}^{ep.}$	$2Z_{max}^{ep.}$
Заготовка	150	200	256			20,10	2500	20,10	22,6		
Точіння чорнове	50	50	15	570	2·1825	16,45	600	16,45	17,05	3650	5550
Точіння напівчистове	15	15	10	40	2·150	16,15	15	16,15	16,3	300	750
Точіння чистове	10	10	5	-	2·55	16,04	40	16,04	16,08	110	200
$\Sigma=4060$ мкм											

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок даного типу по формулі:

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\delta^2}{3} + 0,25^2}, [1] \text{ табл. 31, стор. 70}$$

де $\delta=0,1$ – допуск розміру елемента деталі, поверхнею якої встановлюється на призму:

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{\frac{0,1^2}{3} + 0,25^2} = 0,256 \text{ мм} = 256 \text{ мкм.}$$

Величина просторового відхилення після чорнового обточування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot 0,256 = 0,015 \text{ мкм} = 15 \text{ мкм.}$$

Після напівчистового: $\rho_2 = 0,04 \cdot 256 = 10 \text{ мкм.}$

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після чистового: $\rho_3=0,02 \cdot 256=5$ мкм.

Похибка установки при точінні:

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

де ε_{δ} – похибка базування деталі на установчу призму і палець. В даному випадку похибка ε_{δ} буде складатися із допуску розміру $90 \pm 0,15$, який витримується при установці деталі на призму і зазору між установчим пальцем і діаметром $\varnothing 9h9_{(-0,036)}$ і отвором на площині двогранного кута деталі $\varnothing 9_{-0}^{+0,22}$.

Величина зазору: $S_{max}=d_{max}-d_{max}=Es-ei=9,22-8,964=0,256$ мм.

Допуск на розмір $90 \pm 0,15$ рівний $T_L=0,3$ мм.

Отже, похибка базування рівна $\varepsilon_{\delta}=S_{max}+T_L=0,256+0,3=0,556$ мм.

Похибка закріплення рівна $\varepsilon_3=120$ мкм [1] табл. 40, стор. 82.

Похибка установки: $\varepsilon_1 = \sqrt{556^2 + 120^2} = 570$ мкм.

Похибка установки при напівчистовому точінні:

$$\varepsilon_u=0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{in.}=0,07 \cdot 570=40 \text{ мкм,}$$

де $\varepsilon_{in.}=0$ – так, як обробка проходить за 1 перехід.

Мінімальний припуск під чорнове точіння:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2}) = 2 \cdot (150 + 200 +) \sqrt{2560^2 + 570^2} = 2 \cdot 1825 \text{ мкм.}$$

Під напівчистове точіння:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (50 + 50 +) \sqrt{15^2 + 40^2} = 2 \cdot 150 \text{ мкм.}$$

Під чистове точіння:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (15 + 15 +) \sqrt{10^2 + 40^2} = 2 \cdot 55 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір d_p заповнюється починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

$$d_2=16,04+0,110=16,15 \text{ мм;}$$

$$d_1=16,15+0,300=16,45 \text{ мм;}$$

$$d_{заг}=16,45+3,650=20,1 \text{ мм.}$$

Значення допуску приймаю по [2] табл. 32, стор. 192, т.1. Записавши у відповідній колонці розрахункової таблиці значення допусків на технологічний

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перехід і заготовку в колонці “Найменший граничний розмір”, визначаємо їх значення для технологічного переходу, округлюємо значення.

Найбільший граничний розмір вираховується додаванням допуску до заокругленого найменшого значення.

$$d_{max3}=16,04+0,06=16,1 \text{ мм};$$

$$d_{max2}=16,15+0,15=16,30 \text{ мм};$$

$$d_{max1}=16,45+0,60=17,05 \text{ мм};$$

$$d_{загот.max}=20,1+2,5=22,6 \text{ мм}.$$

Граничне значення припусків $2Z_{max}^{zp.}$ визначається як різниця найбільших граничних розмірів і $2Z_{min}^{zp.}$ - як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуючого переходу:

$$2Z_{max3}^{zp.}=16,3-16,1=0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max2}^{zp.}=17,05-16,3=0,75 \text{ мм} = 750 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max1}^{zp.}=22,6-17,05=5,55 \text{ мм} = 5550 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min3}^{zp.}=16,15-16,04=0,11 \text{ мм} = 110 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min2}^{zp.}=16,45-16,15=0,30 \text{ мм} = 300 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min1}^{zp.}=20,10-16,45=3,65 \text{ мм} = 3650 \text{ мкм};$$

$$\text{Припуск: } Z_{o ном} = Z_{o min} + H_3 - H_0,$$

$$H_0 = 1,5; \text{ ИШ} = 0,9; K_y = 1,0 \cdot 40 = 40 \text{ мкм} = 0,040 \text{ мм}.$$

$$H_3 = T_1 + \frac{K_y}{2} = 0,9 + \frac{0,04}{2} = 920 \text{ мкм} = 0,920 \text{ мм}.$$

$Z_{o ном} = 4060 + 920 - 2500 = 2480 \text{ мкм}$. Припуск знімається при чорновому точінні 2 рази (проходи). $2 \times 2,480 = 4,96 \text{ мм}$.

$$\text{Тоді, } d_{з ном} = 16,04 + 4,96 = 21,0 \text{ мм}.$$

Припуски і допуски на оброблювані поверхні за ДСТУ ГОСТ 7505-55 наведено в таблиці 1.4.3.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4.3 – Припуски і допуски на поверхні

Розмір	Припуск		Допуск
	табличний	розрахунковий	
18,3 _{-0,33}	2·1,3	-	+1,6 -0,9
33,1 _{-0,62}	2·1,5	-	+1,8 -1,0
40	2,0	-	+1,8 -1,0
54,0 _{-0,46}	2·1,5	2·1,46	+1,8 -1,0
Ø20,5 _{-0,33}	2·0,25	-	+1,6 -0,9
Ø34,6 _{-0,39}	2·3,2	-	+1,8 -1,0
Ø36,5 _{-0,19}	2·3,7	-	+1,8 -1,0
Ø16,1 _{-0,06}	2·2,5	2·2,48	+1,6 -0,9

1.4.2 Розрахунок режимів різання і вибір верстатів

Операція 005 Фрезерна

Пристрій фрезерний з призматичними установочними елементами.

Верстат: горизонтально-фрезерний моделі 6P80Ш.

Перехід 1: Фрезерувати площини двогранного кута.

Різальний інструмент: дві торцеві фрези з вставленими ножами з твердого сплаву T5K10. 2219-7002 ISO 2018-1:2016.

$D_{фр.}=140$ мм, $Z=22$ з., $\varphi=60^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $\gamma=5^\circ$, $\lambda=+5^\circ$, $T=180$ хв. [5] стор. 291.

Емпірично-табличний метод.

1. Встановлюємо глибину різання.

Припуск знімаємо за один перехід: $t=2,0$ мм.

2. Подача на зуб фрези:

$S_z=0,10$ мм/зуб; [2] табл. 33, стор. 283, т.ІІ.

3. Подача на оберт:

$S=S_z \cdot Z=0,10 \cdot 22=2,2$ мм/об.,

де Z – число зубів фрези, $Z=22$ шт.

4. Швидкість різання:

$V=V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$,

$V_{табл.}=210$ м/хв. [6];

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_1 – коефіцієнт залежить від розмірів обробки;

$$K_1=1 [6];$$

K_2 – коефіцієнт залежить від оброблюваного матеріалу;

$$K_2=0,75 [6];$$

K_3 – коефіцієнт залежить від стійкості і матеріалу інструмента;

$$K_3=0,15 [6] \text{ стор. 101};$$

$$V=210 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,15=73,6 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 73,6}{3,14 \cdot 140} = 167 \text{ хв}^{-1},$$

де V – швидкість різання: $V=73,6$ м/хв.;

D – діаметр фрези: $D=140$ мм.

По паспорту коректуємо $n_k=175$ хв⁻¹.

6. Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 175}{1000} = 78,85 \text{ м/хв.}$$

7. Уточнюємо розрахункову хвилинну подачу S_m по паспорту верстату:

$$S_m=S_z \cdot Z \cdot n_k=0,1 \cdot 22 \cdot 175=374 \text{ мм/об.}$$

По паспорту $S_m=345$ мм/об.

8. Сила різання:

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

Коефіцієнт $C_p=218$; показники степенів: $x=0,92$; $y=0,78$; $u=1,0$; $q=1,15$; $w=0$,
табл. 41, стор. 291 [2].

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n$;
 $n=0,3$; $\sigma_6=800$ мПа, табл. 9, стор. 264 [2].

$$K_{mp} = \left(\frac{800}{750} \right)^{0,3} = 1,02;$$

B – ширина фрезерування: $B=25$ мм.

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 2^{0,92} \cdot 0,1^{0,78} \cdot 25^{1,0} \cdot 22}{140^{1,15} \cdot 315^0} = 1281 \text{ Н.}$$

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1281 \cdot 140}{2 \cdot 100} = 896,7 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

10. Розрахунок основного часу t_o :

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_m} \text{ хв.,}$$

де $L_{p.x}$ – довжина робочого ходу стола $L_{p.x}=198$ мм;

S_m – хвилинна подача, $S_m=345$ мм/об.

$$L_{p.x}=L_{різ.}+y+L_{дон.},$$

де $L_{різ.}$ – шлях різання, $L_{різ.}=85$ мм.

$$y=y_{нідв.}+y_{вріз.}+y_{пер.},$$

$$y_{нідв.}=1 \text{ мм [6]}; y_{вріз.}+y_{пер.}=22 \text{ мм [6]};$$

$$y=1+22=23 \text{ мм};$$

$L_{дон.}$ – додатковий шлях на обробку, $L_{дон.}=90$ мм.

$$L_{p.x}=85+23+90=198 \text{ мм.}$$

$y_{нідв.}$ – величина підводу інструменту;

$y_{вріз.}$, $y_{пер.}$ – величини врізання і перебігу фрези.

Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{61200} = \frac{1281 \cdot 78,85}{61200} = 6,02 \text{ кВт.}$$

$$N_{різ.} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{6,02}{0,8} = 4,8 \text{ кВт.}$$

Потужність різання:

$$N=1,2 \cdot N_{дв.} \cdot \eta,$$

де $N_{дв.}=7$ кВт – потужність електродвигуна верстату;

$\eta=0,8$ – коефіцієнт корисної дії верстату;

$$N=1,2 \cdot 7 \cdot 0,8=6,72 \text{ кВт.}$$

$N_{різ.}=4,8$ кВт. Значить для виконання заданої операції забезпечується процес різання.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 010 Фрезерна

Пристрій фрезерний.

Верстат: вертикально-фрезерний моделі 6P12.

Перехід 1: Фрезерувати радіусну спинку (R54-0,46).

Різальний інструмент: торцева фрези з вставленими ножами з твердого сплаву Т5К10. 2219-7010 ISO 2018-1:2016.

$D_{фр.}=140$ мм, $Z=8$, $\varphi=60^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $\gamma=5^\circ$, $\lambda=+5^\circ$, $T=180$ хв. [5].

Емпірично-табличний метод.

1. Встановлюємо глибину різання.

Припуск знімаємо за 1 прохід: $t=R_{заг}-R_{дет.}=56,5-54=2,5$ мм.

Ширина фрезерування $B=34$ мм.

2. Подача на зуб фрези:

$S_z=0,18$ мм/зуб; [2] т. II, стор. 283, табл. 33.

3. Подача на оберт:

$S_o=S_z \cdot Z=0,18 \cdot 8=1,44$ мм/об.,

де Z – число зубів, $Z=8$ шт.

4. Швидкість різання:

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

Коефіцієнт $C_v=108$ при торцевій фрезі з Т5К10 при обробці сталі 14ХН3МА.

Показники степенів: $q=0,2$; $x=0,06$; $y=0,3$; $u=0,2$; $p=0$; $m=3,2$. [2] стор.287, табл. 39.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховує фактичні умови різання:

$$K_v=K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу по табл. 1, стор. 261 [2];

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{mv},$$

де K_r – коефіцієнт характеризує групу сталі по оброблюваності: $K_r=0,8$; $mv=1,0$ табл. 2, стор. 262 [2];

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_6=800$ МПа – для сталі 14ХНЗМА;

$$K_{mv} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{800}\right)^{1,0} = 0,75.$$

Коефіцієнт K_{nv} – враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання: $K_{nv}=0,8$ табл. 5, стор. 263 [2].

Коефіцієнт K_{uv} – враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання: $K_{uv}=1,4$ табл. 6, стор. 263 [2].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,75 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,84;$$

$$V = \frac{108 \cdot 140^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2,5^{0,06} \cdot 0,18^{0,3} \cdot 34^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,84 = 36,2 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_p} = \frac{1000 \cdot 36,2}{3,14 \cdot 140} = 82,35 \text{ хв}^{-1}.$$

По паспорту коректуємо $n_k=100$ об/хв. = 100 хв^{-1} .

6. Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_{kp}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 100}{1000} = 43,96 \text{ м/хв} = 43,96 \text{ хв}^{-1}.$$

7. Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \text{ Н.}$$

Коефіцієнт $C_p=218$; показники степенів: $x=0,92$; $y=0,78$; $u=1,0$; $q=1,15$; $w=0$, табл. 41, стор. 291 [2].

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n$; $n=0,3$, табл. 9, стор. 264 [2].

$$K_{mp} = \left(\frac{800}{750}\right)^{0,3} = 1,02;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 2,5^{0,92} \cdot 0,18^{0,78} \cdot 34^{1,0} \cdot 8}{140^{1,15} \cdot 100^0} \cdot 1,02 = 1255 \text{ Н.}$$

8. Крутний момент на шпинделі:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1255 \cdot 140}{2 \cdot 100} = 878,5 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

9. Потужність різання:

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1255 \cdot 49,96}{1020 \cdot 60} = 2,02 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстату:

$$N_{\text{мш.}} = N_{\text{дв.}} \cdot \eta = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ кВт.}$$

де $N_{\text{дв.}} = 5$ кВт – потужність електродвигуна верстату;

$\eta = 0,75$ – коефіцієнт корисної дії верстатного приводу.

Отже, $N_e < N_{\text{мш.}}$. Значить обробка можлива.

Основний час (машинний):

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_o \cdot n} \text{ хв.}$$

де l – шлях різання: $l = 40$ мм;

$l_1 + l_2$ – сумарна величина врізання і перебігу фрези: $l_1 + l_2 = 25$ мм [5];

n – частота обертання шпинделя: $n = 100$ об/хв. = 100 хв^{-1}

S_o – подача на оберт фрези: $S_o = 1,44$ мм/об.

$$T_o = \frac{40 + 25}{1,44 \cdot 100} = 0,45 \text{ хв.}$$

Операція 015 Свердлильна

Пристрій свердлильний.

Верстат: вертикально-свердлильний моделі 2Н125.

Різальний інструмент: свердло спіральне ДСТУ 10903-77 2301-3384 Ø9 мм;
 $2\varphi = 120^\circ$, $L = 133$ мм; $l_o = 52$ мм; $T = 25$ хв.; $\alpha = 12^\circ$, $\psi = 5^\circ$, $a = 1$ мм; $l = 2$ мм, $w = 32^\circ$;
 матеріал – Р6М5.

Перехід 1. Свердлити замковий отвір Ø9 мм: на глибину 31 мм.

1. Глибина різання $t = D/2 = 9/2 = 4,5$ мм,

де $D = 9$ мм – діаметр свердла.

2. Подача на оберт шпинделя S_o мм/об.

$S_o = 0,2$ мм/об. [6] стор. 11, карта с-2.

3. Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [2] стор. 276.}$$

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт $C_v=3,5$; показники степенів: $q=0,5$; $y=0,45$; $m=0,12$. [2] стор.276, табл. 30.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv},$$

де K_{mv} - коефіцієнт враховує якість оброблюваного матеріалу по табл. 1-2 [2], стор. 261-262.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv} \cdot K_r,$$

де $nv=0,9$; $K_r=0,7$ – коефіцієнт характеризує групу сталі по оброблюваності табл. 2, стор. 262 [2];

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{269} \right)^{0,9} \cdot 0,7 = 0,51.$$

K_{nv} – коефіцієнт враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання: $K_{nv}=0,3$ табл. 6, стор. 263 [2].

K_{lv} – коефіцієнт враховує вплив глибини свердління на швидкість різання: $K_{lv}=0,85$ табл. 31, стор. 280 [2].

$$K_v = 0,51 \cdot 0,3 \cdot 0,85 = 0,13;$$

$$V = \frac{3,5 \cdot 9^{0,5}}{25^{0,12} \cdot 0,25^{0,45}} = 15,42 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,42}{3,14 \cdot 9} = 545,6 \text{ об/хв.} = 545,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Коректуємо частоту $n_k=510$ об/хв. = 510 хв^{-1} .

5. Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 510}{1000} = 14,41 \text{ м/хв.}$$

6. Осьова сила (Н):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н.}$$

Коефіцієнт $C_p=143$; показники степенів: $q=1,15$; $y=0,7$, [2] стор. 281, табл. 32.

$$\text{Загальний поправочний коефіцієнт: } K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n;$$

де $n=0,75$ – показник степеня [2] стор. 264, табл. 9,.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$K_p = \left(\frac{800}{750}\right)^{0,75} = 1,2;$$

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,20^{0,70} \cdot 1,2 = 4092,8 \text{ Н.}$$

7. Крутний момент Н·м:

$$M_{ко} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ Н·мм, [2] стор. 277;}$$

де коефіцієнт $C_m=0,041$; показники степенів: $q=2$; $y=0,7$, [2] стор. 281, табл. 32.

Загальний поправочний коефіцієнт: $K_p = \left(\frac{\sigma_e}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{800}{750}\right)^{0,75} = 1,2$ [2] табл. 9, стор. 264.

$K_p=1,2$ – враховує фактичні умови роботи.

$$M_{ко} = 10 \cdot 0,041 \cdot 9^2 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,2 = 24 \text{ Н·мм.}$$

8. Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \text{ кВт,}$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, $M_{кр}=24 \text{ Н·м}$;

n – частота обертання шпинделя, $n=510 \text{ об/хв.} = 510 \text{ хв}^{-1}$.

$$N_e = \frac{24 \cdot 510}{9750} = 1,25 \text{ кВт.}$$

$N_{дв.}=2,2 \text{ кВт}$ – потужність двигуна верстату;

$\eta=0,8$ – коефіцієнт корисної дії приводу.

$$1,25 < 1,2, N_{дв.} \cdot \eta = 1,2 \cdot 2,2 \cdot 0,8 = 2,11 \text{ кВт.}$$

Отже, обробка можлива.

Основний час на перехід:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{n \cdot S_o} \text{ хв.,}$$

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

$$L_{p.x} = L_{різ.} + u + L_{дон.},$$

де $L_{різ.}=31 \text{ мм}$ – глибина свердління;

u – величина підводу, врізання і перебігу інструменту;

$u=4 \text{ мм}$; [4] стор. 303;

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L_{дон.}$ – допоміжна довжина ходу, викликана в окремих випадках особливостями насадки і конфігурації деталі:

$$L_{дон.}=0 \text{ мм.}$$

$$L_{p.x}=31+4+0=35 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{35}{510 \cdot 0,2} = 0,35 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Свердлити послідовно два штифтові отвори:

Ø9 мм на глибину 6 мм.

Таблиця 1.4.4 – Режими різання

$L_{p.x}$, мм	T , хв.	S_o , мм/об.	V , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_d , м/хв.	P_o , Н	$M_{кр}$, Н·м	N_p , кВт	$N_{ум}$, кВт	t_m , хв.
10	25	0,28	11,4	403,4	355	10,03	5677,3	16,3	0,98	2,1	0,2

Машинний час на операцію 015 $t_m=t_{m1}+t_{m2}=0,35+0,2=0,55$ хв.

Операція 020. Слюсарна.

Верстат: настільно-свердильний верстат моделі НС-12А.

Різальний інструмент: свердло Ø5 2300-0034 ГОСТ 886-77.

Спіральне свердло з циліндричним хвостиком довгої серії.

Матеріал різальної частини, свердла – Р6М5: $2\psi=127^\circ$, $\psi=55^\circ$, $\alpha=14^\circ$, $w=32^\circ$;

$T=60$ хв. .

Перехід 3. Свердлити отвір під штифт Ø5 мм на глибину 10 мм.

Таблиця 1.4.5 – Режими різання

$L_{p.x}$, мм	T , хв.	S_o , мм/об.	V_m , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_d , м/хв.	P_o , Н	$N_{різ}$, кВт	$N_{ум}$, кВт	t_m , хв.
12	60	0,1	13,3	847	710	11,15	1485	0,2	1,4	0,17

Операція 025. Токарно-револьверна з ЧПК.

Пристрій: токарний.

Верстат: токарно-револьверний моделі ІГ426Ф3 з системою ЧПК 2Р22.

Перехід 2. Точіння по контуру цапфи (чорнове, чистове точіння по програмі).

Різальний інструмент: різець токарний для контурного точіння з механічним кріпленням твердосплавних пластин.

T5K10: 2103-0711 ГОСТ 20872-80.

$T=20$ хв., 25×25 , $\varphi=93^\circ$, $\varphi_l=27^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $\gamma=15^\circ$ [7] стор. 347, табл. 9.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 1.4.6 – Режими різання

При чорновому точінні	t , мм	S_o , мм/об.	V_m , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_d , м/хв.	P_z , Н	N_p , кВт	$L_{p.x}$, мм	T_o , хв.	$N_{ум}$, кВт
Поверхня 3: Ø43,8 до Ø38,5 мм	2,65	0,7	55,125	400,8	400	55	357	3,4	36	0,13	7,2
Поверхня 2: Ø41,0 до Ø36,6 мм	2,2	0,6	73,5	571	530	68	720	2,9	24	0,08	7,2
Поверхня 1: Ø34,6 до Ø22,6 мм	3,025x2	0,5	66,15	609	640	70	612	4,1	68	0,22	7,2

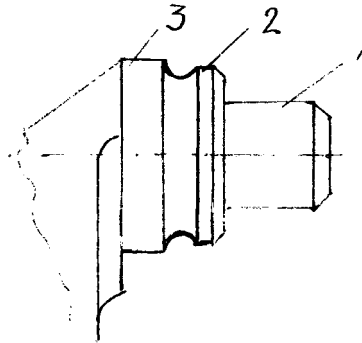


Рисунок 1.4.2 – Поверхні цапфи лапи

Таблиця 1.4.7 – Режими різання

При чистовому точінні	t , мм	S_o , мм/об.	V_m , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_d , м/хв.	P_z , Н	N_p , кВт	$L_{p.x}$, мм	$N_{кр}$, кВт	T_o , хв.
Поверхня 3: Ø38,5 до Ø36,5 мм	1,0	0,31	99,23	821	800	97	68	2,4	30	7,2	0,12
Поверхня 2: Ø36,6 до Ø34,6 мм	1,0	0,2	110,25	959,3	1000	115	51	1,7	20	7,2	0,1
Поверхня 1: Ø22,6 до Ø20,5 мм	1,0	0,15	117,6	1664,5	1800	127	42,5	2,0	22	7,2	0,08

Основний час на перехід 2: $T_o=0,13+0,08+0,22+0,12+0,1+0,08=0,73$ хв.

Перехід 3. Точіння роликів доріжки.

З Ø20,5 до Ø16,1 мм.

Різальний інструмент: Чистовий широкий різець Т5К10.

2138-8025 ГОСТ 6743-61: 16x16, $\varphi_0=5^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=25^\circ$, $f=0,5$, $\lambda=0^\circ$, $B=10$ мм,

$T=60$ хв..

Таблиця 1.4.8 – Режими різання

t , мм	S_o , мм/об.	V_m , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_d , м/хв.	P_z , Н	P_y , Н	N_p , кВт	$L_{p.x}$, мм	T_o , хв.
10,0	0,08	80,85	1256	1200	77	280,5	140,25	1,2	11,21	0,12

Перехід 4. Точіння двох канавок для роликів доріжки під вихід шліф-круга.

З Ø16,1 до Ø15,6 мм.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Різальний інструмент: Різець карнавочний Т5К10.

2137-8065 ГОСТ 6743-61: 16x10, $T=60$ хв., $\varphi_0=3^\circ$, $\alpha=8^\circ$, $\gamma=12^\circ$, $r=0,3$, $\lambda=0^\circ$,
 $B=1,3$ мм,.

Таблиця 1.4.9 – Режими різання

t , мм	S_o , мм/об.	V_m , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_o , м/хв.	P_z , Н	P_y , Н	N_p , кВт	$L_{p.x}$, мм	T_o , хв.
1,3	0,06	32,34	640,5	640	32	42,5	21,25	1,0	14,68	0,38

Перехід 5. Калібрування кулькової доріжки R4 мм.

3 Ø30,6 до Ø28,6 мм.

Різальний інструмент: Різець калібрувальний фасонний R4 мм.

Матеріал різальної частини твердий сплав Т5К10.

2203-7405 ГОСТ 18882-73: 20x20, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $R=4$ мм, $B=8$ мм, $\lambda=0^\circ$,
 $T=60$ хв..

Таблиця 1.4.10 – Режими різання

t , мм	S_o , мм/об.	V_m , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	V_o , м/хв.	P_z , Н	P_y , Н	N_p , кВт	$L_{p.x}$, мм	T_o , хв.
8,0	0,15	47,6	495,4	530	51,0	340	170	1,0	5,0	0,06

Основний час на токарно-револьверну операцію 025:

$$T_o = T_{опер.2} + T_{опер.3} + T_{опер.4} + T_{опер.5} = 0,73 + 0,12 + 0,38 + 0,06 = 1,29 \text{ хв.}$$

Операція 030. Фрезерна.

Пристрій фрезерний.

Верстат: горизонтально-фрезерний моделі 6Т804Г.

Різальний інструмент: дві торцеві фрези 2281-7003 ГОСТ 9304-69 Ø80 мм,
 $Z=20$ шт. права і ліва. Матеріал різальної частини: швидкорізальна сталь Р6М5.

$\varphi=75^\circ$, $\alpha=14^\circ$, $\gamma=15^\circ$, $\varphi_1=3^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $T=180$ хв., [5] стор. 290.

Ширина фрезерування $B=22$ мм. Фрезерувати дві фаски одночасно.

Таблиця 1.4.11 – Режими різання

t , мм	S_z , мм/зуб.	S , мм/об.	V , м/хв.	n , хв ⁻¹	n_k , хв ⁻¹	P_z , Н	$L_{p.x}$, мм	N_p , кВт	$N_{ун}$, кВт	T_o , хв.
5,0	0,05	1,0	37,44	¹⁴⁹	158	2640	150,0	1,7	2,59	0,95

Операція 045. Шліфувальна.

Пристрій шліфувальний.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Верстат: шліфувальний моделі ХШ-1-02.

Перехід 1: Шліфувати бігові доріжки цапфи лапи:

Роликова доріжка з $\text{Ø}16,1_{-0,06}$ до $\text{Ø}16,08_{-0,04}$.

Кулькова доріжка з $\text{Ø}28,6_{-0,07}$ до $\text{Ø}28,58_{-0,05}$.

Обробка проходить за 1 перехід набором, блоком з двох шліф-кругів:

- для роликової доріжки шліф-круг: ПП 150x10x32 15A12СТВ ГОСТ 2404-83;

- для кулькової доріжки шліф-круг: Л1ФП 150x8x32 15A12СТВ ГОСТ 2404-

83.

Таблиця 1.4.11 – Режими різання

Припуск на обробку, мм	Швидкість круга блоку, м/с	Швидкість деталі, м/хв.	Подача радіальна S , мм/об.	Ефективна потужність N , кВт	Машинний час t_m , мм	Потужність двигуна $N_{дв}$, кВт
При обробці обох поверхонь одночасно: 0,01	35	20	0,0025	$N_1=0,96$ $N_2=0,88$	1,0	1,5

Операція 015 Вертикально-свердлильна.

Виконується на верстаті вертикально-свердлильному моделі 2Н125.

Свердлиться замковий отвір $\text{Ø}9^{+0,22}$ на глибину $31^{+0,4}$ мм.

Деталь встановлюється в свердлильному пристрої з ручним затиском. Процес свердління проходить через кондукторну втулку.

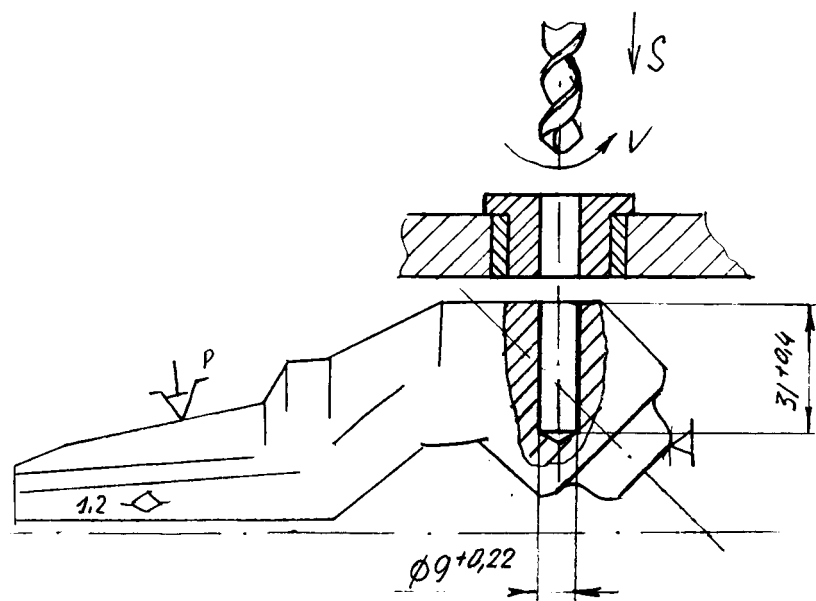


Рисунок 1.4.3 – Схема свердління замкового отвору

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.3 Розробка структури операції, технологій налагоджень та керуючих програм

Токарна обробка цапфи лапи проходить на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1Г426ФЗ. Система ЧПК – 2P22.

Перший етап обробки цапфи полягає у чорновій і чистовій обробці, обточці по контуру цапфи. В системі L09_A_P_ - 2P22 передбачений для цього спеціальний цикл кодування інформації: цикл багатопрохідної обробки поковок з автоматичним розподілом (розрахунком) на проходи.

A_ - припуск під чистову обробку – приймається A=1 мм.

P_ - максимальна глибина різання за 1 прохід. Після задання цього циклу задається в програмі опис контуру цапфи. Після чорнкової обробки використовується цикл L10B_ - цикл чистової обробки по контуру з заданого кадра B_.

Для полегшення обробки торця цапфи використовується цикл L05X_ - цикл обробки по торцю з автоматичним відскоком і повернення на швидкому ходу в початкову точку. X_ - кінцевий діаметр підрізального торця.

Для виконання радіусного спряження R4 мм використовується команда G05 – для спряження елементів контура коли в кінці кадра не викликається гальмування.

Для процесу прорізки канавок роликової доріжки використовується цикл L02 – прорізка канавок з автоматичним розподілом на проходи L02Д_X_A_P_.

Д_ - витримка часу (в сек.); X_ - внутрішній діаметр канавки; A_ - ширина канавки; P_ - ширина різця.

Перед початком кожного етапу обробки в програмі задається число обертів шпинделя S4_ -; 4 – четвертий діапазон; “-” – обертання за годинниковою стрілкою; подача F_ ; і номер різця T_ в револьверній головці.

На початку програми ставиться команда M08 – включення MOP, а в кінці програми M09 – виключення подачі MOP. Команда M02 – кінець програми.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

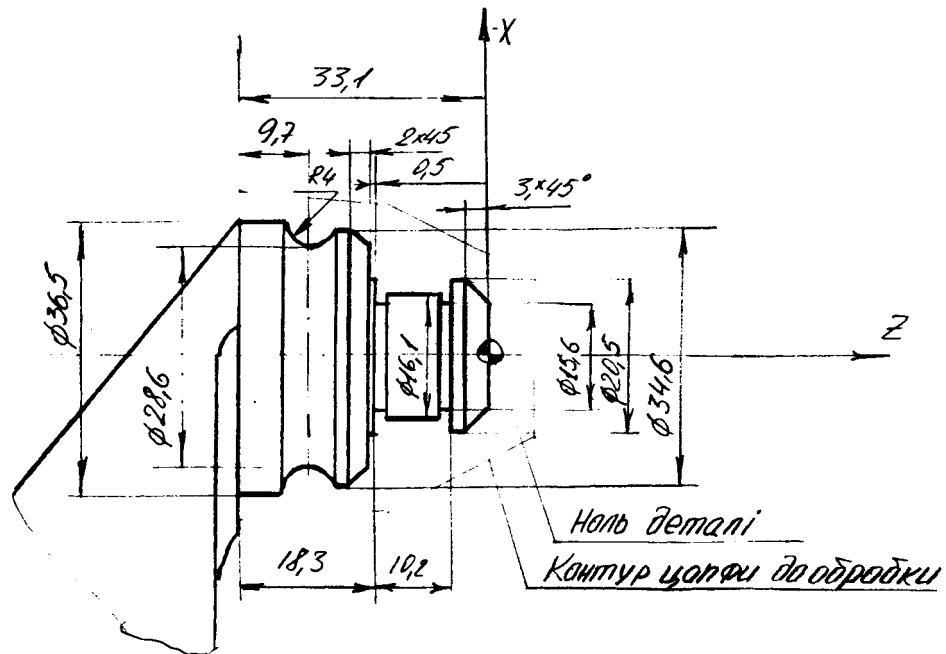


Рисунок 1.4.4 – Цапфа лати

Програма

N001	S3-400 F0,7 T1*	- Різець для контурного точіння
N002	X35 Z0E M08*	
N003	L05 X-2*	- Цикл підрізки торця
N004	X37*	
N005	L09 A1 P2,5*	- Цикл чорнового/контурного точіння
N006	X14,5*	
N007	Z-3 C3*	
N008	Z-15,3*	
N009	X34,6 C2*	
N010	Z-18,3*	- Опис контуру цапфи
N011	U-3 W-3 R-3 G05*	
N012	U-3 W-3 R-3*	
N013	X 36,5*	
N014	Z-33,1 M17*	
N015	U2 W2 E*	
N016	S4-800 F0,31 T1*	- Різець чистовий для контурного точіння
N017	L10 B006*	- Цикл чистової обробки по контуру
N018	Z0E*	
N019	S4-1200 F0,08 T3*	- Канавковий різець
N020	X21 Z-14,8*	
N021	L02 Д3 X16,1 A10 P10*	- Цикл прорізки роликової доріжки
N022	X25*	
N023	Z0E*	
N024	S3-640 F0,06 T4*	- Канавковий різець
N025	X22 Z-14,8*	
N026	L02 Д2 X15,6 A1,3 P1,3*	- Цикли прорізки канавок роликової доріжки
N027	X22*	
N028	Z-5,9*	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ

Арк.

N029	L02 D2 X15,6 A1,3 P1,3*	
N030	X22*	
N031	Z0E*	
N032	S3-530 F0,15 T5*	- Калібровочний, фасонний різець
N033	X37 Z-23,4*	
N034	L02 D3 X28,6 A4 P4*	- Цикл калібровки кулькової доріжки
N035	X36,5*	
N036	Z0E*	- Повернення супорта у вихідну точку
N037	M09*	- Виключення подачі MOP
N038	M02*	- Кінець програми

1.4.4 Аналіз точності обробки

Обробляється циліндрична поверхня деталі з $\varnothing 20,5_{-0,33}$ мм до $\varnothing 16,1_{-0,06}$ мм на токарно-револьверному верстаті моделі 1Г426Ф3. Матеріал деталі сталь легована марки 14ХНЗМА $\sigma_B=70$ кгс/мм²; $\sigma_B=880$ МПа. Деталь закріплюється в спеціальному патроні. Різальний інструмент – чистовий широкий карнабочний різець оснащений пластинкою з твердого сплаву Т5К10 з геометрією ріжучої частини: $\varphi_0=5^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=25^\circ$, $f=0,5$, $\lambda=0^\circ$, $B=10$ мм, $T=60$ хв. Обробка проходить на заздалегідь настроєному верстаті і по програмі.

Основними похибками, що виникають при обточуванні циліндричної поверхні і впливають на точність її радіуса - замикаючої лапки технологічного розмірного ланцюга є:

$\Delta\epsilon$ – похибка форми від геометричної неточності верстата в радіальному напрямку.

$\Delta'\epsilon$ – зумовлена радіальним биттям шпинделя і в осьовому напрямку $\Delta''\epsilon$ зумовлена підхиленням паралельності вісі шпинделя напрямним станини в горизонтальному напрямку. Це похибка постійна.

$\Delta\eta$ – похибка настроювання системи ВПД на отримання заданого розміру.

$\Delta\upsilon$ – похибка від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною глибини різання від t_{max} до t_{min} і зміною механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Оскільки деталь жорстка і відносно невеликої довжини, то зміною податливості системи по довжині обробки нехтуємо.

$\Delta\upsilon$ – випадкова похибка

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Δi – похибка від розмірного спрацювання різця – береться із знаком “+”, систематична, закономірно-змінна.

Δm – похибка від теплової деформації різця – береться із знаком “-”, систематична, закономірно-змінна.

Похибки форми в осьовому напрямку від розмірного спрацювання і теплової деформації нехтуємо, але не повністю (розміри оброблюваної поверхні відносно невеликі, і ці похибки частково компенсуються).

Таблиця 1.4.12 – Розрахунок похибок обробки

Формули та розрахунок похибок (на радіус)	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta' \epsilon_R = a = 0,010 \text{ мм};$ $\Delta'' \epsilon_R = C \cdot \frac{l}{L} = 0,015 \cdot \frac{2,21}{300} = 0,0001 \text{ мм};$ $\Delta \epsilon = \Delta' \epsilon_R + \Delta'' \epsilon_R = 0,010 + 0,0001 = 0,0101 \text{ мм};$ $\Delta \sigma = \Delta' \epsilon_R + \Delta'' \epsilon_R = 0,004 \text{ мм};$ $\Delta H_R = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{вим}}}{2}\right)^2 + \Delta \rho^2} =$ $= \sqrt{\left(\frac{0,007}{2}\right)^2 + 0,005^2} = 0,005 \text{ мм}$	a – радіальне биття шпинделя, мм; C – відхилення від паралельної осі шпинделя і напрямних станини в горизонтальній площині на довжині L , мм; l – довжина обробки, мм; $\Delta_{\text{вим}}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta \rho$ – похибка регулювання положення різця.	$a=0,010 \text{ мм},$ $C=0,015 \text{ мм},$ $L=300 \text{ мм},$ [11] с. 232, табл. 9; $l=2,21 \text{ мм}$ – операційний ескіз; $\Delta_{\text{вим}}=0,007 \text{ мм}$ – мікрометр МК-50-75 [12] табл. 9, стор.308; $\Delta \rho=0,005 \text{ мм}$ регулювання здійснюється по мібу з ціною поділки 0,01 мм [11], стор. 67, табл. 38.
$\Delta y_R = 1,1 C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_p \times$ $\times \left(t_{\max}^{X_{py}} - t_{\min}^{X_{py}}\right) \cdot w = 1,1 \cdot 173 \cdot 0,08^{0,67} \cdot 77^0 \times$ $\times 0,728 \cdot (10,1^{0,73} - 9,93^{0,73}) \cdot 0,587 = 0,027 \text{ мм}$	t_{\max}, t_{\min}, S, V – режими різання; K_p – поправочний коефіцієнт; $C_{py}, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ – коефіцієнт і показники для визначення нормальної складової сили різання; w – податливість системи ВПД, мкм/кг.	$t_{\max}=10,1 \text{ мм}; t_{\min}=9,93 \text{ мм}; S=0,08 \text{ мм/об}; V=77 \text{ м/хв.}$ – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки; $C_p=173$; $Y_{py}=0,67; n=0; X_{py}=0,73,$ $K_p = \left(\frac{70}{75}\right)^{1,35} = 0,08 = 0,728,$ [6] табл. 3, с.222. $w=0,587 \text{ мкм/кг}$ – податливість верстата (передня бабка - супорт) [6] табл. 5, с.225. Податливість деталі можна нехтувати [6] табл. 7, с.227.

Продовження таблиці 1.4.12

1	2	3
$\Delta_{м.н. R} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_H^2 + \Delta_y^2} + \Delta \epsilon = 1,2 \times$ $\times \sqrt{0,005^2 + 0,027^2} + 0,0101 = 0,0165 \text{ мм}$ $\Delta_{м.н.} = 2 \cdot \Delta_{м.н. R} = 2 \cdot 0,0165 = 0,033 \text{ мм}$	$\Delta_{м.н.}$ – похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки настроювання з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні	
$\Delta i = U_o \cdot \left(1 + \frac{V \cdot \tau}{1000}\right) = 5 \cdot \left(1 + \frac{77 \cdot \tau}{1000}\right) =$ $= 5 \cdot (1 + 0,77 \cdot \tau)$	τ – час обробки, хв.; U_o – відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ – змінна величина. $U_o = 5$ мкм/км; [11] табл.46, с.75 – різець оснащений пластинною Т5К10.
$\Delta T = C \frac{L_p}{F} \sigma_\epsilon \cdot (t \cdot S)^{3/4} \cdot V^{1/2} \cdot \frac{T_o}{T_o + T_{неp}} \times$ $\times \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) = -4,5 \cdot \frac{20}{256} \cdot 70 \cdot (10 \cdot 0,08)^{0,75} \times$ $\times 77^{0,5} \cdot \frac{0,12}{0,12 + 1,12} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}}\right) = -20 \times$ $\times \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right), \text{ мкм}$	C – константа; L_p і F – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм ² ; σ_ϵ – границя міцності оброблюваного матеріалу, кг/мм ² ; t, S, V – режими різання; $T_o, T_{неp}$ – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв.; τ_m – константа, змінюється в границях 12÷24 хв.	$C=4,5$; $V=77$ м/хв.; $t=10$ мм; $S=0,08$ мм/об.; $L_p=20$ мм; $F=16 \times 16=256$ мм ² ; $\sigma_\epsilon=70$ кг/мм ² ; $T_o=0,12$ хв.; $T_{неp}=1,12$ хв.; $\tau_m=16$ хв.

Таблиця 1.4.13 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

$T, \text{ хв.}$	0	2	4	8	12	16	20	40	60	80
Δi	0	5,7	6,3	8,1	9,6	11,2	12,7	20,4	28,1	35,8
ΔT	0	-7,9	-12,6	-17,3	-19,0	-19,6	-20	-20	-20	-20
$\Delta_{сист} = 2(\Delta T + \Delta i)$	0	-4,4	-12,4	-18,4	-18,8	-16,8	-14,6	0,8	16,2	31,6

З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_T=63$ хв. Оскільки економічна стійкість T_e різця становить 60 хв., тобто $T_e < T_T$, то загальна похибка обробки становить (за діаграмою) $\Delta_{сум.} = 0,058$ мм.

Настроювальний розмір $d_{настр.}$ при симетричному розташуванні поля розсіювання ставить:

$$d_{настр.} = d_{min} + 0,5 \cdot \Delta_{н.м.} + \Delta_{н.м.} + \Delta_{сист. min} + \frac{T - \Delta_{сум.}}{2},$$

де d_{min} – найменше граничне значення розміру $d_{min} = 16,04$ мм;

$\Delta_{сист. min}$ – найменше значення систематичної похибки.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ					

$$\Delta_{\text{сист. min}} = 18,8 \text{ мкм};$$

T – допуск на витриманий розмір, мм.

$$d_{\text{настр.}} = 16,04 + 0,5 \cdot 0,033 + 0,0188 + \frac{0,06 - 0,058}{2} = 16,0763 \approx 16,08 \text{ мм.}$$

Тривалість обробки до вимушеної заміни різця:

$$T_{\text{зм.}} = \frac{T_e \cdot (T_o + T_{\text{пер.}})}{T_o} = \frac{60 \cdot (0,12 + 0,44)}{0,12} = 65 \text{ хв.}$$

Питомий вклад C_j перервних похибок обробки в загальну похибку визначаємо за формулою:

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

де Δ_j – величина j -ї похибки.

Таблиця 1.4.14 – Результати розрахунку C_j .

Позначення похибки Δ_j	Δ_b	Δ_H	Δ_y	$\Delta_{\text{м.н.}}$	Δ_i	Δ_τ	$\Delta_{\text{сист.}}$
Значення похибки Δ_j , мм	0,0202	0,01	0,054	0,033	0,056	0,04	0,034
C_j , %	34,8	17,2	93,1	54,8	96,5	68,9	55,2

По результатам даної таблиці будемо гістограму похибок обробки.

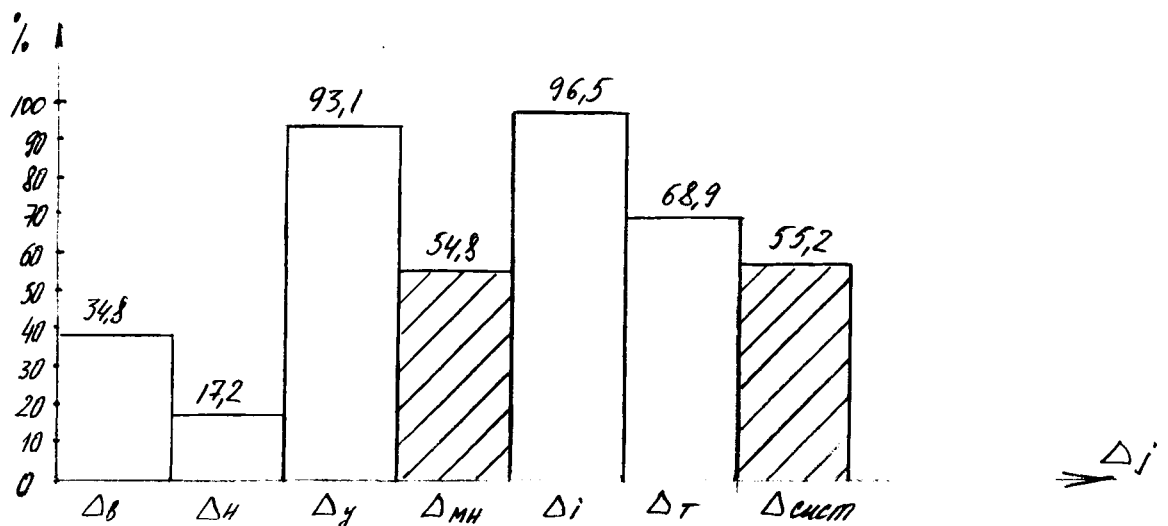


Рисунок 1.4.5 – Гістограма похибок обробки

З гістограми похибок встановлюємо, що домінуючими похибками є похибки від розмірного спрацювання, теплових деформації, від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання. Можливі основні заходи по підвищенню надійності забезпечення точності обробки – використання МОР і підвищення точності регулювання положення інструменту при настроюванні.

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.5 Нормування технологічного процесу

Операція 005 Фрезерна.

Основний машинний час на операцію $T_o=0,63$ хв.

Допоміжний час.

$$T_d = T_{уст.} + T_{зак.} + T_{пер.} + T_{кон.вим.},$$

де $T_{уст.}$ – час на установку і зняття деталі;

$$T_{уст.} = 0,11 \text{ хв. [9]},$$

$T_{пер.}$ – час зв'язаний з переходом;

$$T_{пер.} = 0,46 \text{ хв. [9]},$$

$T_{зак.}$ – час закріплення і відкріплення деталі;

$$T_{зак.} = 0,06 \text{ хв. [9]},$$

$T_{кон.вим.}$ – час на контрольне вимірювання;

$$T_{кон.вим.} = 0,2 \text{ хв. [9]},$$

$$T_d = 0,11 + 0,06 + 0,46 + 0,2 = 0,83 \text{ хв.}$$

Оперативний час.

$$T_{опер.} = T_{осн.} + T_{доп.} = 0,63 + 0,83 = 1,46 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця.

$$T_{обсл.р.м.} = 35\% \text{ від оперативного часу. [9].}$$

$$T_{об.р.м.} = 1,46 \cdot 3,5 / 100 = 0,05 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок.

$$T_{від.} = 4\% T_{опер.} \text{ [9].}$$

$$T_{від.} = 1,46 \cdot 4 / 100 = 0,06 \text{ хв.}$$

Штучний час.

$$T_{шт.} = T_{об.р.м.} + T_{від.} + T_{опер.} = 0,05 + 0,06 + 1,46 = 1,57 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час.

$$T_{н.з.} \text{ на наладку верстату, інструмента, пристрою } T_{н.з.} = 21 \text{ хв. [9].}$$

Штучно-калькуляційний час:

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

де n – партія запуску $n=200$ шт. (дивись пункт 2).

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт.к.} = 1,57 + \frac{21}{200} = 1,67 \text{ хв.}$$

Операція 025 Токарно-револьверна з ЧПК.

Основний час на операцію $T_o=1,29$ хв.

Допоміжний час.

$$T_{доп.} = T_{уст.} + T_{зв.з оп.} + T_{к.в.} + T_{закр.},$$

де $T_{уст.}$ – час на установку і зняття деталі;

$$T_{уст.} = 0,13 \text{ хв. [10], стор. 76, карта 13;}$$

$T_{зв. з оп.}$ – час зв'язаний з операцією [10].

Час встановлення взаємного положення деталі та інструмента по координатах x, y, z . $T_{в.пол.} = 0,32$ хв.

Час на перевірку проходження різця в задану точку після обробки $T_{пров.} = 0,15$ хв.

Час на встановлення і зняття щитка $T_{в.зн.щ.} = 0,03$ хв.

$$T_{зв. з оп.} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

$T_{к.в.}$ – час на контрольні вимірювання: $T_{к.в.}$: шаблон – 0,3 хв., скоба – 0,08 хв. [10];

$$T_{к.в.} = 0,3 + 0,08 = 0,38 \text{ хв.}$$

$T_{закр.}$ – час закріплення і розкріплення деталі;

$$T_{закр.} = 0,06 \text{ хв. [9];}$$

$$T_{доп.} = 0,13 + 0,5 + 0,38 + 0,06 = 1,17 \text{ хв.}$$

Оперативний час.

$$T_{оп.} = T_{осн.} + T_{доп.} = 1,29 + 1,17 = 2,46 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця і на особисті потреби.

$$T_{об.р.м.} = 7\% T_{опер.} [10].$$

$$T_{об.р.м.} = 7 \cdot 2,46 / 100 = 0,16 \text{ хв.}$$

Штучний час.

$$T_{шт.} = T_{опер.} + T_{об.р.м.} = 2,46 + 0,16 = 2,62 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час.

Час на організаційну підготовку включає в себе: час на отримання завдання, інструменту і задача їх – 13 хв. [10], час на ознайомлення з кресленням, документами – 2 хв.; інструктаж майстра – 2 хв. [10].

$$T_{ор.під.} = 13 + 2 + 2 = 17 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час на наладку верстату, пристрою, інструменту, програмних влаштувань включає в себе:

- час на встановлення вихідних режимів – 0,25 хв. [10];
- час на встановлення і зняття інструментального блоку – 4,0 хв.

Час на встановлення програмо носія в щиткове влаштування 1 хв.

Час на введення програми в пам'ять ЧПК з програмо носія – 1,2 хв.

Час на набрання програми кнопками на пульті управління пристрою ЧПК і повірка її – 15, хв.

Час на встановлення вихідних координат x, z – 2,0 хв.

Час на настройку пристрою для подачі МОР – 0,25 хв.

$$T_{нал.вер.} = 0,25 + 4,0 + 1,0 + 1,2 + 15,0 + 2,0 + 0,25 = 24,3 \text{ хв.}$$

$$T_{п.з.} = T_{ор.під.} + T_{нал.в.} = 17 + 24,3 = 41,3 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

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

де n – партія запуску деталей $n=200$ шт.

$$T_{шт.к.} = 2,26 + \frac{41,3}{200} = 2,82 \text{ хв.}$$

Нормування решти операцій приводжу зведення результатів в таблицю.

Таблиця 1.4.15 – Нормування технологічного процесу

№ операції	T_o , хв.	$T_{доп.}$, хв.				$T_{оп.}$, хв.	$T_{об.р.м.}$, хв.		$T_{відп.}$, хв.		$T_{шт.}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	$T_{шт.к.}$, хв.
		$T_{уст.}$	$T_{пер.}$	$T_{к.в.}$	$T_{закр.}$		%	хв.	%	хв.			
010	Вертикально-фрезерна												
	0,45	0,11	0,41	0,31	0,07	1,35	3,5	0,04	4,0	0,05	1,44	16,0	1,52
015	Вертикально-свердлильна												
	0,55	0,11	0,21	0,16	0,25	1,28	3,5	0,04	4,0	0,05	1,37	11,0	1,42
020	Слюсарна. Перехід: свердлити отвір під штифт												
	0,17	0,29	0,14	0,31	0,08	0,99	3,5	0,03	5,0	0,05	1,07	10,0	1,12
030	Горизонтально-фрезерна												
	0,95	0,14	0,37	0,35	0,06	1,89	3,5	0,06	4,0	0,07	2,02	28,0	2,16
045	Шліфувальна												
	0,7	0,11	0,12	0,28	0,06	1,27	2,5	0,03	4,0	0,05	1,35	16,0	1,43

2 Конструкторська частина

2.1 Фрезерний пристрій (005)

2.1.1 Обґрунтування, призначення, будова та робота пристрою

Пристрій призначений для виконання фрезерної операції 005 фрезерування площини двогранного кута лапи долота. З точки зору техніки безпеки пристрій повинен забезпечувати надійне утримання деталі під час виконання операції.

Пристрій складається з корпусу 1, на якому розміщено механізм затиску деталі, орієнтації заготовки в просторі і привід. В свою чергу механізм затиску складається з повзуна 3, важеля 6, штоку 11, штовхача 8. До деталей орієнтації відноситься: призма 2, опора 4, притискні планки 18 і 19, регулювальний гвинт 17. Механізм затиску - це пневмоциліндр, вмонтований в корпус 1 і який складається з гільзи 14, поршня 13, штоку 11 і втулки 12. Сам корпус є зварний – плита приварена до рами.

Пристрій працює наступним чином. Заготовка встановлюється на площини призми 2, таким чином щоб цапфа була зорієнтована в прорізі планки. Хвостовий лапи впираються на опору 4. Після цього переключення золотника стиснуте повітря подається в ліву порожнину пневмоциліндра, в результаті чого поршень 13 переміщається в гільзі 14. Переміщення штоку 11 разом із штовхачем 8, приводить в рух підсилювач (важіль 6 закріплений на вісі 39). Робоча головка важеля 6, яка входить в зачеплення з повзуном 3 переміщає його затискуючи заготовку. Після виконання технологічного процесу фрезерування двогранного кута заготовка звільняється. Розкріплення деталі відбувається у зворотній послідовності до закріплення. Фрезерування двогранного кута проводиться двома кутовими фрезами, налаштованими в розмір. При цьому витримується кут між площинами двогранного кута і віддаль до спинки лапи.

					МП.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

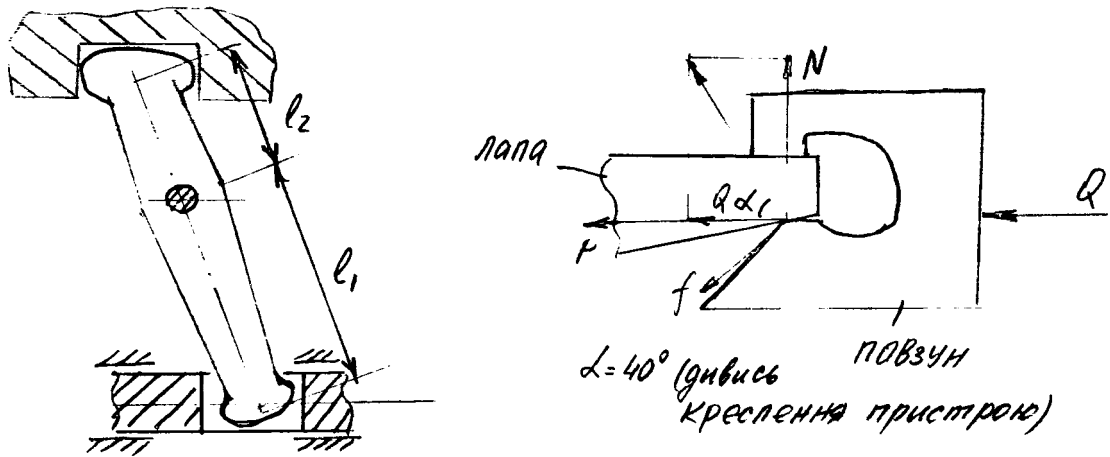


Рисунок 2.2 – Схема дії сил на лапу

Умова рівноваги деталі:

$$\Sigma P=0; T-Q+2P=0,$$

де T – сила тертя, яка виникає на поверхнях опор;

$$T=N \cdot f,$$

де f – коефіцієнт тертя, $f=0,1$;

N – складова частина сил притиску:

$$N=f \cdot Q \cdot \cos^2 \alpha.$$

$$\text{Звідки: } Q = \frac{2 \cdot P}{-f \cdot \cos^2 \alpha + 1} = \frac{2 \cdot 1379,6}{1 - (\cos 40^\circ)^2 \cdot 0,1} = 11036,8 \text{ Н.}$$

Передавальне відношення механізму $i = \frac{l_1}{l_2}$,

де $l_1=112$ мм, $l_2=48$ мм – розміри важеля (дивись креслення пристрою):

$$i = \frac{112}{48} = 2,35.$$

Тоді величина вихідної сили на штоці пневмоциліндра:

$$W=Q \cdot 1/i=11036,8 \cdot 1/2,35=4696,5 \text{ Н.}$$

Знаючи силу на штоці пневмоциліндра визначаємо його діаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \text{ мм,}$$

де ρ – тиск стиснутого повітря, що подається в циліндр;

$$\rho=0,4 \text{ МПа;}$$

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра;

$$\eta=0,8.$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4696,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8}} = 136,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо з умовою можливого розширення діапазону обробки лап $D=160$ мм.

Силовий розрахунок слабкої лапки механізму.

Найбільш навантаженою деталлю механізму затиску є важіль. Розрахункова схема важеля показана на рисунку нижче.

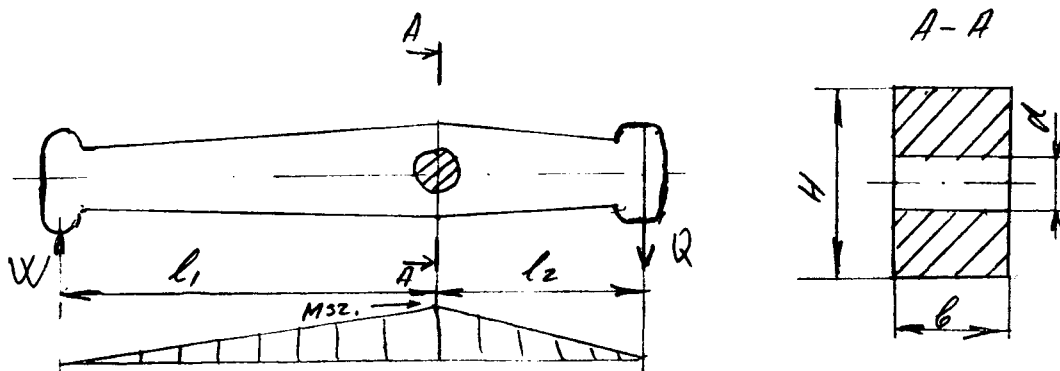


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема навантаження

Найбільший згинаючий момент діє в перерізі А-А і дорівнює:

$$M_{32.} = W \cdot l_1 = 6430,7 \cdot 112 = 720240,6 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

де W' – дійсне значення сили, яку створює пневмоциліндр:

$$W' = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 160^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,8 = 6430,7 \text{ Н.}$$

Найбільше згинаюче напруження в січєнні А-А:

$$\sigma_{32.} = \frac{M_{32.}}{W},$$

де W – момент опору перерізу А-А.

$$W = \frac{b \cdot (H^3 - d^3)}{6 \cdot H} = \frac{20 \cdot (34^3 - 16^3)}{6 \cdot 34} = 3451,8 \text{ мм}^3,$$

де $b=20$ мм; $H=34$ мм; $d=16$ мм – розміри січєння важеля (дивись креслення пристрою).

$$\sigma_{32.} = \frac{720240,6}{3451,8} = 208,6, \text{ МПа} \leq [\sigma]_{32.}$$

Для загартованої сталі 45 граничне значення міцності $[\sigma]_{32.}=220$ МПа.

Розраховуємо січєння важеля на зминання.

Питомий тиск q в шарнірі важіль-вісь:

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$q = \frac{W + Q}{b \cdot d} = \frac{6430,7 + 11036,8}{20 \cdot 16} = 54,6 \text{ МПа} < [g] = 130 \text{ МПа, що менше допустимого}$$

напруження для сталі 45 рівною $[g] = 130 \text{ МПа}$.

2.1.3 Розрахунок на точність фрезерного пристрою

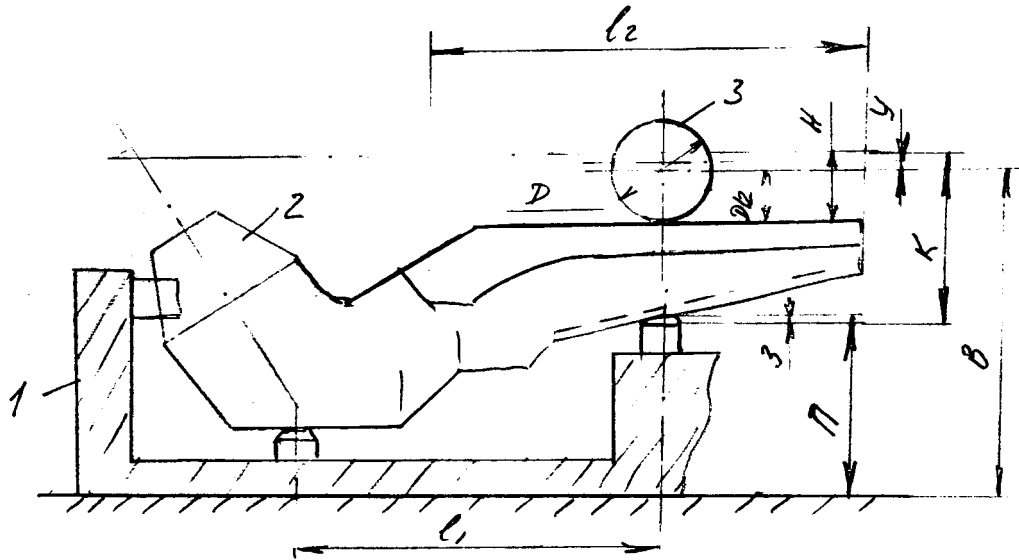


Рисунок 2.4 – Схема точності отримання розміру H .

1 – корпус пристрою; 2 – заготовка; 3 – фреза

При обробці партії заготовок з автоматичним отриманням розміру шляхом попереднього налагодження технологічної системи за допомогою калібрів, розмір H формується як замикаючий ланцюг.

$$H = D/2 - B - H + L + P - Z,$$

де B – віддаль між віссю фрези і столом верстату, залежить від геометричної точності верстату і точності виставлення інструменту;

U – пружні деформації технологічної системи під дією сил різання;

$D/2$ – радіус фрези;

Z – зміщення базової поверхні пристрою до столу, під дією сил закріплення;

P – віддаль від базової поверхні пристрою до столу;

K – висота лапи ($K = 34,3^{+0,064}_{-0,032}$ мм).

Оскільки сума похибок величин B , U , $D/2$, є миттєве поле розсіювання розмірів при обробці, то розрахунок допустимої похибки пристрою ведемо за формулою (стор. 161 [1]):

$$[\varepsilon_{np}] = T - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \Delta_{н.м.}^2 + (0,8 \cdot \omega)^2},$$

де T – допуск на виконуваний розмір $T = 600$ мкм при чорновому фрезеруванні;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-012.00.000 ПЗ				

ε_{δ} – похибка базування заготовки, оскільки технологічна і вимірні бази для розміру не співпадають, то $\varepsilon_{\delta}=T_k/2=540/2=270$ мкм;

де T_k – допуск на розмір від спинки лапи до двогранного кута, $T_k=540$ мкм;

ε_3 – похибка закріплення, основна складова сили закріплення діє в горизонтальній площині і веде до деформації опор, то $\varepsilon_3=0$;

$\varepsilon_{зн.}$ – похибка зносу установочних елементів пристрою, приймаємо допустиме значення зносу установочних елементів $\varepsilon_{зн.}=30$ мкм;

$\Delta_{н.м.}$ – похибка настройки верстату виникає внаслідок неточності верстату, приймаємо $\Delta_{н.м.}=20$ мкм;

ω – значення похибки обробки, виходячи з економічної точності фрезерування, $\omega=140$ мкм (стор. 59, табл. 24 [2]).

$$[\varepsilon_{np.}] = 600 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 270)^2 + 0^2 + 30^2 + 20^2 + (0,8 \cdot 140)^2} = 210,2 \text{ мкм.}$$

Виходячи зі схеми пристрою на виконавчий розмір H вік впливає через паралельність виконавчих поверхонь опори до основи. Тому $[\varepsilon_{np.}]$ приймаємо як допуск паралельності:

$$[e] = [\varepsilon_{np.}] \cdot \frac{l_2}{l_1} = 210,2 \cdot \frac{98}{120} = 172 \text{ мкм.}$$

Поділяємо цю величину – на точність виготовлення пристрою: - паралельність $II=140$ мкм і допустима величина зносу $\varepsilon_{зн.}=30$ мкм.

Визначаємо точність виготовлення еталону (розмір K) залежить від розмірів Z і $У$.

Зменшення розміру заготовки внаслідок контактної деформації пристрою на опорах (стор. 48 [2]).

$$Z = (K_{Rz} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB + 0,4 + 0,012 \cdot F) \cdot \left(\frac{R}{10}\right)^n \cdot \frac{1}{F^m}, \text{ мкм}$$

де K_{Rz} і K_{HB} – коефіцієнти, які враховують шорсткість і твердість базових поверхонь заготовки;

R_z і HB – шорсткість і твердість базових поверхонь заготовки;

F – площа опори, $F=6 \text{ м}^2$;

m, n – показники степенів;

R – сила, яка діє на опору $R=Q=11036,8 \text{ Н}$.

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$z = (0,004 \cdot 80 + 0,0016 \cdot 200 + 0,4 + 0,012 \cdot 6) \cdot \left(\frac{11036,8}{10} \right)^{0,7} \cdot \frac{1}{6^{0,7}} = 42,8, \text{ мкм.}$$

Величина пружної деформації технологічної системи:

$$W = W_T \cdot P_B = 0,0986 \cdot 256,2 = 25,3 \text{ мкм,}$$

де W_T - піддатливість технологічної системи, визначається в основному піддатливістю оправки. При консольному закріпленні фрез:

$$W_T = W_{in.} = 9,3 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{L_o^3}{d_o^4}, \text{ мкм/Н}$$

де L_o і d_o - довжина і діаметр робочої частини оправки;

P_B - зусилля на оправці приймаємо $P_B = P_x = 256,2 \text{ Н.}$

$$W_T = W_{in.} = 9,3 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{647^3}{40^4} = 0,0986, \text{ мкм/Н.}$$

$K = 96 \text{ мкм}$ - висота лапи.

Тоді точність виготовлення еталону:

$$\varepsilon = K - z + W = 96 - 42,8 + 25,3 = 78,5 \text{ мкм.}$$

2.1.4 Розрахунок коефіцієнту уніфікації фрезерного пристрою

Коефіцієнт застосування уніфікованих деталей в пристрої дорівнює:

$$K_{ун.} = \frac{K_{стан.}}{K_{заг.}},$$

де $K_{стан.}$ - кількість стандартних деталей у пристрої, $K_{стан.} = 68 \text{ шт.};$

$K_{заг.}$ - загальна кількість складових частин пристрою, $K_{заг.} = 91 \text{ шт.}$

$$K_{ун.} = \frac{68}{91} = 0,75.$$

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Контрольний пристрій

2.2.1 Обґрунтування призначення, будова та робота контрольного пристрою

Даний контрольний пристрій призначений для контролю радіуса стінки лапи R54 і розміру $54_{-0,46}$ відстань між спинкою лапи і поверхнею, яка проходить по ребрі двостороннього кута лапи.

По конструкції пристрій простий і складається з основи 11, на якій встановлена призма із змінними накладками. Встановлена призма на основі за допомогою штифтів $\varnothing 10f6$ і кріпиться болтами 4, таким чином твірна, яка проходить по ребрі кута призми повинна бути паралельна до основи. Відхилення від паралельності повинна бути в межах $\alpha \pm 3'$ і одночасно перпендикулярна до площини контролю.

На одній із граней призми встановлений зрізаний палець для базування на контрольних деталях по отворі на двогранному куті.

З торця призми розміщена планка з регулюючим опором, який фіксується контргайкою. З боку призми розміщена стійка з повороткою консоллю і призначена для закріплення лапи в пристрої за допомогою гвинтового затиску. На основі також встановлена контрольна стійка в зборі 9 з консоллю, верхня площина якої являється контрольною. В консолі розміщені контрольні пальчики, які в процесі контролю контактують з радіусною спинкою.

Наладка пристрою проводиться наступним чином. В призму на зрізаний палець встановлюється контрольний шаблон і кріпиться за допомогою гвинтового затиску. Відпускається контргайка і регулюючий упор підводиться до торця контршаблону і знову фіксується. Відпустивши два болти проводять наладку на спів падання вісі середнього (центрального) контрольного пальця з віссю призми.

Наладка на контрольні розміри проводиться за допомогою сферичної гайки. Відпустивши гвинт хомути на штанзі повертаням гайки опускаємо консоль до того часу, поки контрольний палець не введуть в контакт з контр шаблоном. При чому центральний контрольний пальчик, торець якого на половину підрізаний в лапках допуску повинен виступати над контрольною площиною консолі. А зрізана частина і бокові контрольні пальчики повинні бути втоплені. Після цього консоль знову фіксуються хомутником.

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою

На точність пристрою впливає правильне взаємне розміщення елементів пристрою. А саме: перпендикулярність площини контролю, яка проходить по всій консолі до основи; паралельність теоретичного ребра двогранного кута до основи; перпендикулярність площини контролю до теоретичного ребра двогранного кута пристрою.

Визначаємо похибку від нахилу ребра двогранного кута призми.

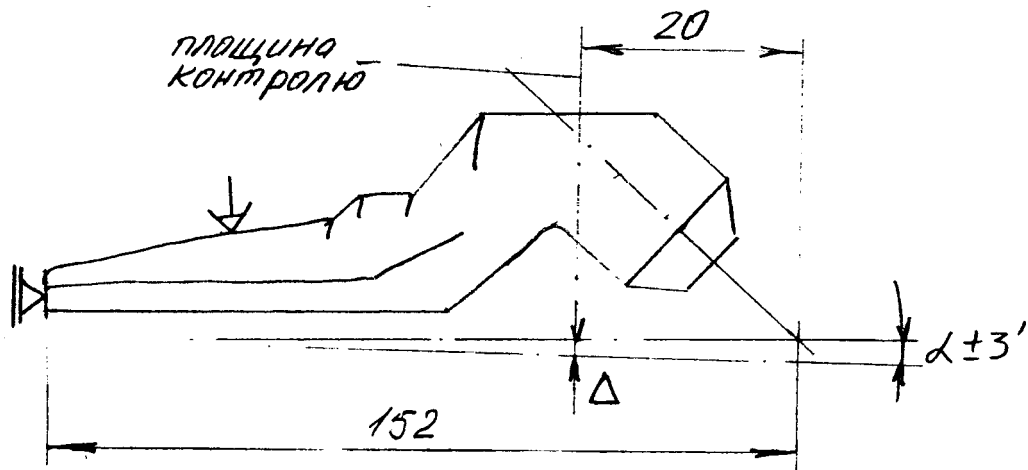


Рисунок 2.5 – Принципова схема пристрою

Похибка в площині контролю ($\alpha=0$)

$$\Delta_1 = 2 \cdot L \cdot \operatorname{tg} 3' = \pm 0,115 \text{ мм};$$

$$\text{де } L = 152 - 20 = 132 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_\phi = 2 \cdot 132 \cdot 0,00087 = 0,23 \text{ мм.}$$

Похибка від повороту двогранного кута відносно теоретичного ребра $\Delta_z = 0$.

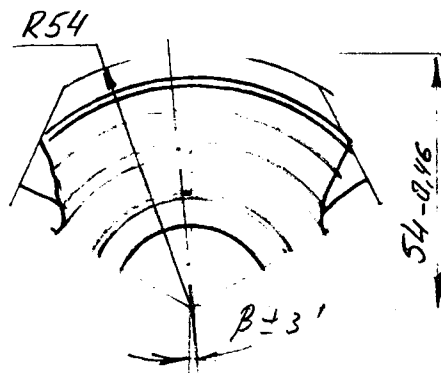


Рисунок 2.6 – Радіусна спинка лапи

При $\beta=0^\circ$ похибка відносного повороту в межах $\pm 3'$ на контрольні параметри не впливає, так як менше контролю (відстань між крайніми контрольними пальчиками) знаходиться в межах радіусного сектора і величина радіусу незмінна.

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

3 Імітаційне моделювання роботи притискної ланки пристрою

Сучасні вимоги до проектування машин і механізмів передбачають не лише створення геометричної моделі виробу, а й обов'язкову перевірку його міцності, жорсткості та працездатності в умовах реальної експлуатації. Одним із найбільш ефективних інструментів для вирішення цих завдань є програмний комплекс SolidWorks Simulation, який інтегрований у середовище автоматизованого проектування SolidWorks та забезпечує можливість виконання чисельних розрахунків методом скінченних елементів.

Застосування SolidWorks Simulation на етапі розроблення конструкцій дозволяє виконувати повний цикл інженерного аналізу без необхідності створення фізичних прототипів. На основі тривимірної параметричної моделі формується розрахункова схема, задаються граничні умови, навантаження та властивості матеріалів, що максимально наближує модель до реальних умов роботи конструкції. Це дає змогу ще на ранніх стадіях проектування виявляти потенційно небезпечні зони концентрації напружень, надмірних деформацій або втрати стійкості.

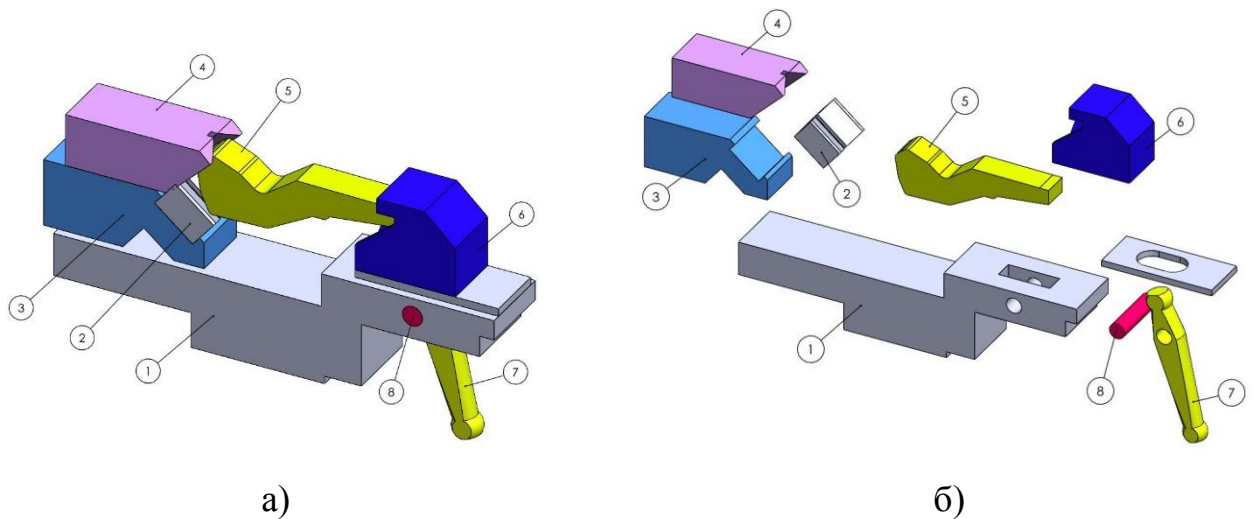
За допомогою SolidWorks Simulation проводяться статичні, динамічні, теплові та комбіновані розрахунки, що є особливо важливим для складних інженерних систем, які працюють під дією змінних навантажень, тиску та температури. Аналіз результатів моделювання дозволяє оцінити розподіл еквівалентних напружень, переміщень і деформацій, визначити коефіцієнти запасу міцності та перевірити відповідність конструкції вимогам нормативних документів.

Використання SolidWorks Simulation також відкриває широкі можливості для оптимізації конструкцій. Шляхом варіювання геометричних параметрів, матеріалів або умов навантаження можна досягти зменшення маси виробу, підвищення його жорсткості та довговічності без погіршення міцнісних характеристик. Це особливо актуально при розробленні енергетичного, нафтогазового та машинобудівного обладнання, де надійність і безпека є критично важливими.

					MP.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Таким чином, SolidWorks Simulation є потужним інструментом інженерного аналізу, який забезпечує обґрунтоване прийняття конструкторських рішень, скорочення термінів проектування та підвищення якості кінцевого виробу. Його застосування дозволяє ефективно поєднувати процеси моделювання, аналізу та оптимізації конструкцій у єдиному цифровому середовищі.

Метою дослідження притискного пристрою за допомогою імітаційного моделювання є встановлення його напружено-деформованого стану. Для цього побудовано тривимірну модель притискного пристрою (рис. 3.1). При цьому конструкція пристрою є дещо спрощеною. У ній розглядаються найбільш відповідальні та найбільш навантажені елементи.



а) – модель у зібраному виді; б) – модель у рознесеному виді
 1 – основа; 2 – опора вставна; 3 – кріплення вставної опори; 4 – опора нерухома; 5 – заготовка; 6 – опора рухома; 7 – важіль, 8 – вісь
 7 – пластина опорна; 8 – планка; 9 – ребро жорсткості; 10 – гвинт

Рисунок 3.1 – Тривимірна модель досліджуваного пристрою

На рисунку 3.2 показано сітку скінченних елементів. Сітка скінченних елементів є ключовим етапом чисельного аналізу методом скінченних елементів, оскільки саме вона визначає точність, стабільність та достовірність отриманих результатів моделювання. Процес побудови сітки полягає у дискретизації суцільної геометричної моделі на скінченну кількість елементів простої форми, у вузлах яких обчислюються шукані параметри напружено-деформованого стану.

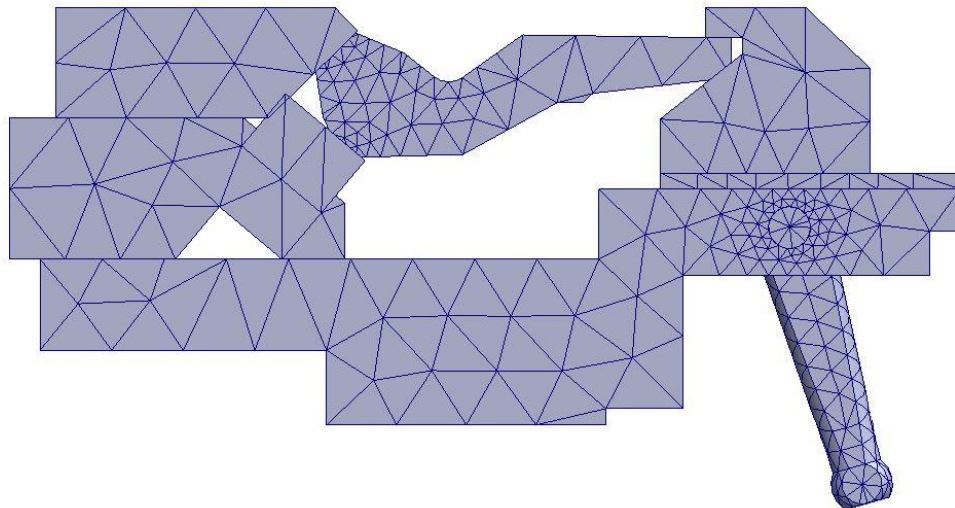


Рисунок 3.2 – Сітка скінченних елементів

У середовищі SolidWorks Simulation для твердотільних моделей зазвичай застосовуються об'ємні тетраедральні елементи, які забезпечують можливість коректного опису складної геометрії конструкцій. Розмір та форма елементів підбираються з урахуванням геометричних особливостей моделі, характеру навантажень і вимог до точності розрахунку. Чим менший розмір елементів, тим детальніше відтворюється напружено-деформований стан, однак при цьому зростають обчислювальні витрати.

Особлива увага при формуванні сітки приділяється зонам концентрації напружень, таким як різьбові з'єднання, гострі переходи перерізів, отвори, канавки та місця прикладання навантажень. У цих ділянках застосовується локальне згущення сітки, що дозволяє підвищити точність визначення максимальних напружень і деформацій без суттєвого збільшення загальної кількості елементів.

Якість сітки скінченних елементів оцінюється за показниками співвідношення сторін елементів, плавності переходу між різними розмірами елементів та відсутності вироджених елементів. Недостатньо якісна сітка може призводити до чисельних похибок і спотворення результатів, навіть за коректно заданих граничних умов і властивостей матеріалу.

Отже, правильно сформована сітка скінченних елементів є необхідною умовою отримання достовірних результатів чисельного моделювання та

					МП.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обґрунтованої оцінки міцності, жорсткості й надійності досліджуваних конструкцій.

Граничними умовами, які прикладені до моделі є її фіксування за основу та прикладання навантаження до важеля. Характеристики матеріалу, з якого виготовлені деталі: – модуль Юнга 2×10^{11} Па; – коефіцієнт Пуассона 0,28.

На рисунках нижче наведено результати моделювання.

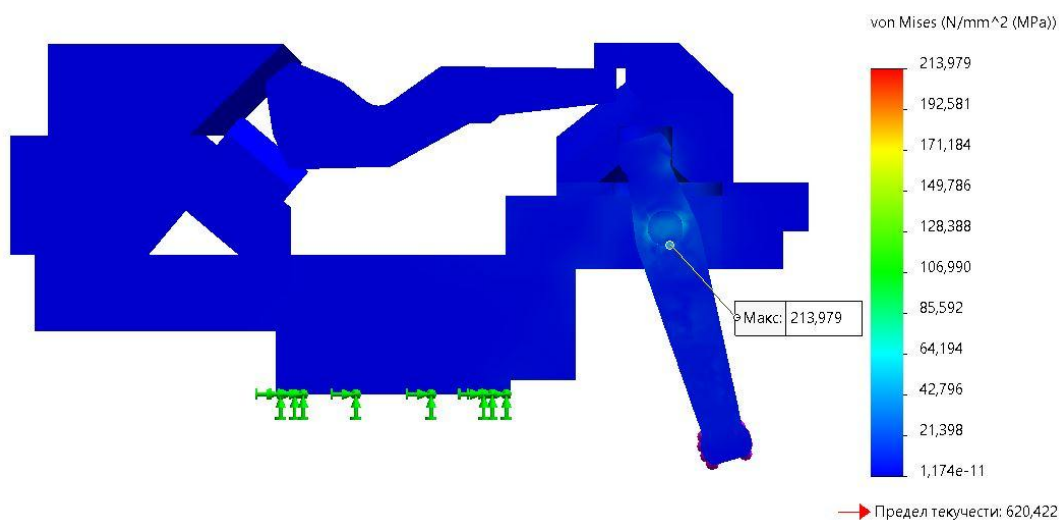


Рисунок 3.3 – Еквівалентні напруження

Поля напруження свідчать, що основні частини елементів конструкції (основа 1, вставна опора 2, нерухома опора 4 та рухома опора 6) перебувають у зоні низьких еквівалентних напружень. Локальна область максимального напруження зосереджена в зоні з'єднання важеля 7 з віссю 8, де формується інтенсивна концентрація напруження з піковим значенням близько 214 МПа.

Порівняння максимального еквівалентного напруження Мізеса ($\approx 213,98$ МПа) із заданою межею текучості матеріалу (620,4 МПа) показує, що умови міцності виконуються з коефіцієнтом запасу близько 2,9. Отже, для прийнятої схеми навантаження та закріплення всіх елементів, опори і важеля працюють в пружній області, а виникнення пластичних деформацій у вузлі важеля на осі можливо лише при істотному збільшенні навантаження.

На наступному етапі дослідження проаналізовано переміщення елементів конструкції, що представляють собою поле сумарних переміщень.

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

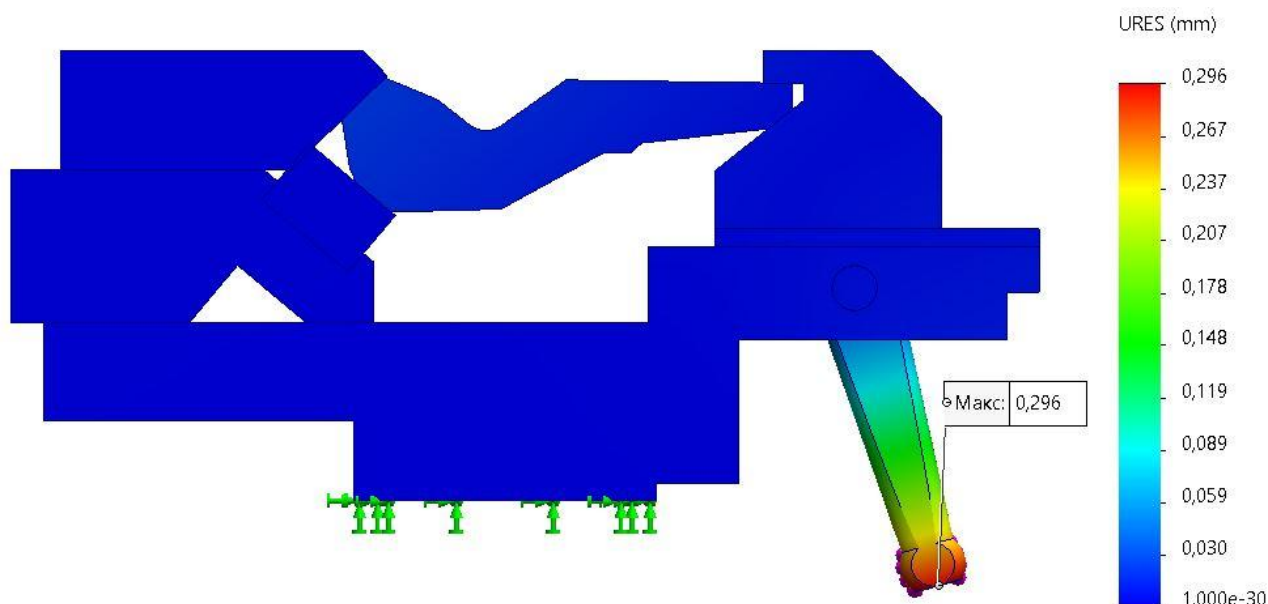


Рисунок 3.4 – Переміщення

Більшість елементів основи, опори і заготовки залишаються практично нерухомими (темно-синя зона), що впливає на високу жорсткість системи закріплення.

Максимальне сумарне переміщення становить близько 0,296 мм і локалізоване в області нижньої частини важеля 7 поблизу його нижнього кінця. Вісь 8 та зона її кріплення до основи знають менші переміщення, що підтверджує адекватну жорсткість опорного вузла при робочому навантаженні.

Отриманий рівень переміщення важеля є незначним та не повинен впливати на точність позиціонування заготовки 5 за умов технологічних допусків цього порядку. Таким чином, з точки зору жорсткості, конструкція пристрою забезпечує стабільне положення базових елементів, а деформації зосереджені на кінці важеля й мають пружний характер, який узгоджується з попереднім аналізом напруженого стану.

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

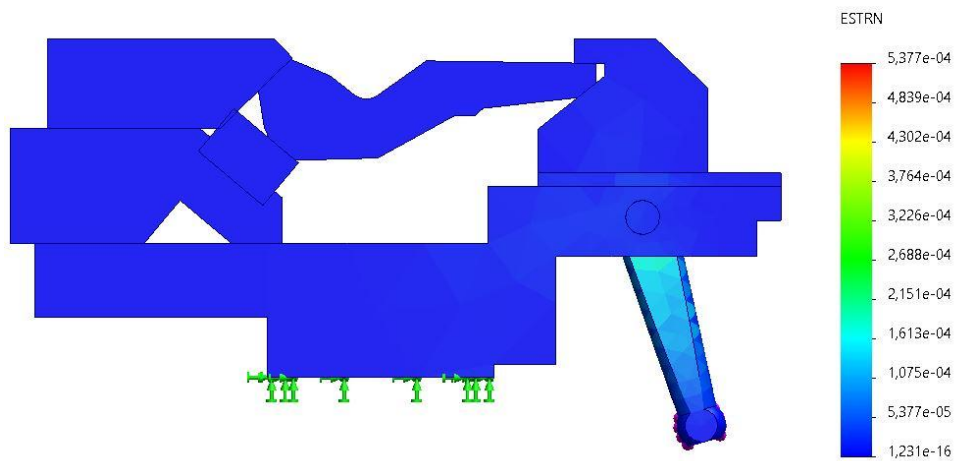


Рисунок 3.5 – Деформація

Максимальне значення деформації, отримане в результаті моделювання, становить 5.377×10^{-4} . Це свідчить про малу пружну деформацію конструкції, що відповідає роботі матеріалу в межах лінійно-пружної області. Зона максимальних деформацій локалізована у нижній частині важеля. Розподіл деформацій є плавним, без різких градієнтів, що свідчить про коректну постановку граничних умов та якісну сітку скінченних елементів. Мінімальні значення деформацій ($\epsilon \approx 1.231 \times 10^{-16}$) спостерігаються у фіксованих зонах, що підтверджує адекватність закріплення.

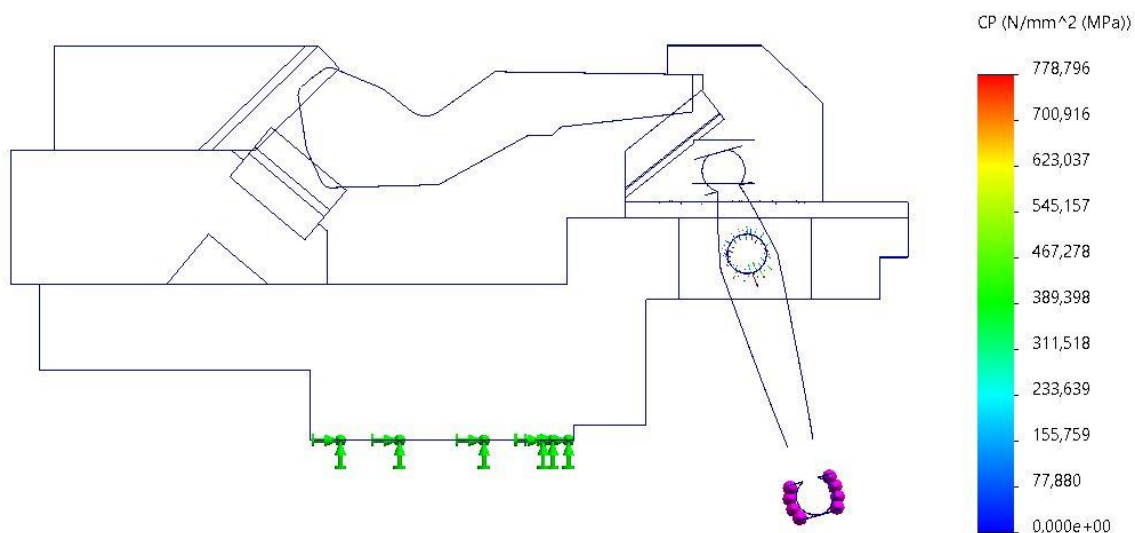


Рисунок 3.6 – Контактний тиск

Згідно рисунку 3.6 максимальна величина контактної тиску становить 778.8 МПа, локалізованим у зоні контакту на криволінійній поверхні. Переважна частина контактної площі перебуває в діапазоні низьких значень контактної тиску (синій–зелений колір на рис.3.6).

					МР.ПМК-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок.

Проведене імітаційне моделювання методом скінченних елементів дозволило здійснити комплексну оцінку механічної поведінки конструкції під дією навантаження. Аналіз охоплював ключові параметри: деформацію, переміщення та контактний тиск.

Максимальна деформація $\varepsilon=5.377 \times 10^{-4}$ свідчить про роботу конструкції в межах пружної області. Розподіл деформацій є рівномірним, без локальних піків, що підтверджує коректність геометрії та постановки граничних умов.

Максимальне переміщення $\delta=0.296$ мм є прийнятним для більшості інженерних конструкцій, не викликає функціональних обмежень і не потребує додаткового підсилення.

Контактний тиск досягає $p=778.796$ МПа, локалізуючись у зоні взаємодії елементів. Незважаючи на високе значення, тиск має обмежену площу впливу, а більшість контактної поверхні перебуває в області низьких навантажень, що знижує ризик зносу або пластичної деформації.

Усі отримані результати свідчать про механічну стабільність конструкції, її працездатність у заданих умовах навантаження та відповідність вимогам міцності й жорсткості. Конструкція не потребує додаткового підсилення. За потреби оптимізації можливо локальне зменшення товщини елементів із збереженням запасу жорсткості.

					MP.PMK-012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В магістерській роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення лапи III-112Т-ЦВ-3 003 в умовах середньо-серійного виробництва.

В процесі проектування проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі та базового технологічного процесу, в результаті чого обґрунтовано застосування заготовки – поковки, верстатів з ЧПК, а також застосовано пристрої з механізованим приводом, котрі приведені в графічній частині. Крім цього, в графічній частині приведено графіки, діаграми та схеми до аналізу точності обробки $\varnothing 16,1_{-0,06}$, карти налагодження до токарно-револьверної операції 025 та науково-дослідної частини, техніко – економічного обґрунтування технологічного процесу; креслення контрольного пристрою

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

					МП.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. Ф. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
3. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник – Львів: «Новий Світ-2000», 2009. –358 с..
4. Руденко П. А., Харламов Ю.А., Плєскач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К., Вища школа, 1991. – 247 с.
5. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко . — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
6. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с
7. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Пітулей Л.Д., Лукань Т.В., Панчук А.Г. Магістерська робота: методичні вказівки.- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с..
8. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
9. Основи технології виробництва машин: навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. - 136 с.
10. Проектування технологічних процесів. Частина1. Оброблення деталей - тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.

					MP.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

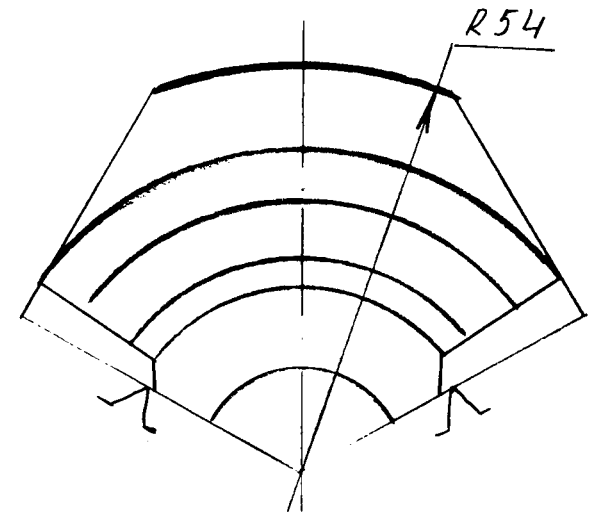
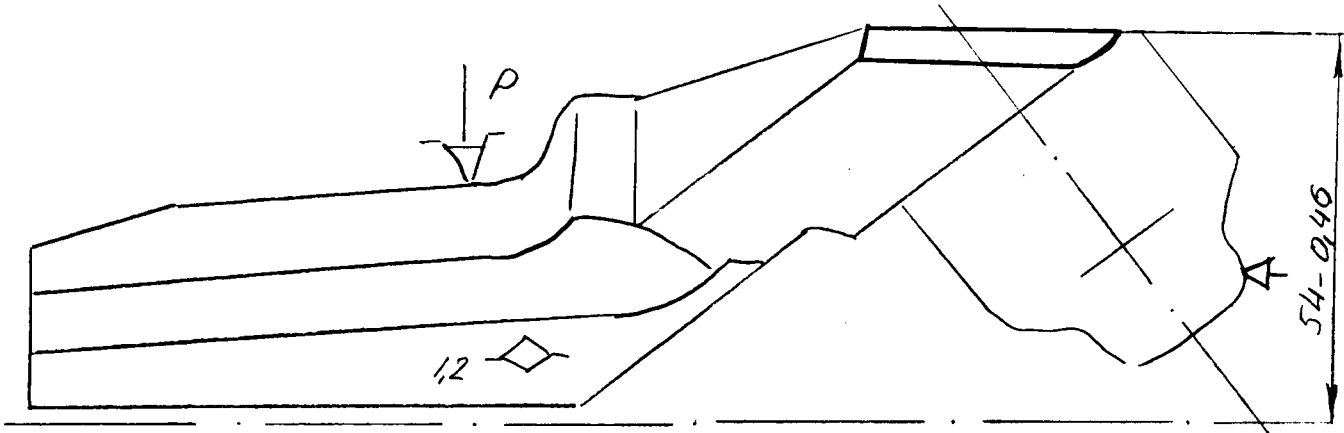
					МР.ПМК-012.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

1

1

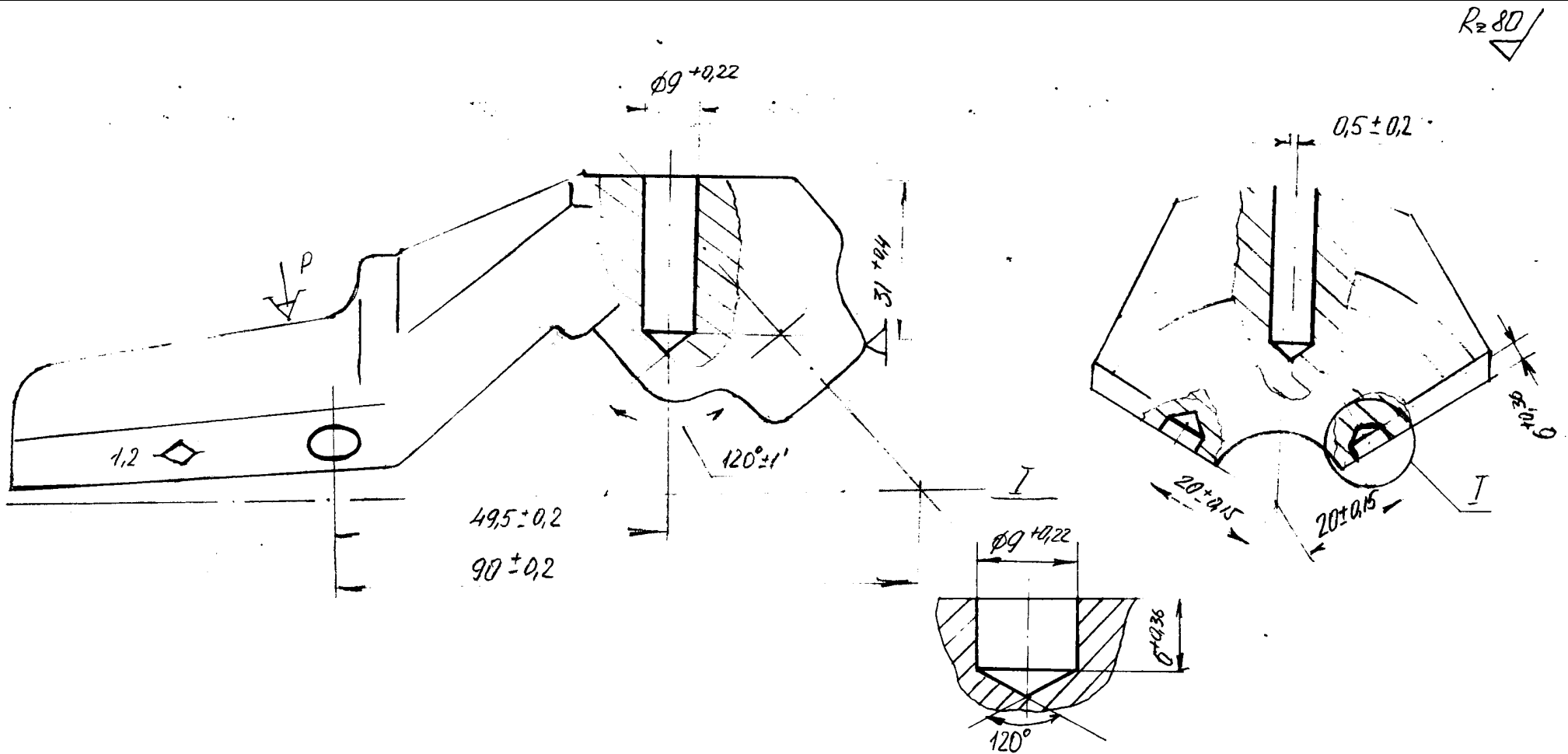
Розробив	Кернякевич			ІФНТУНГ	III 112Т-ЦВ-3.003	010			
Перевірів	Шуляр								
Реценз.									
Н. контр.	Шуляр			Лапа			Н		



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

1 1

Розробив	Кернякевич			ІФНТУНГ	III 112Т-ЦВ-3.003	015			
Перевірів	Шуляр								
Реценз.									
Н. контр.	Шуляр			Лапа			Н		

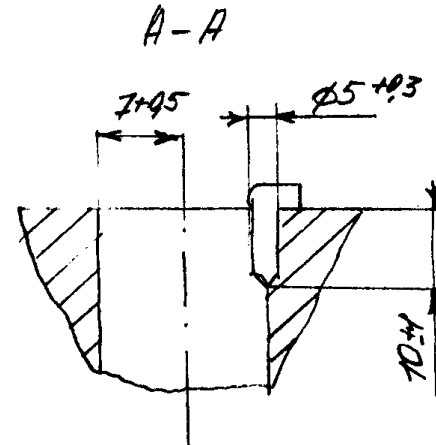
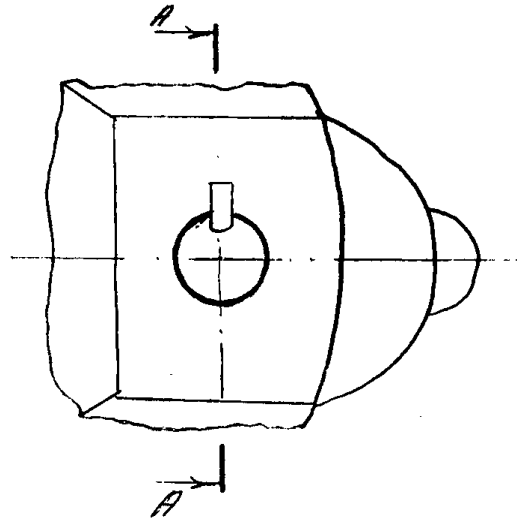


Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

1

1

Розробив	Кернякевич			ІФНТУНГ	III 112Т-ЦВ-3.003	020			
Перевірів	Шуляр								
Реценз.									
Н. контр.	Шуляр			Лапа			Н		

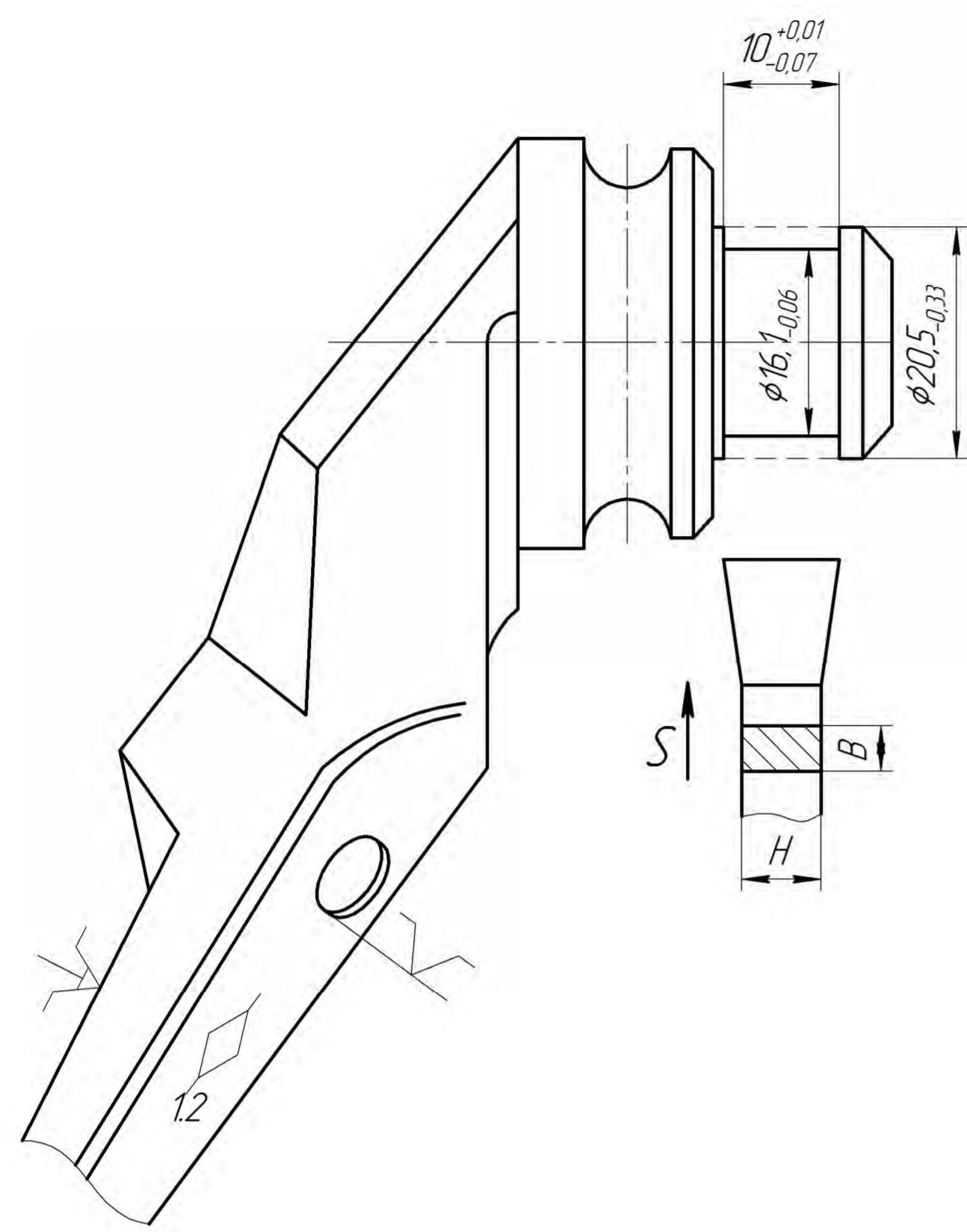


Дубл.															
Взамін.															
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата	
													1	1	
Розробив	Кернякевич			І Ф Н Т У Н Г	III 112Т-ЦВ-3.003								60141.00008		
Перевірів	Шуляр														
Реценз.															
Н. контр.	Шуляр			Лапа									ХХ	ХХ	
Назва операції		Матеріал			Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ	Коод		
Контрольна		14ХНЗМА			269 НВ	кг	1,31	Ø46×157				1,82	1		
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми			То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР						
Р	Параметри що контролюються			Код засобів ТО		Найменування засобів ТО			Об'єм і ПК	То/Тв					
01	Ø16,1 _{-0,06}			8130-8003.57		Скоба Ø16,1			100 %						
02	Ø20,5 _{-0,33}			8113-8001.93		Скоба Ø20,5			100 %						
03	Ø34,6 _{-0,39}			8113-8001.94		Скоба Ø34,6			100 %						
04	Ø15,6 _{-0,43}			8113-7016.99		Скоба Ø15,6			100 %						
05	Ø36,6 _{-0,39}			8113-8003.88		Скоба Ø36,6			100 %						
06	8,6 _{-0,29}			8369-7002.71		Шаблон 8,6			100 %						
07	33,1 _{-0,52}			8155-7017.70		Шаблон 33,1			100 %						
08	10,2 _{-0,04} ^{+0,11}			8130-7017.53		Шаблон 10,2			100 %						
09	Ø28,6 _{-0,07}			8113-7031.56		Скоба Ø28,6			100 %						
10	Ø16,08 _{-0,94}			8130-8003.60		Скоба Ø16,08			100 %						
11	Ø28,58 _{-0,05}			8113-7031.57		Скоба Ø28,58			100 %						
12	R4 ^{+0,97}			8372-7005.50		Шаблон R4			100 %						
13	0,5±0.2			8155-7008.07		Шаблон 0,5			100 %						
14	45,7±0.15			8701-7017.04		Контрольний пристрій			100 %						
15	Чистоту оброблених поверхонь – взірці шорсткості ГОСТ 9378-75														
16															
17															
КТК															

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			МР.ПМК-012.04.00.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	МР.ПМК-012.04.01.000	Призма	1	
		2	МР.ПМК-012.04.02.000	Стійка	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	МР.ПМК-012.04.00.001	Планка	1	
		4	МР.ПМК-012.04.00.002	Плита	1	
				<u>Стандартні деталі</u>		
		5		Болт М10-6g×30.58		
				ГОСТ 7805-70	2	
		6		Гвинт М12-6g×25.58		
				ГОСТ 11738-84	4	
		7		Шайба 10.01		
				ГОСТ 11371-78	2	
		8		Штифт 10×40		
				ГОСТ 24291-80	2	

					МР.ПМК-012.04.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Кернякевич				Пристрій контрольний	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Шуляр					н	1	1
Реценз.								
Н.контр.	Шуляр					ІФНТУНГ ПМК _м -24-1		
Затв.	Панчук							

Ескіз обробки



Теоретична діаграма точності обробки

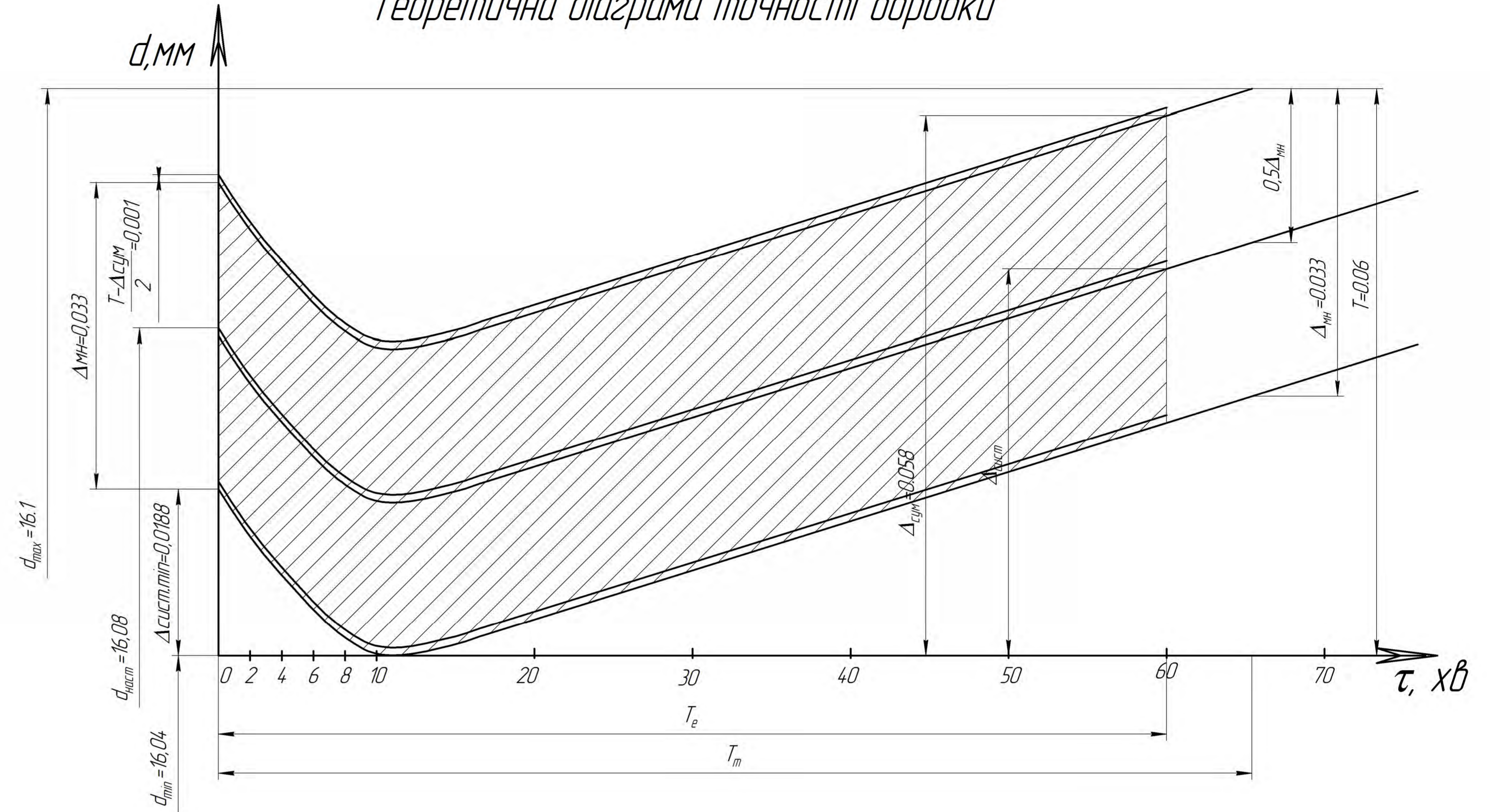
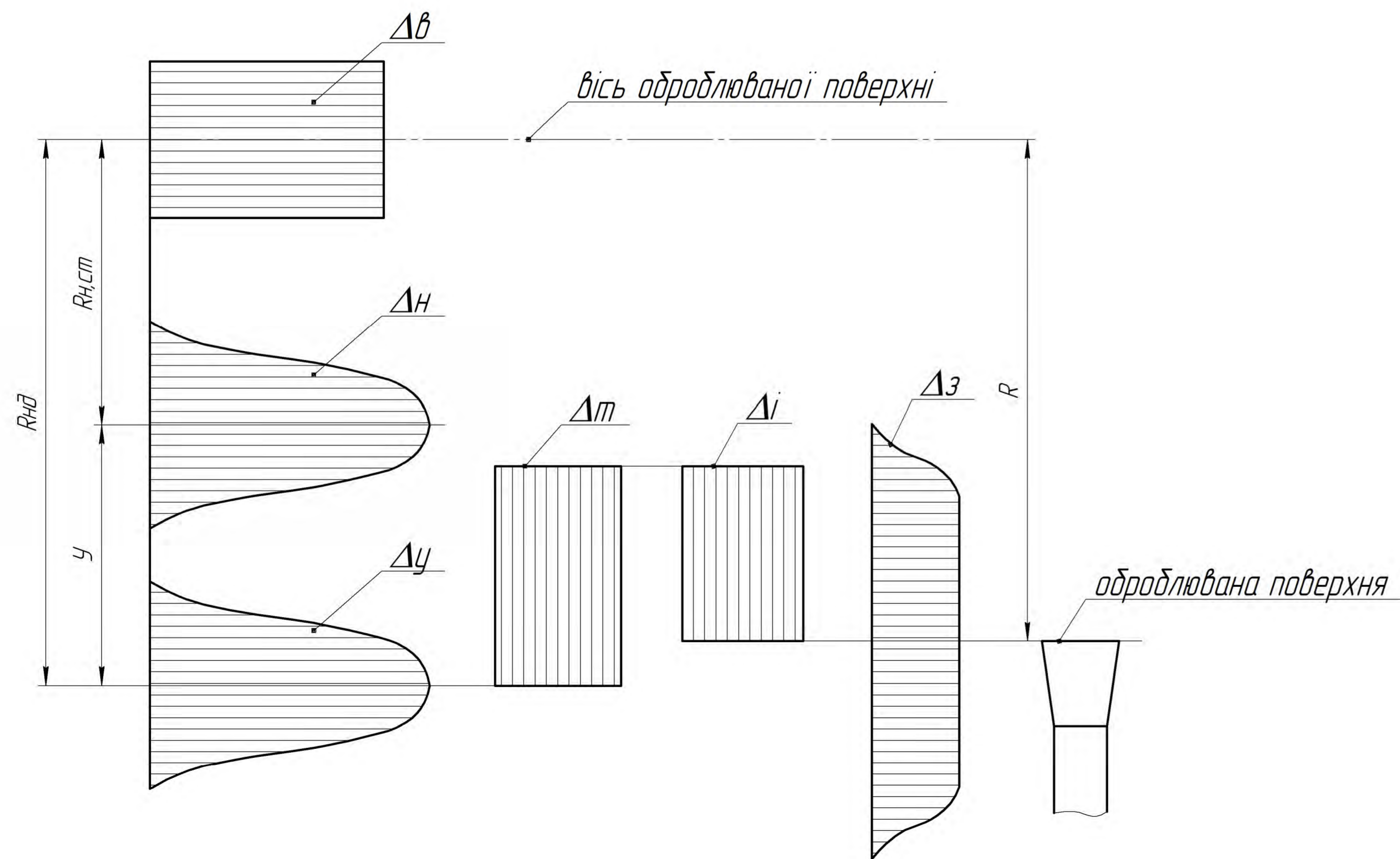
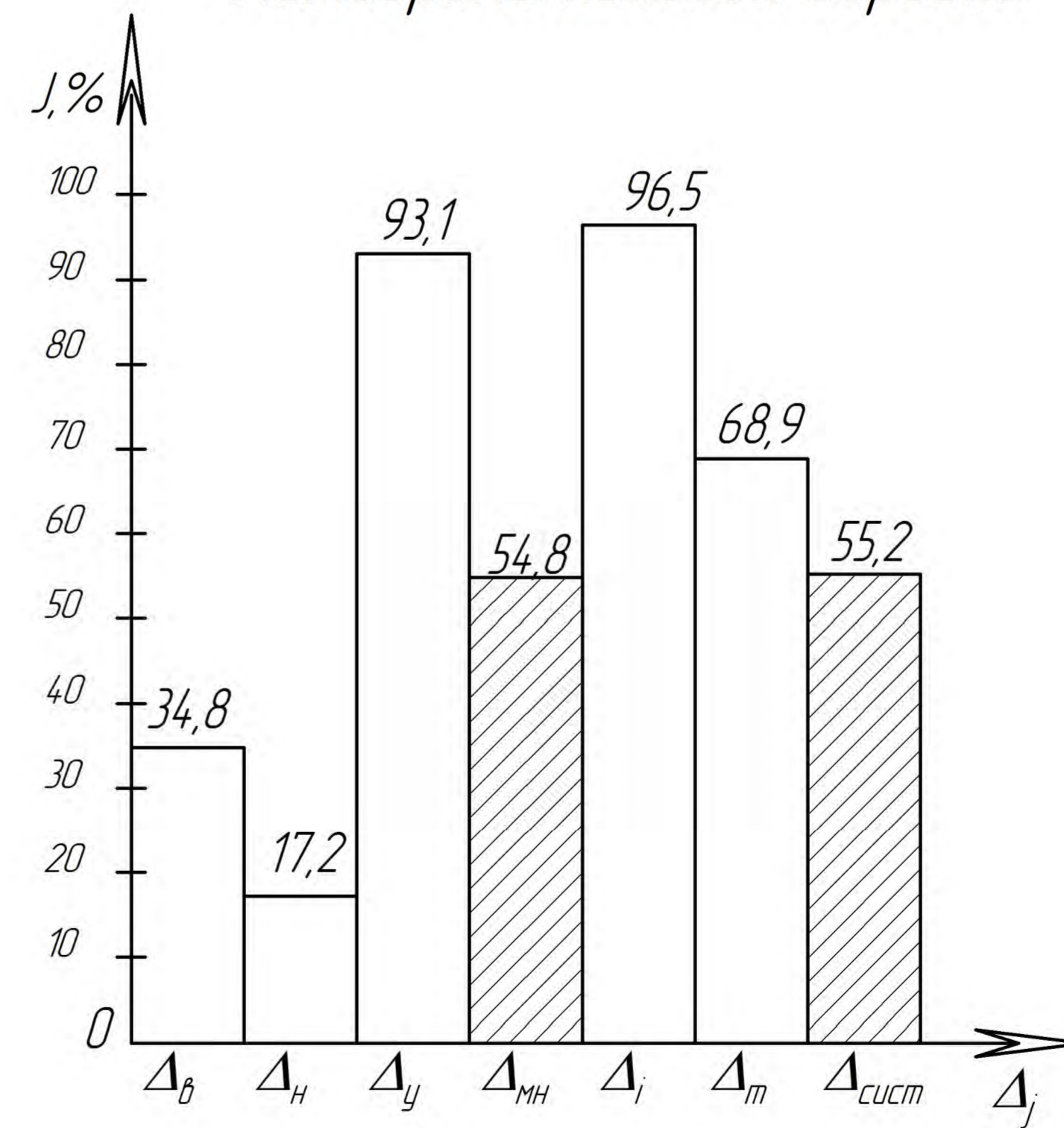


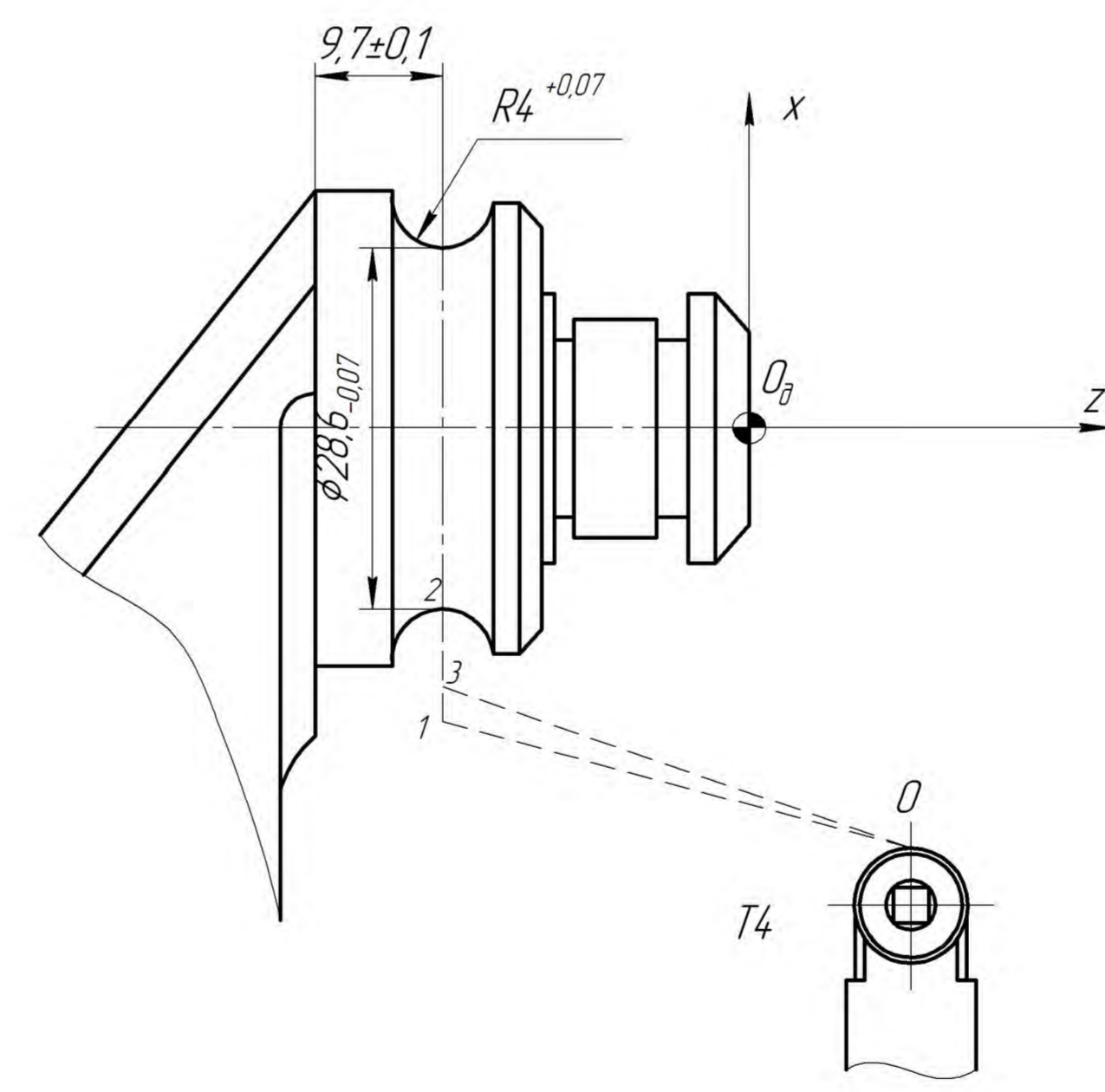
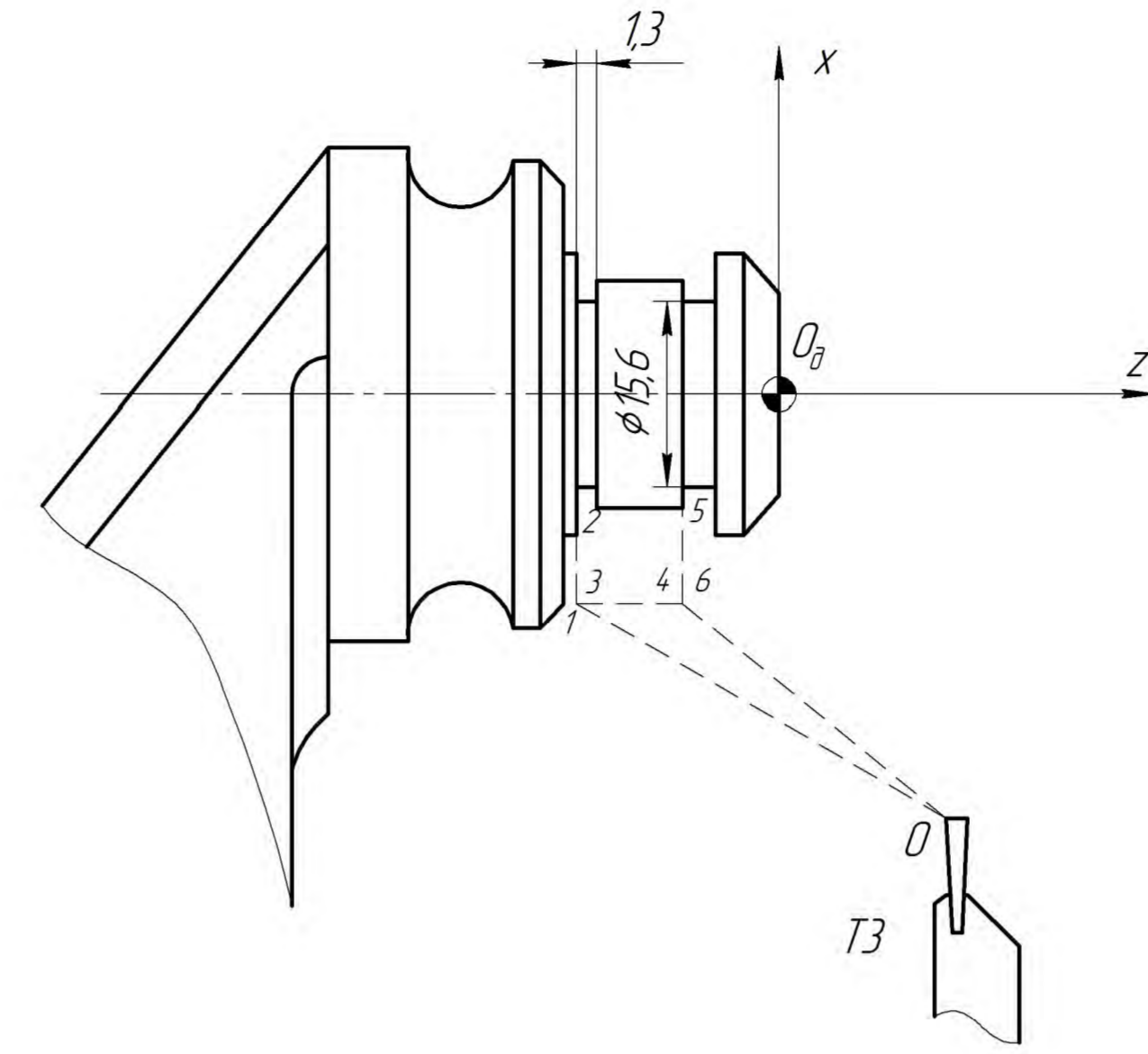
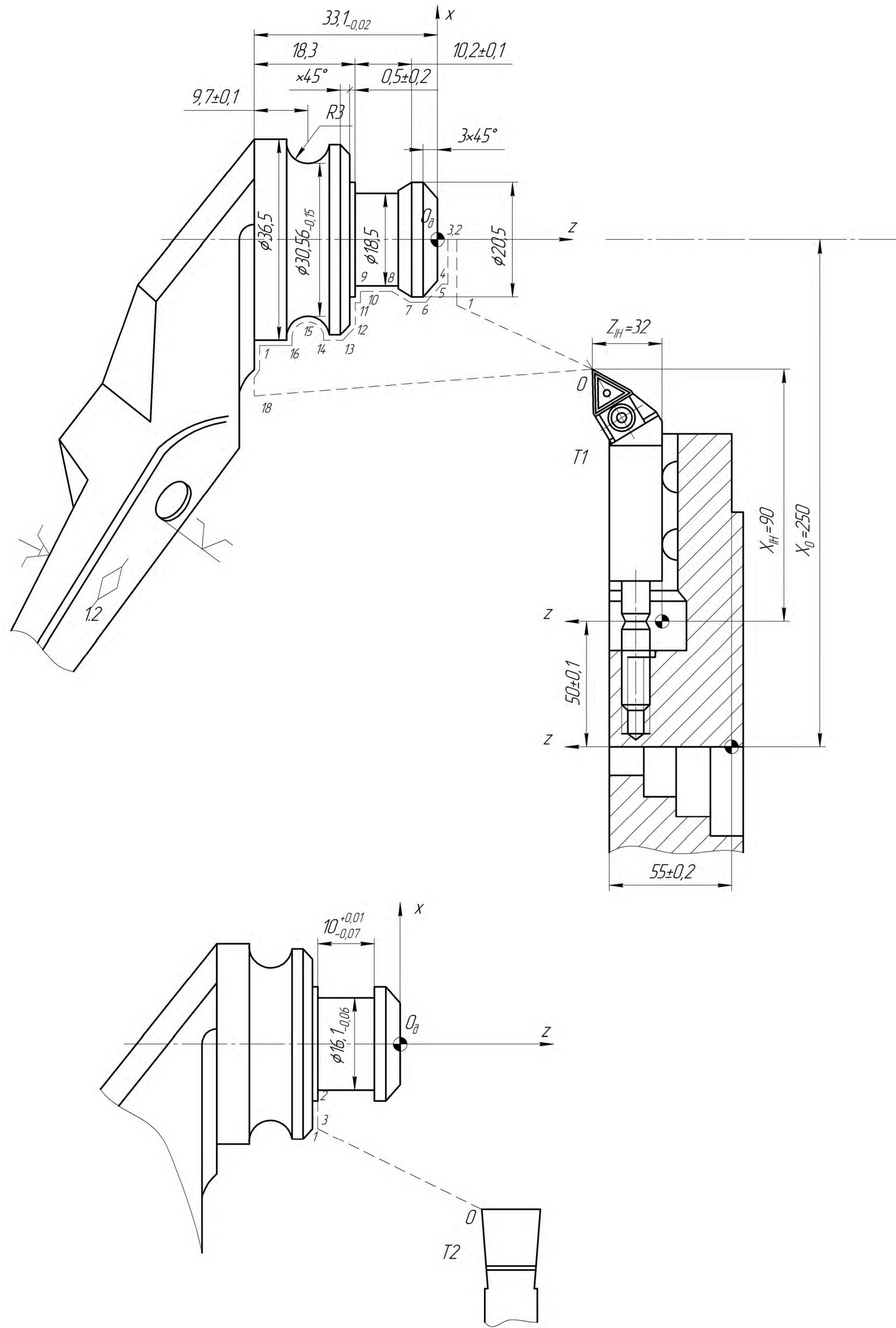
Схема технологічного розмірного ланцюга



Гістограма похибок обробки

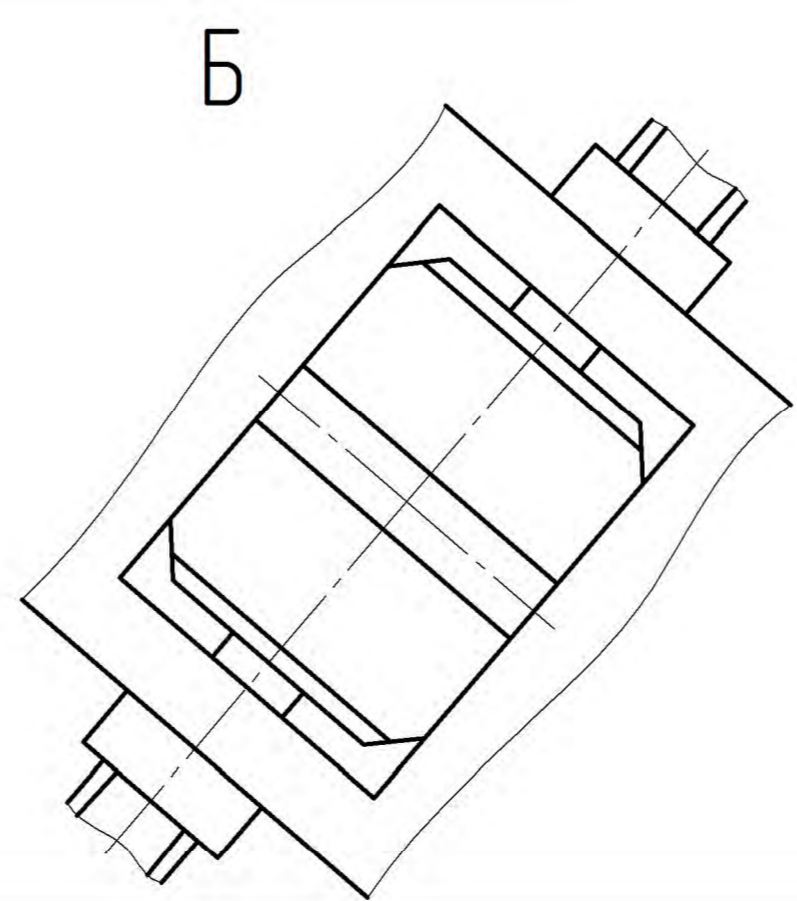
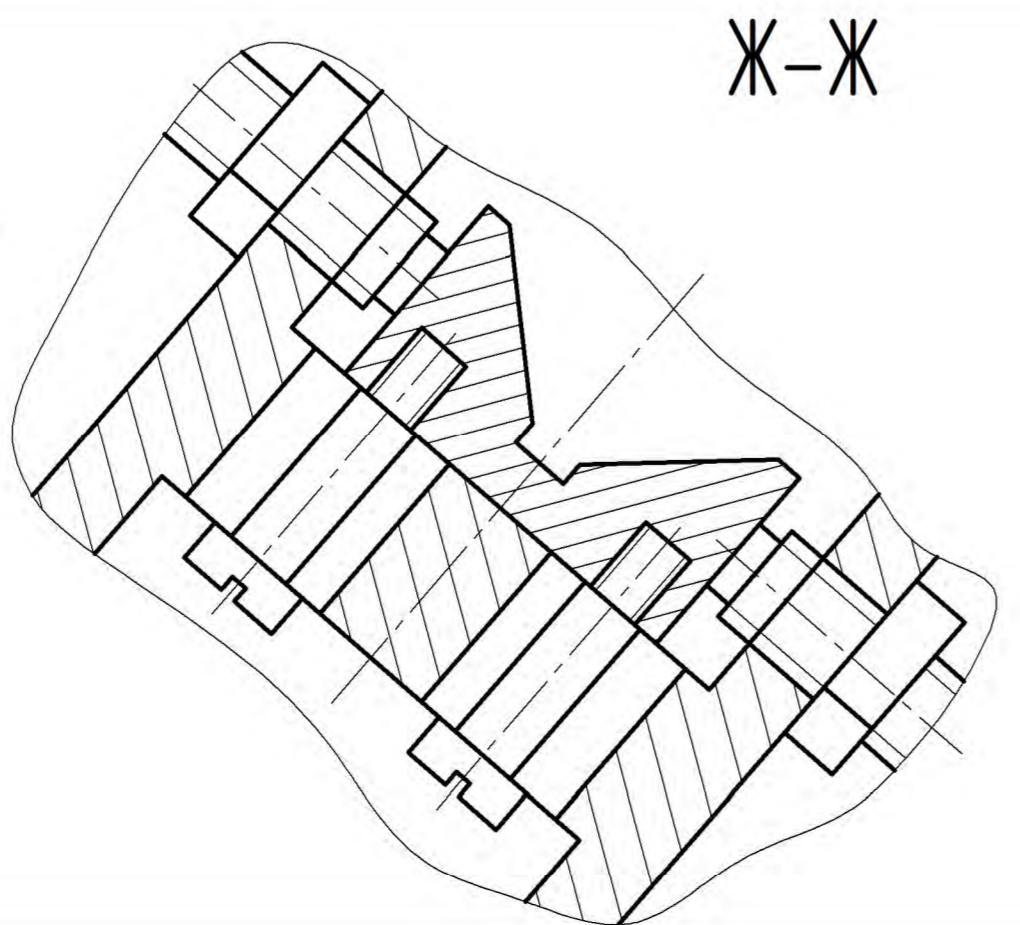
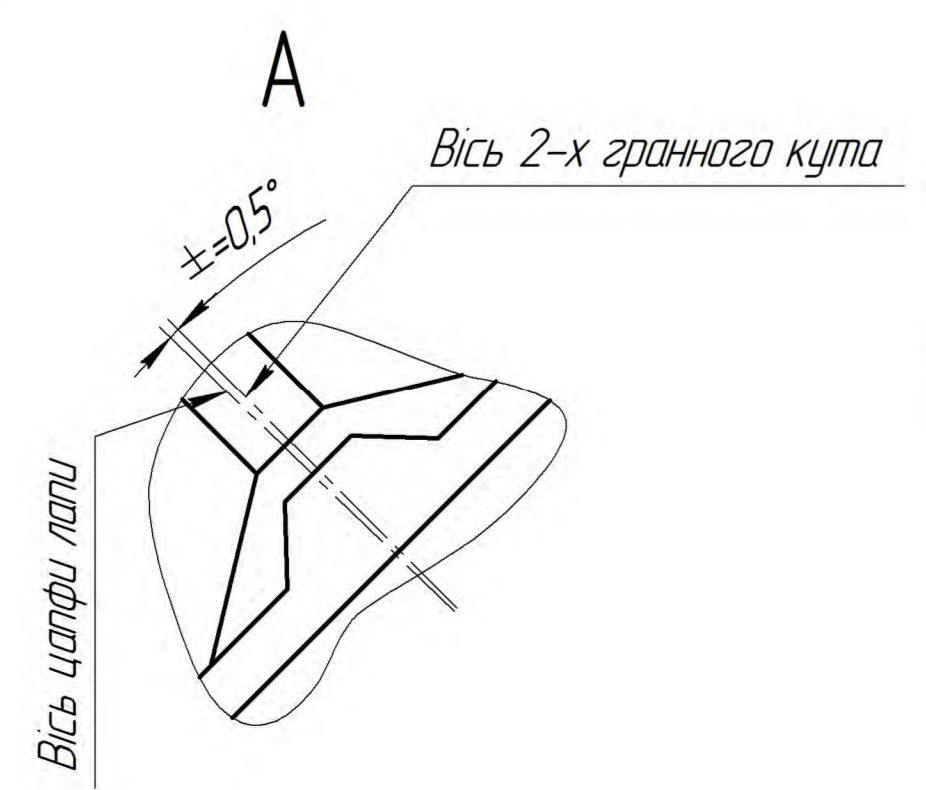
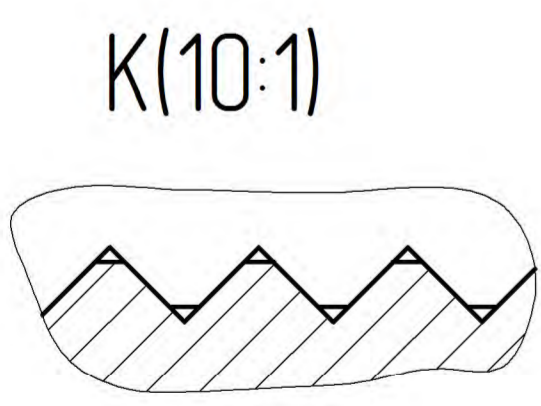
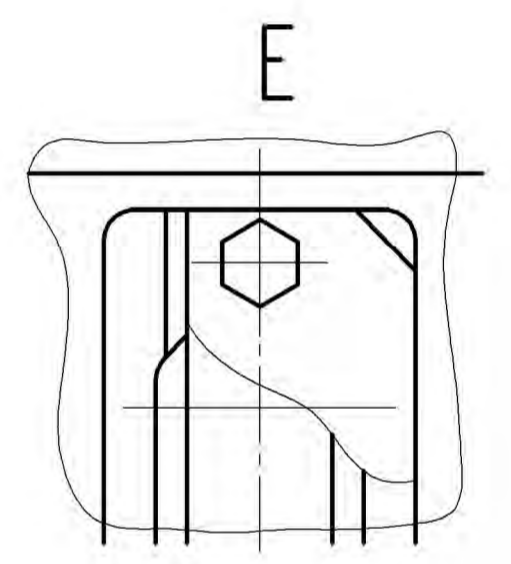
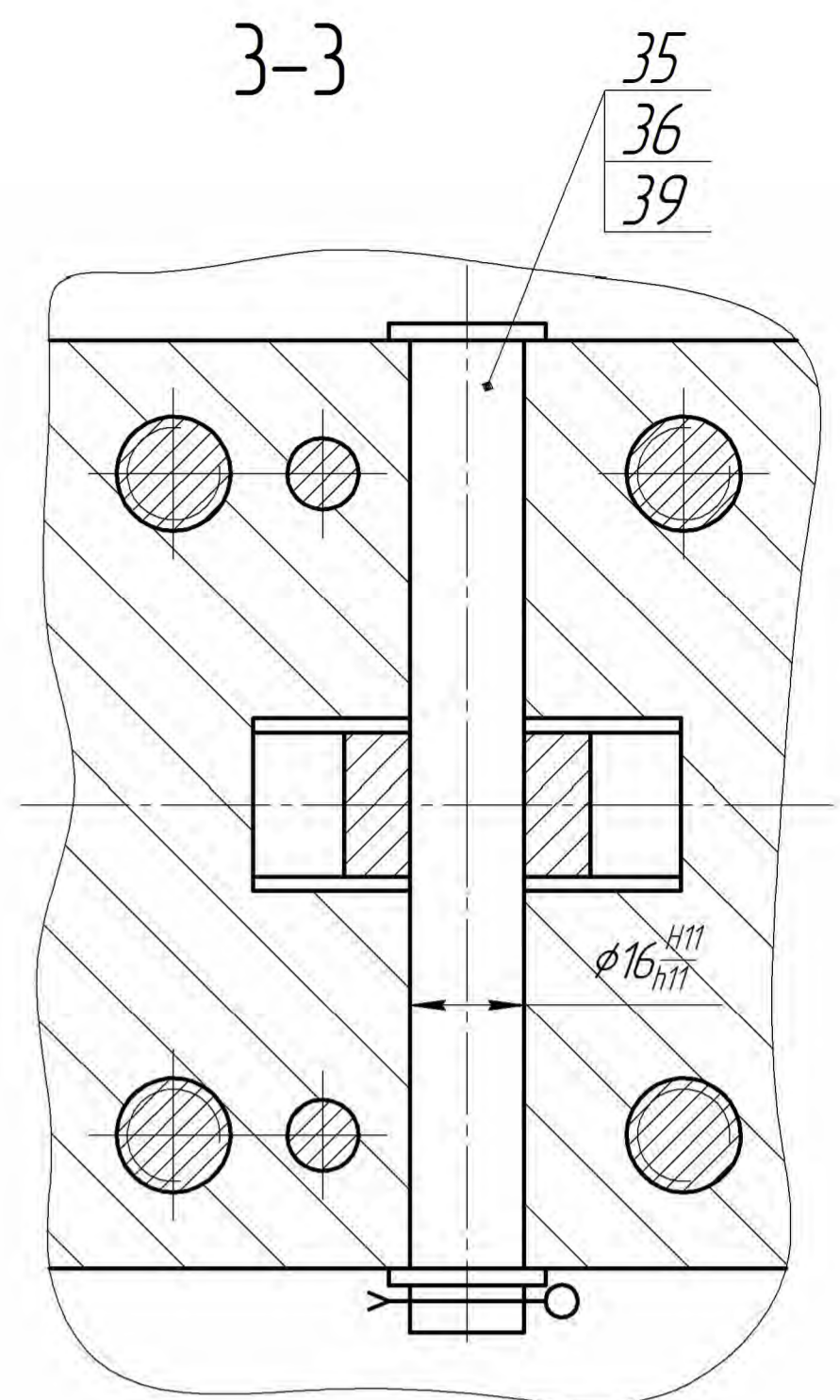
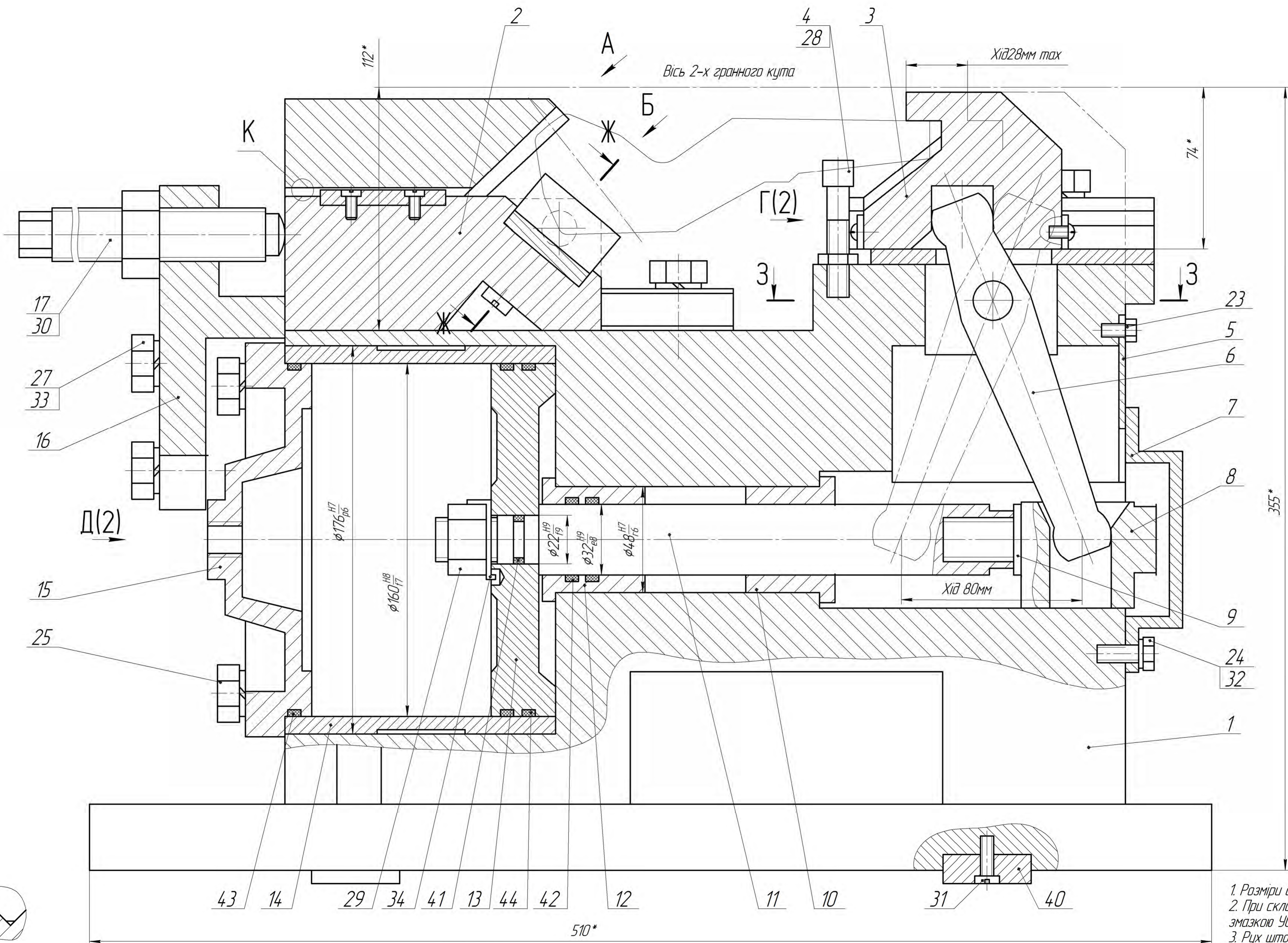


МР.ПМК-012.01.00.000 СХ				Лист	Масштаб
Зм. Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Аналіз точності обробки	1:1
Разроб.	Кернякевич			Ø16,1 _{+0,06}	Аркш
Перев.	Шуляр				Аркш
Т.контр.	Шуляр				1
Н.контр.	Шуляр				ІФНТЧНІ
Затв.	Панчик				ПМКМ-24-1



Ділянки траєкторії	Опорні точки	Координати	
		x	z
	0	11,0	438,0
0-1	1	35	0
1-2	2	0	0
2-3	3	0	3
3-4	4	14,5	3
4-5	5	14,5	0
5-6	6	20,5	-3
6-7	7	20,5	-4,6
7-8	8	18,5	-8
8-9	9	18,5	-14,8
9-10	10	20,5	-14,8
10-11	11	20,5	-15,3
11-12	12	30,6	-15,3
12-13	13	34,6	-17,3
13-14	14	34,6	-19,3
14-15	15	30,6	-23,4
15-16	16	36,5	-26,4
16-17	17	36,5	-33,1
17-18	18	40,0	-33,1
18-0	0	110,0	438,0
	0	110,0	438,0
0-1	1	30,0	-14,8
1-2	2	16,1	-14,8
2-3	3	30,0	-14,8
3-0	0	110,0	438,0
	0	110,0	438,0
0-1	1	30,0	-14,8
1-2	2	15,6	-14,8
2-3	3	30,0	-14,8
3-4	4	30,0	-5,9
4-5	5	15,6	-5,9
5-6	6	30,0	-14,8
6-0	0	110,0	438,0
	0	110,0	438,0
0-1	1	37,0	-23,4
1-2	2	28,6	-23,4
2-3	3	35,0	-23,4
3-0	0	110,0	438,0

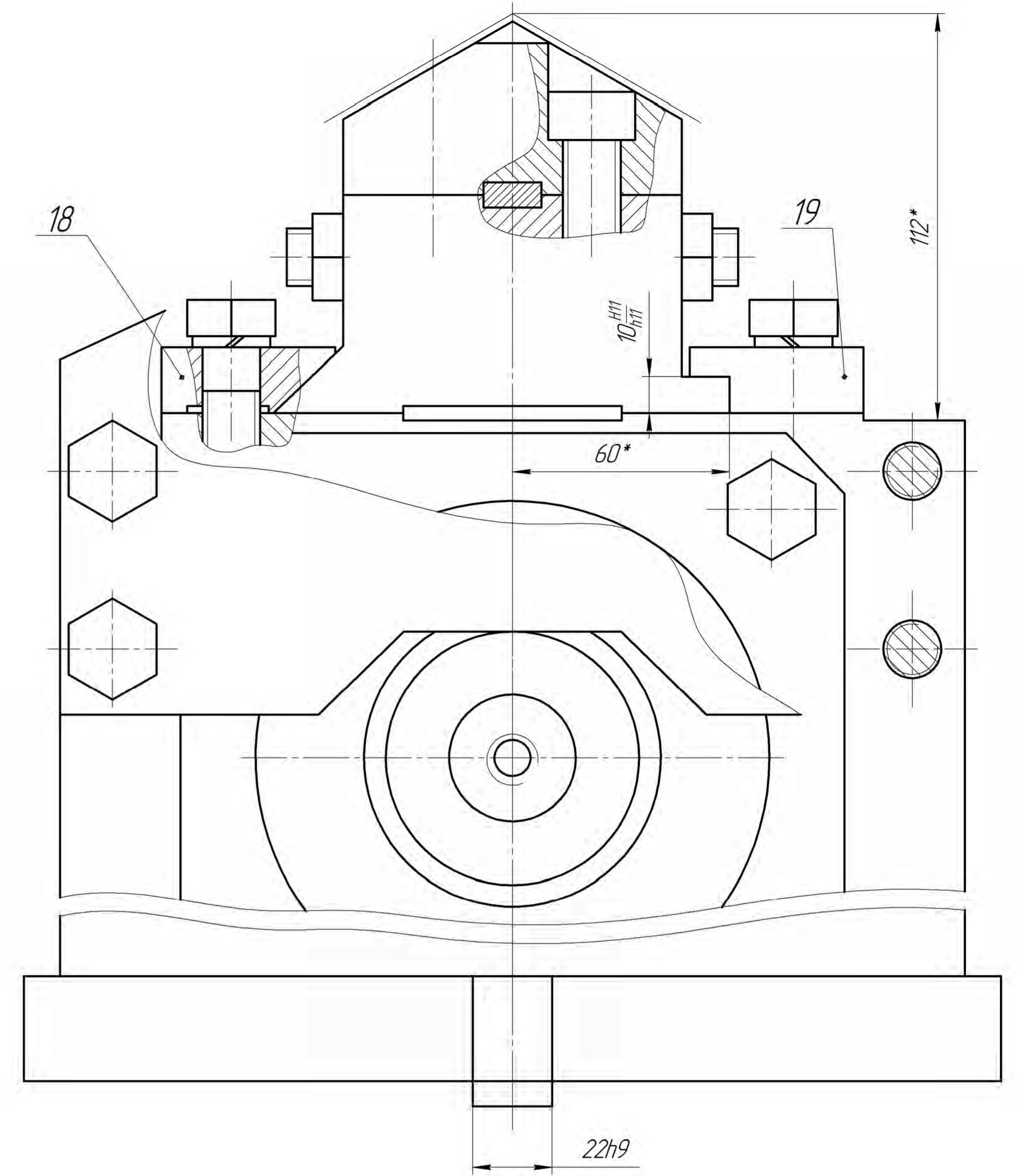
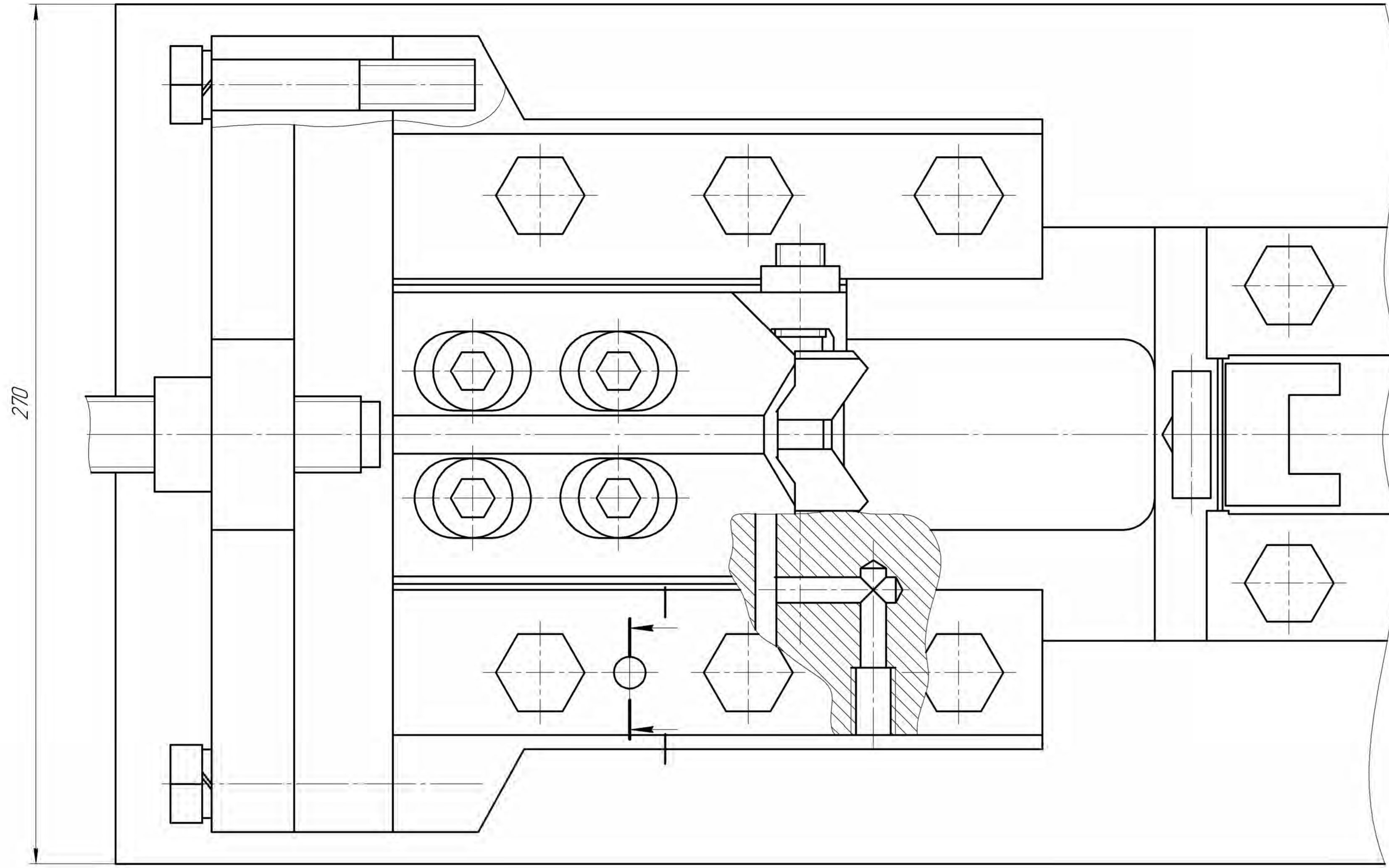
				MP.ПМК-012.02.00.000 CX				
Зм. Арк.	№ Докм.	Підп.	Дата	Карта наладки на токарну операцію з ЧПК		Лист	Маса	Масштаб
Разраб.	Кернякевич					Н		1:1
Перев.	Шуляр					Архив		Архив 1
Т.контр.	Шуляр					ІФНТЧНГ		
Н.контр.	Шуляр					ПМКМ-24-1		
Затв.	Панчик							



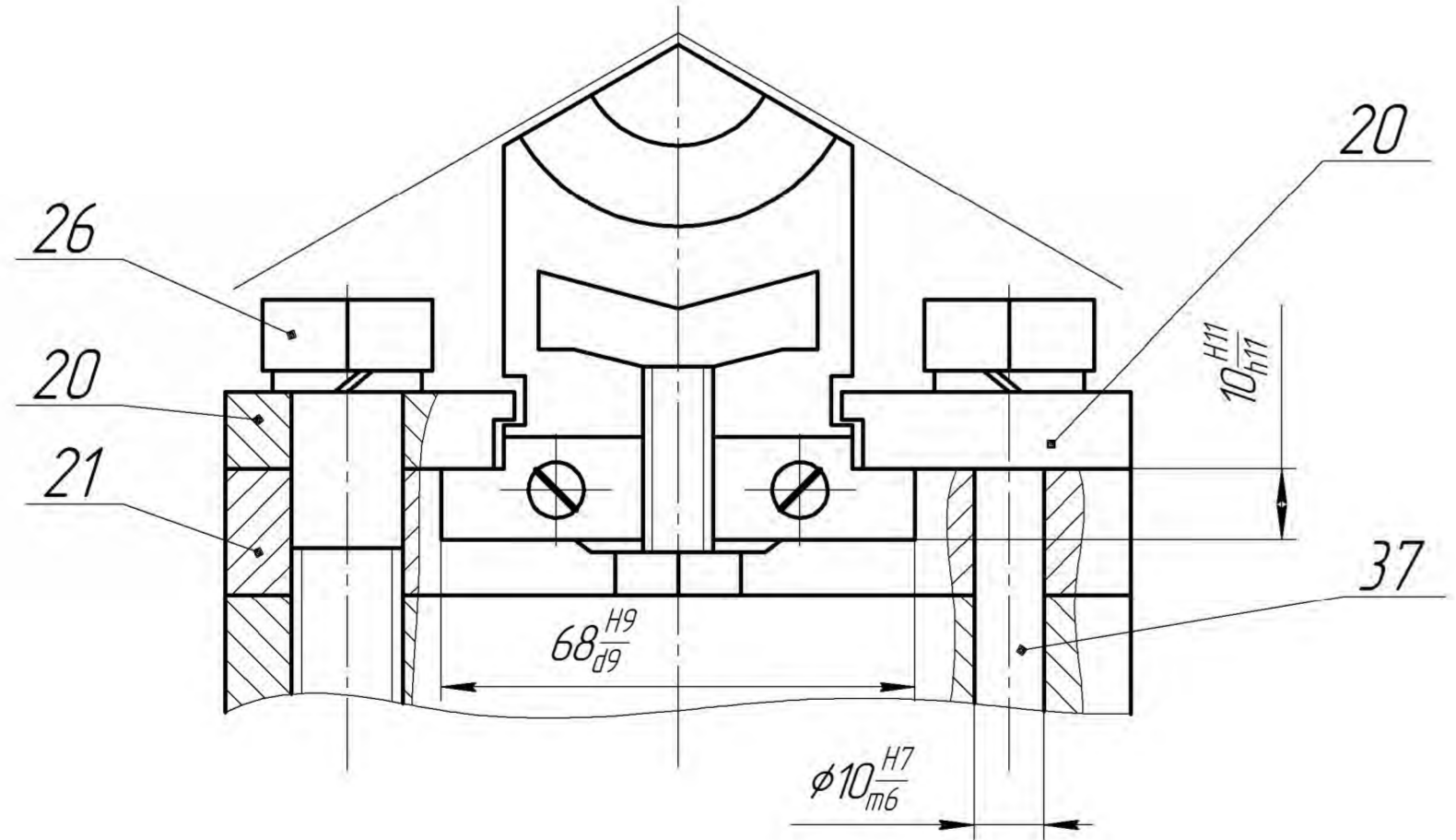
1. Розміри для довідок
2. При складанні поверхні, які труться, змастити консистентною змазкою УС-2 ГОСТ 10333-75
3. Рух штока з одного кінцевого положення в друге повинен здійснюватися плавно без ривків і заїдань в діапазоні робочого тиску
4. Перевірку пневмоциліндра на герметичність проводити при тиску повітря 1МПа. падіння тиску повинно не перевищувати 0,02МПа за 5 хв.
5. Перевірку пневмоциліндра на міцність проводити при тиску повітря 1,6МПа. При цьому не повинна бути руйнування та слідів деформації

МР.ПМК-012.03.00.000 СК				Лист	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	н		1:1
Розроб.	Кернякевич			Пристрій фрезерний		
Перев.	Шуляр			Архив	Архив	1
Т.контр.	Шуляр			ІФНТЧНГ		
Н.контр.	Шуляр			ПМКМ-24-1		
Затв.	Панчик					

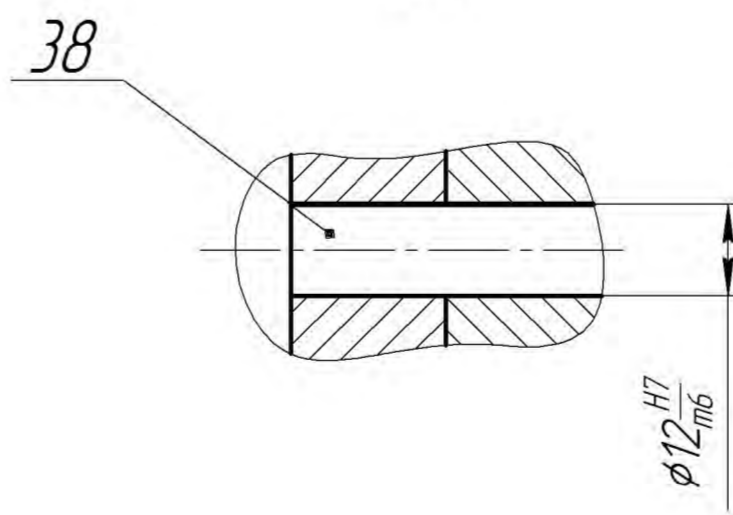
В(1)



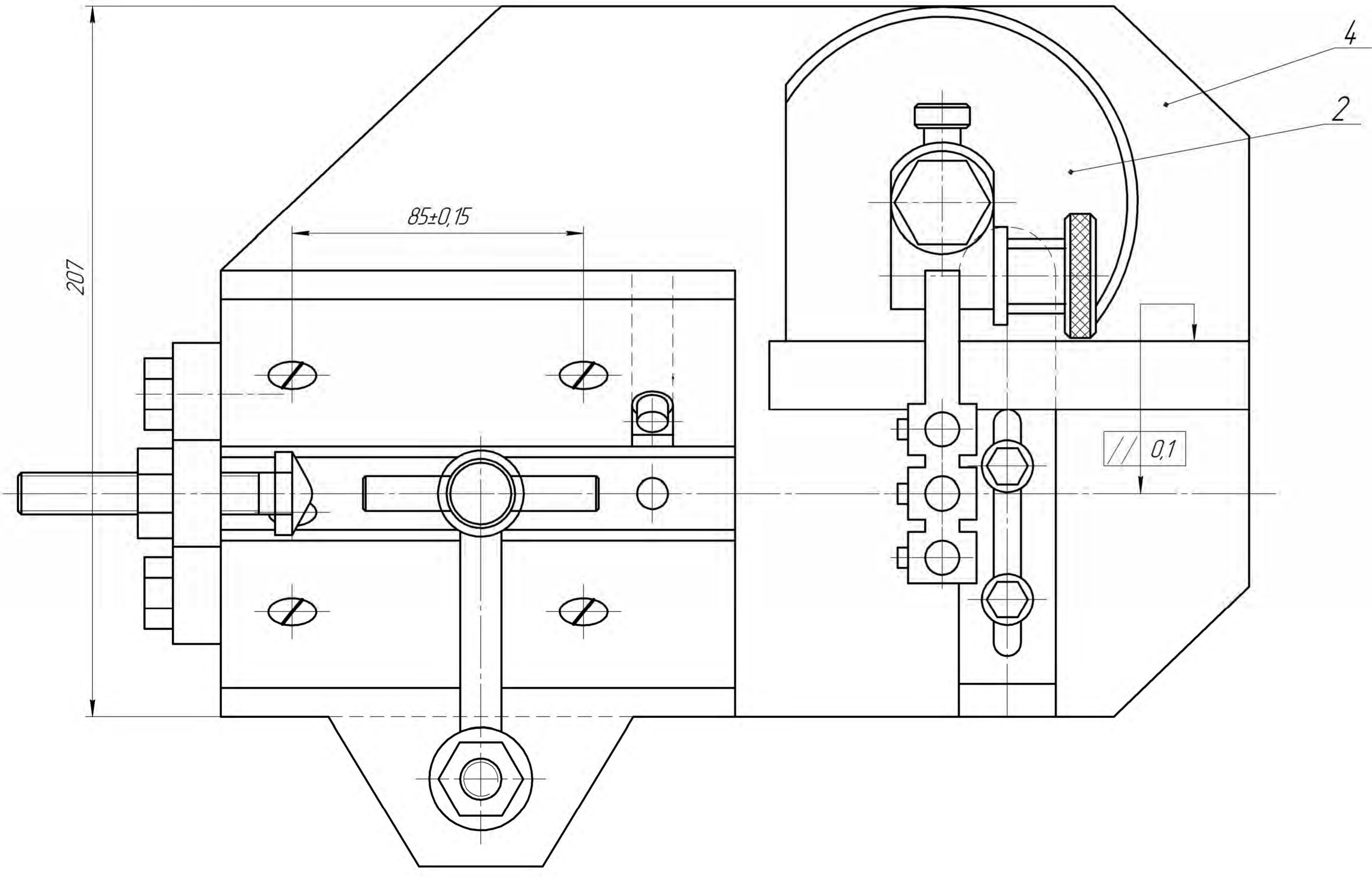
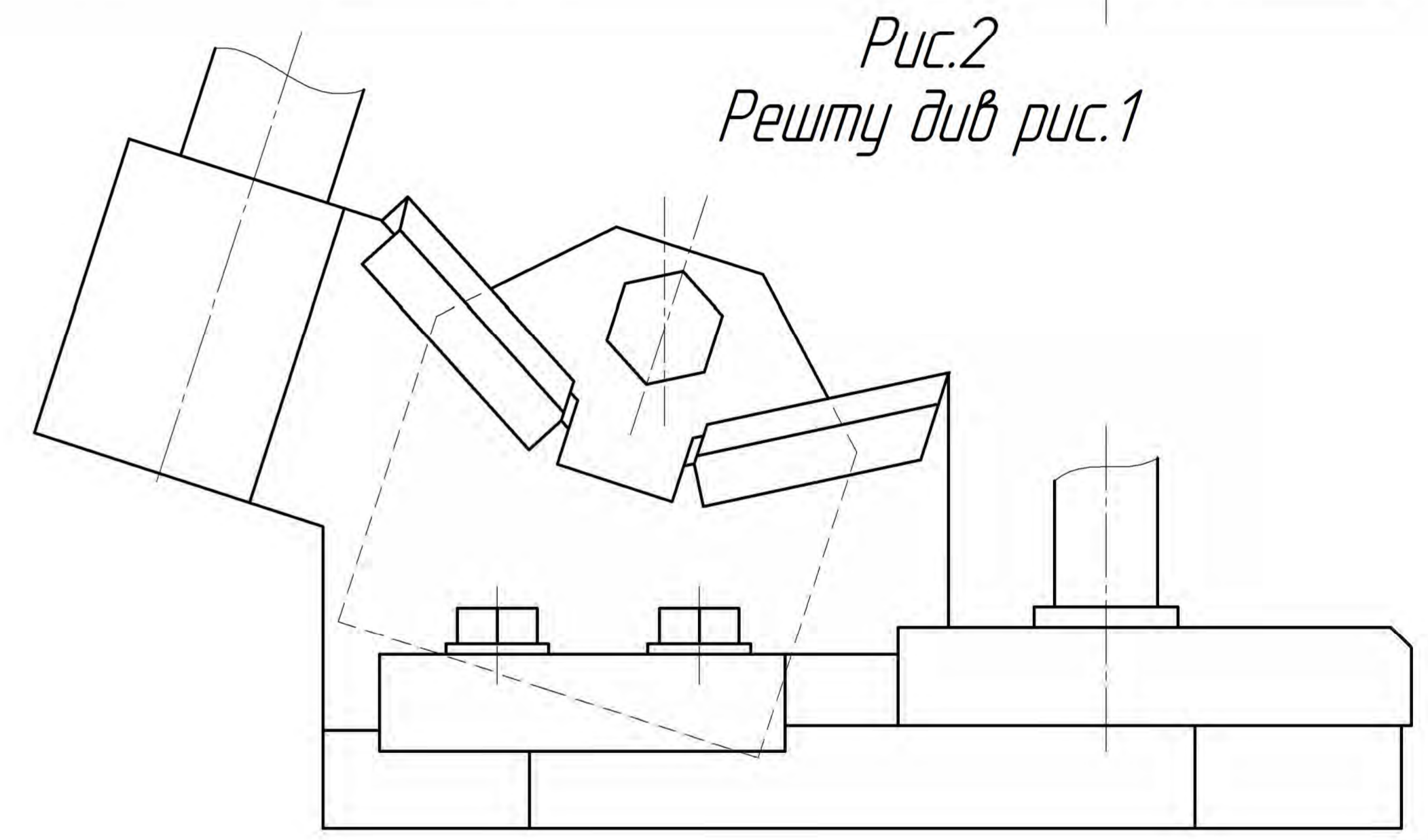
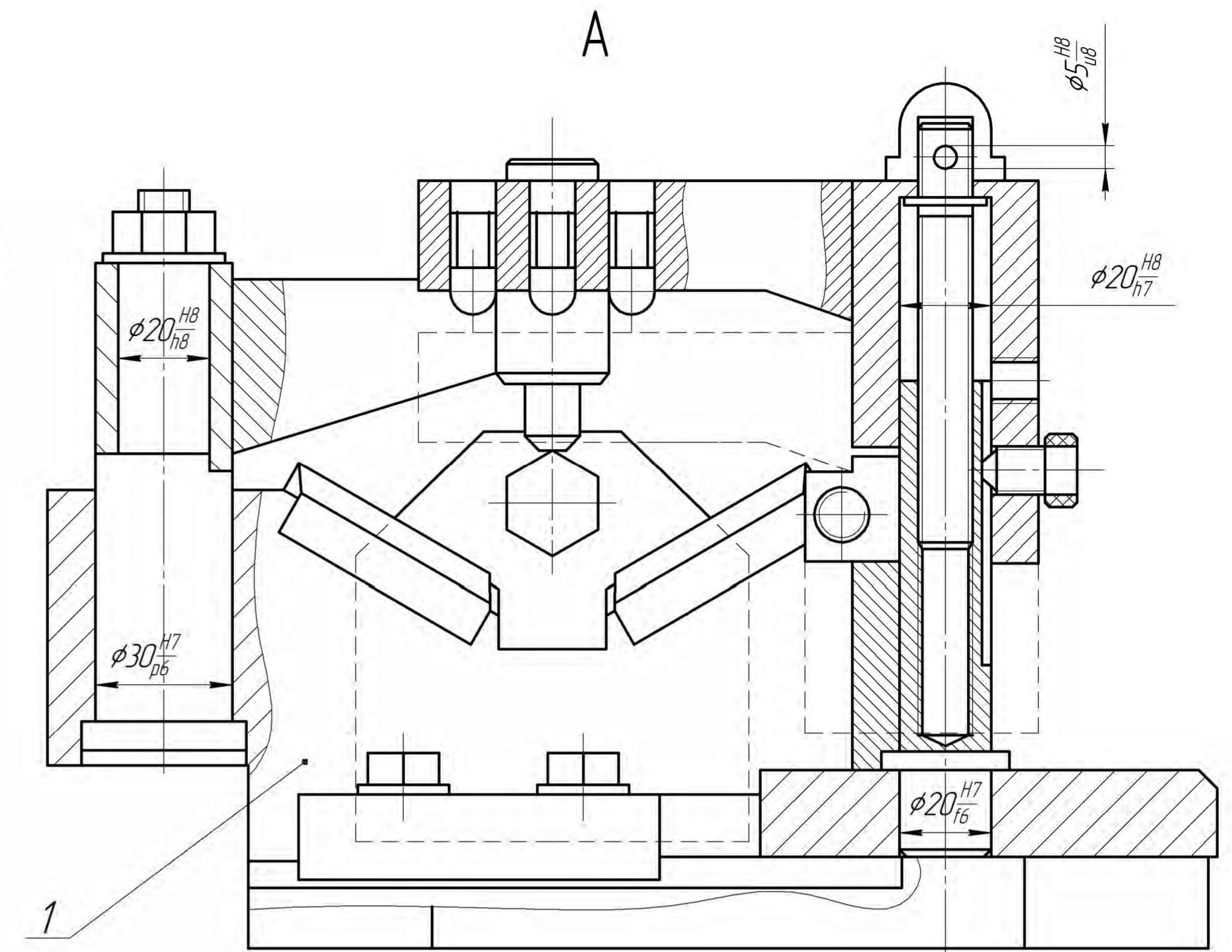
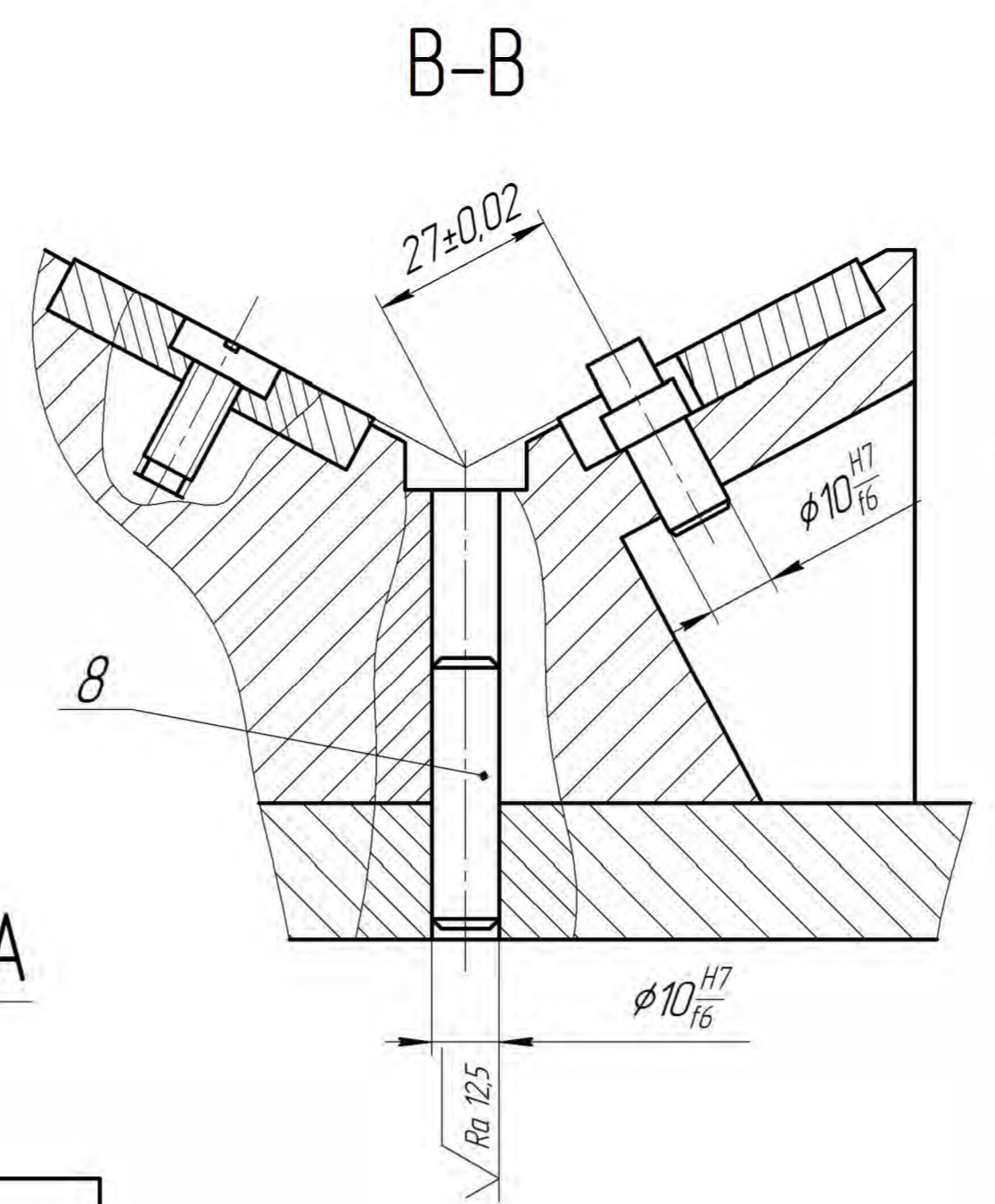
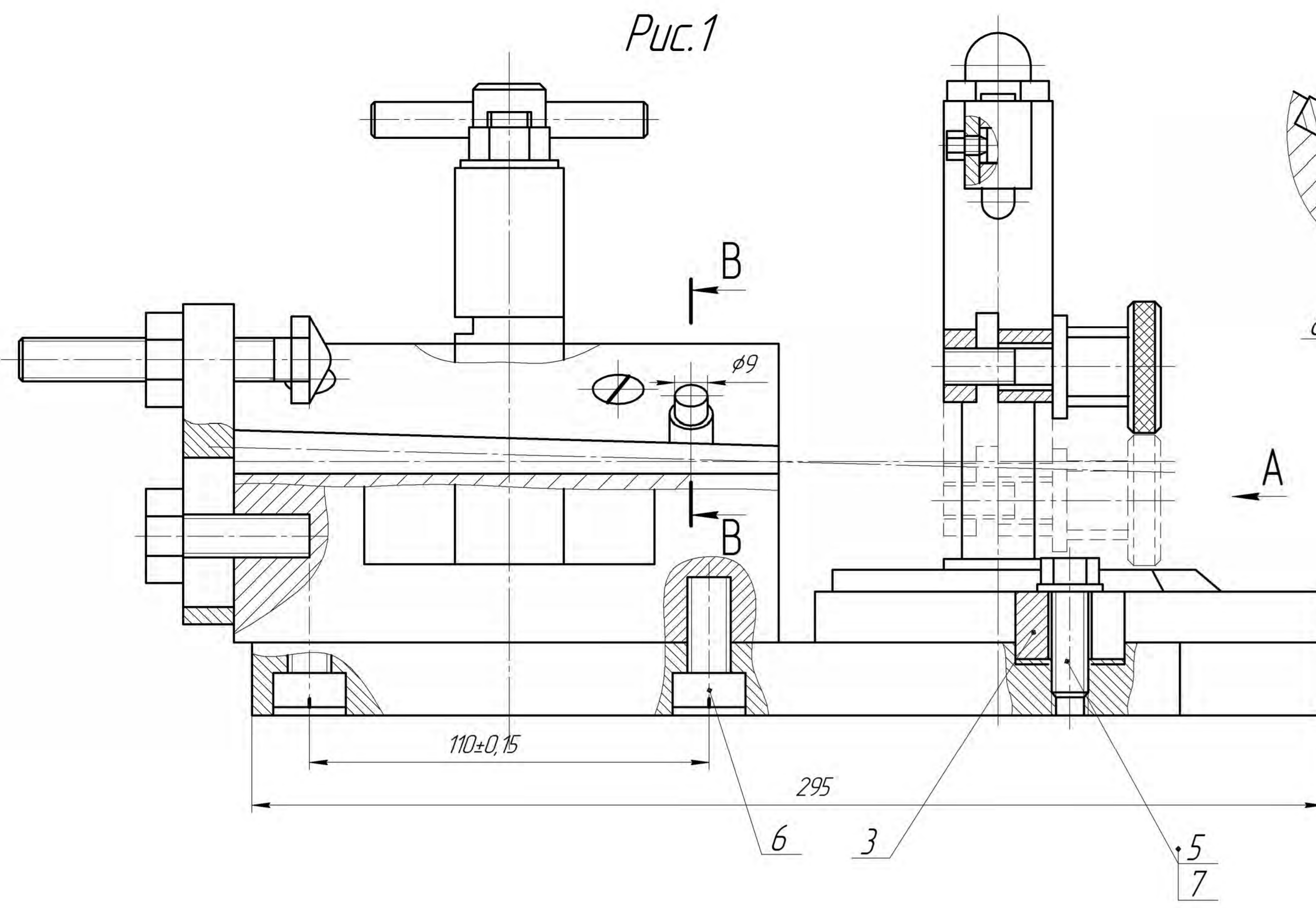
Г(1)



И-И

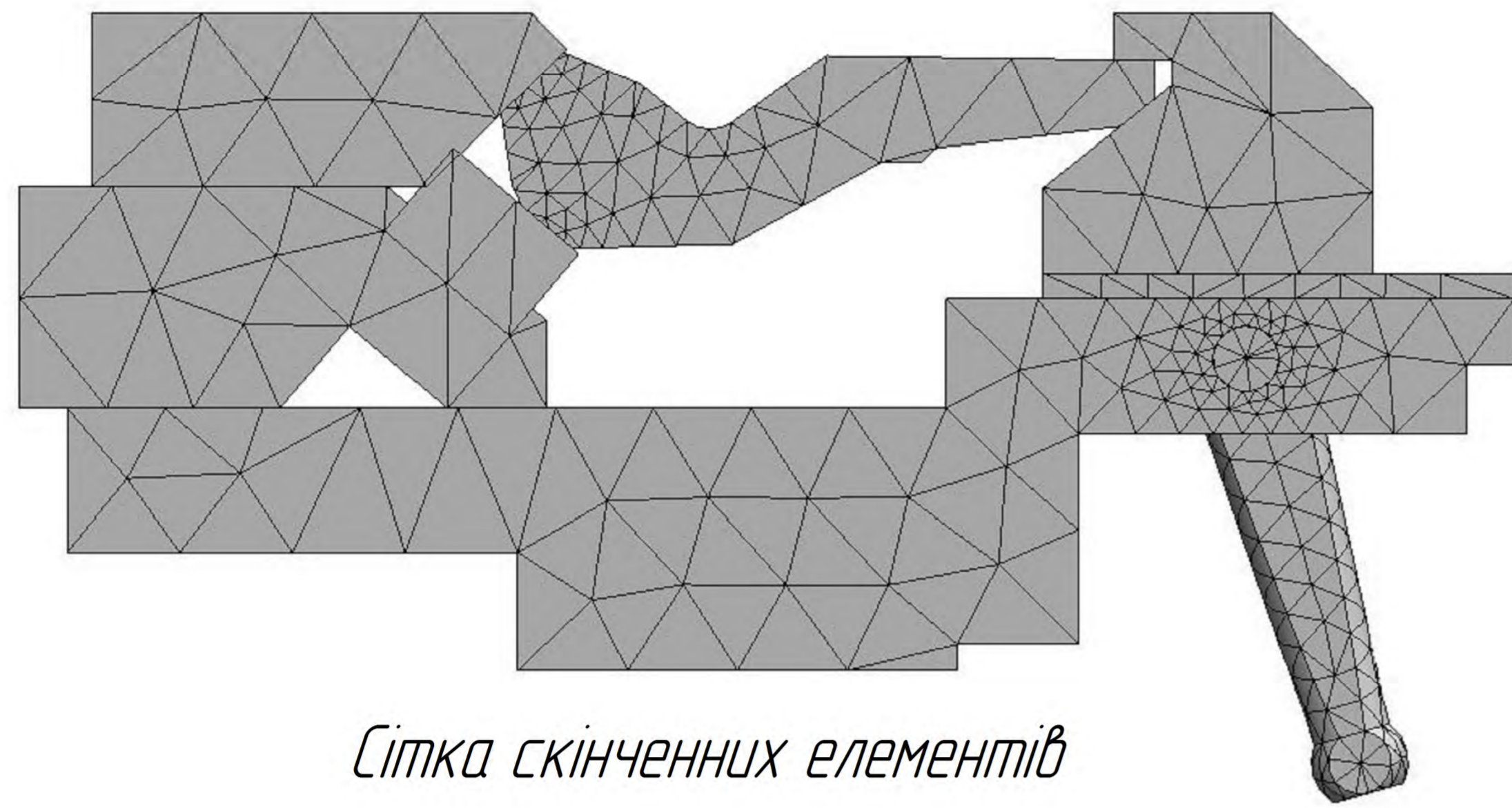


MP.ПМК-012.03.00.000 СК				Лит	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Н		1:1
Разроб.	Кернякевич			Архив	Архив	1
Перев.	Шуляр			ПМКМ-24-1		
Т.контр.	Шуляр					
Н.контр.	Шуляр					
Затв.	Панчик					

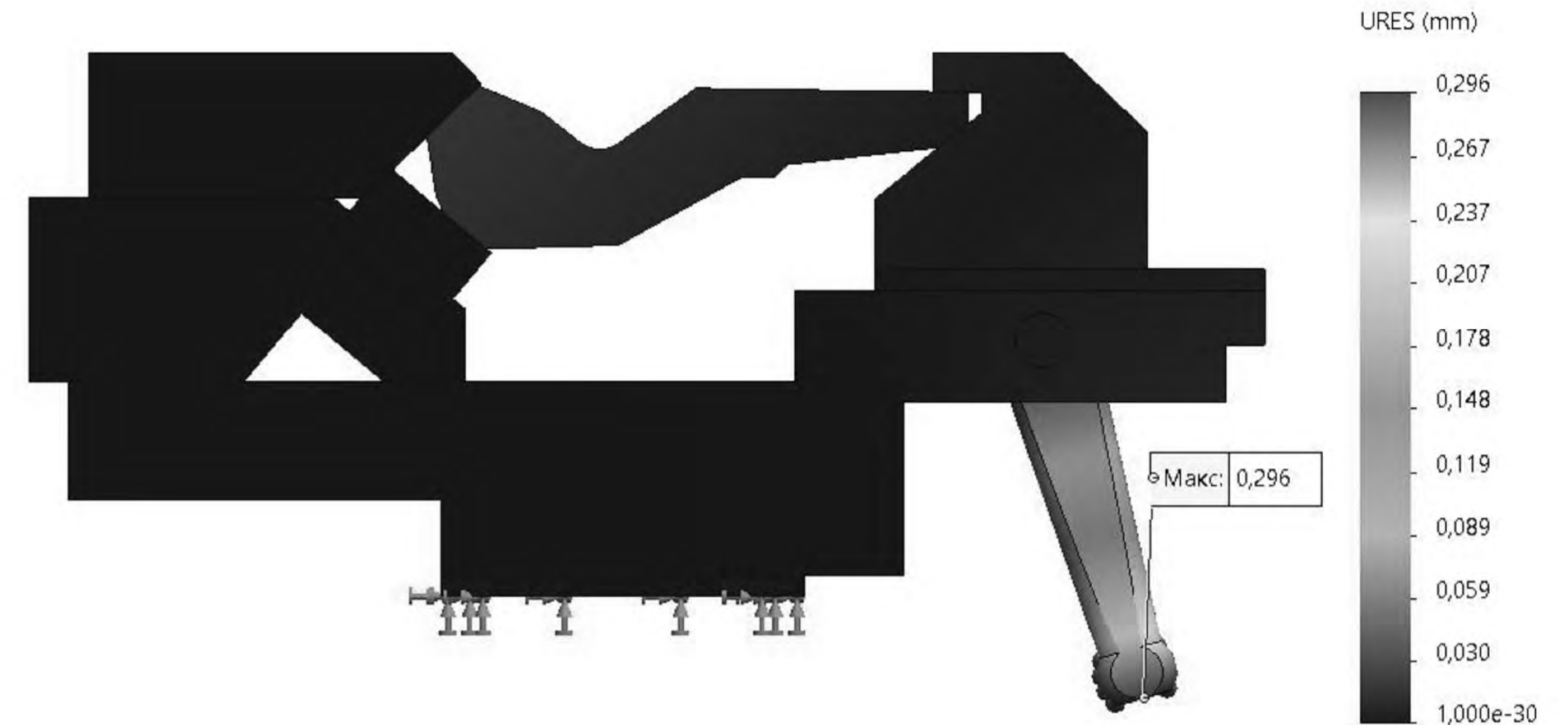


1. Наладку пристосування проводити по контрольному 8189-8007.01
2. Маркувати
3. На призмі позначення і прикріпити двома гвинтами М6-5g табличку розмірами 60x40x2 для маркування
4. *Обробити у зібраному виді
5. Контрольний параметр 54-046

MP.ПМК-021.04.00.000 СК				Лит	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ Док.	Підп.	Дата	Н		1:1
Разраб.	Кернякевич			Архив	Архив	1
Перев.	Шуляр			ІФНТЧНГ		
Т.контр.	Шуляр			ПМКМ-24-1		
Н.контр.	Шуляр					
Затв.	Панчик					



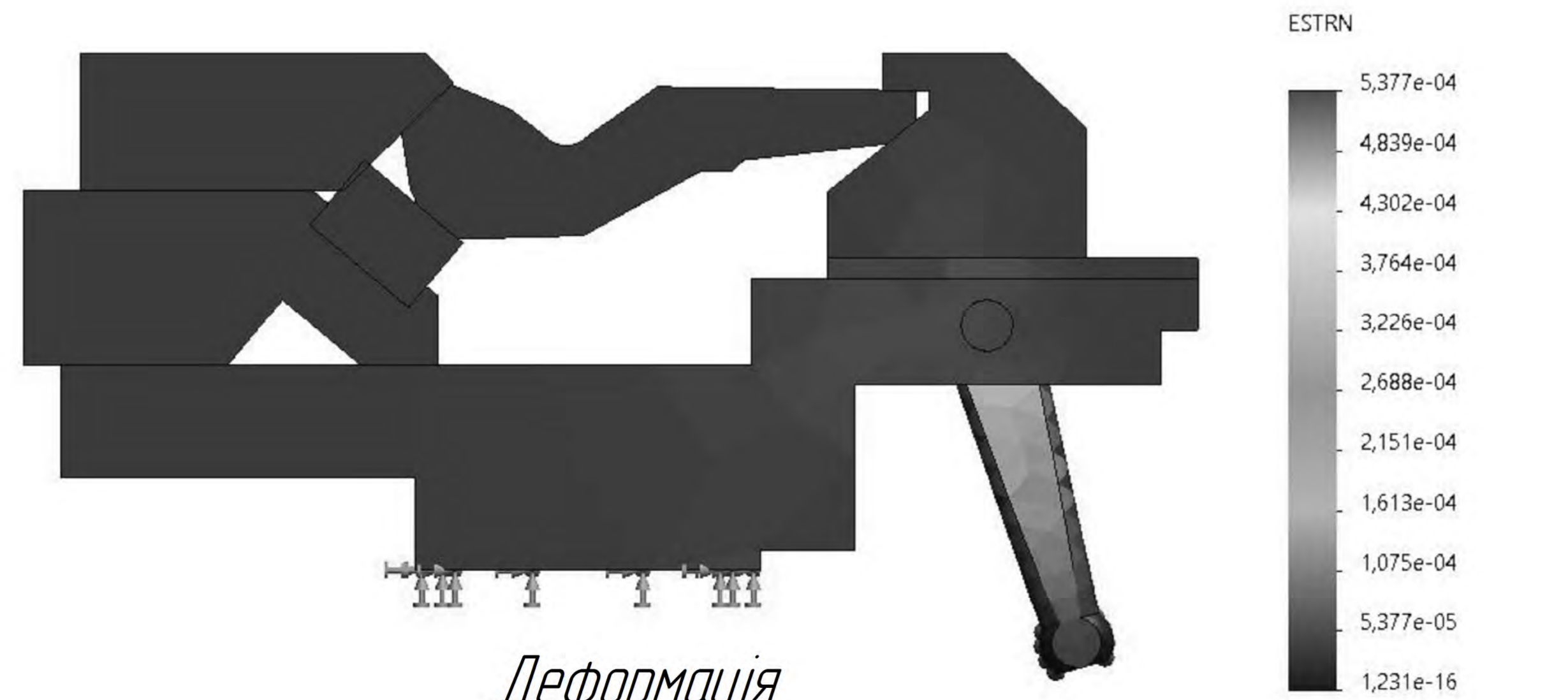
Сітка скінченних елементів



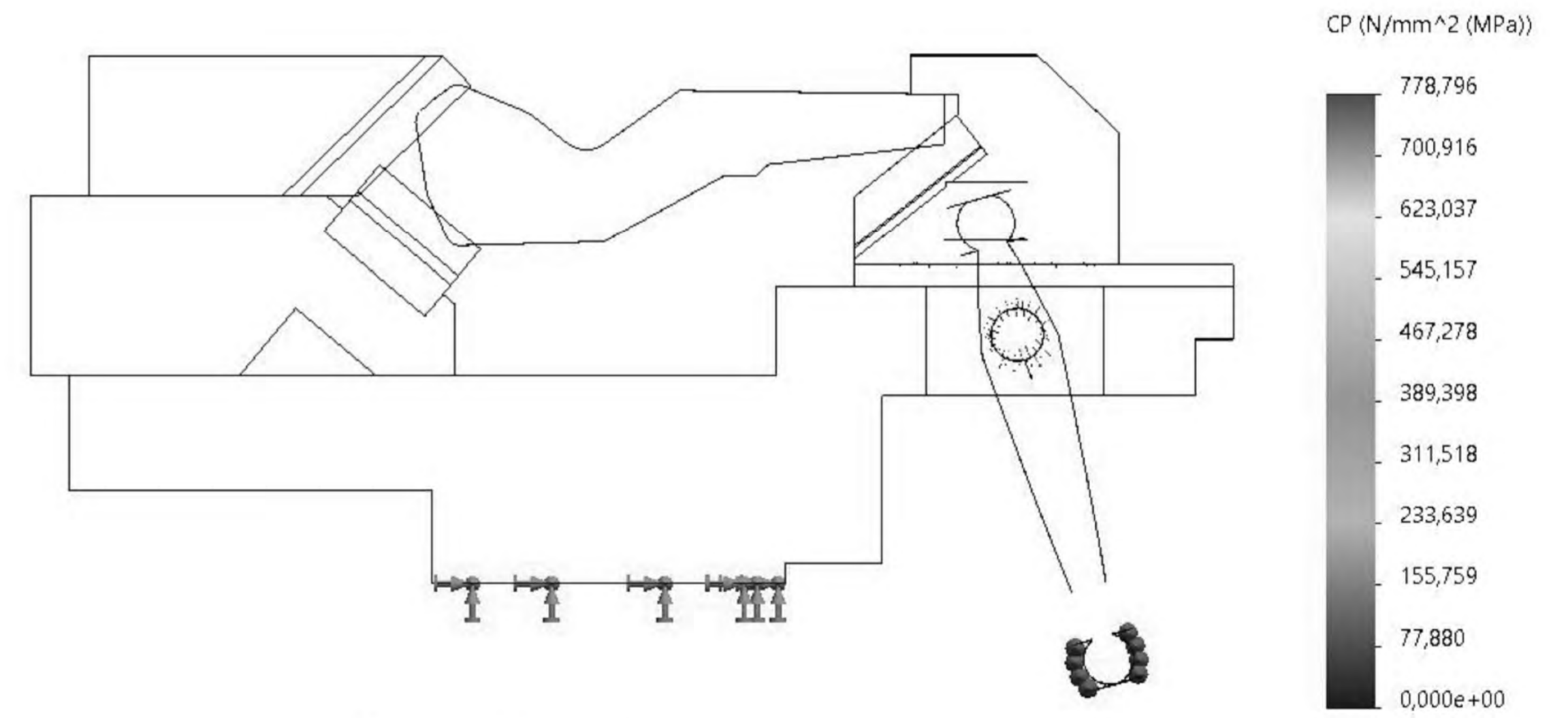
Переміщення



Еквівалентні напруження

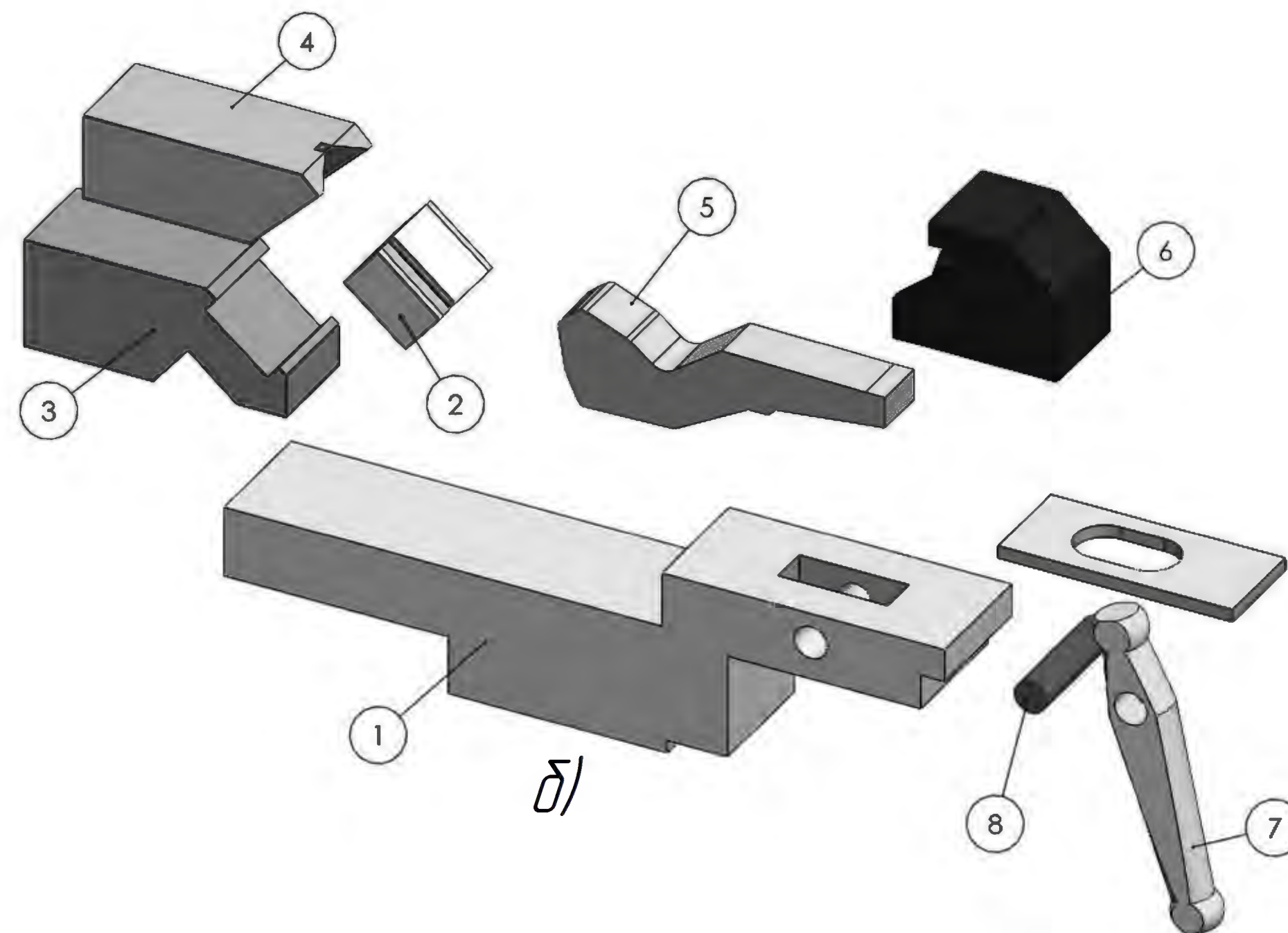
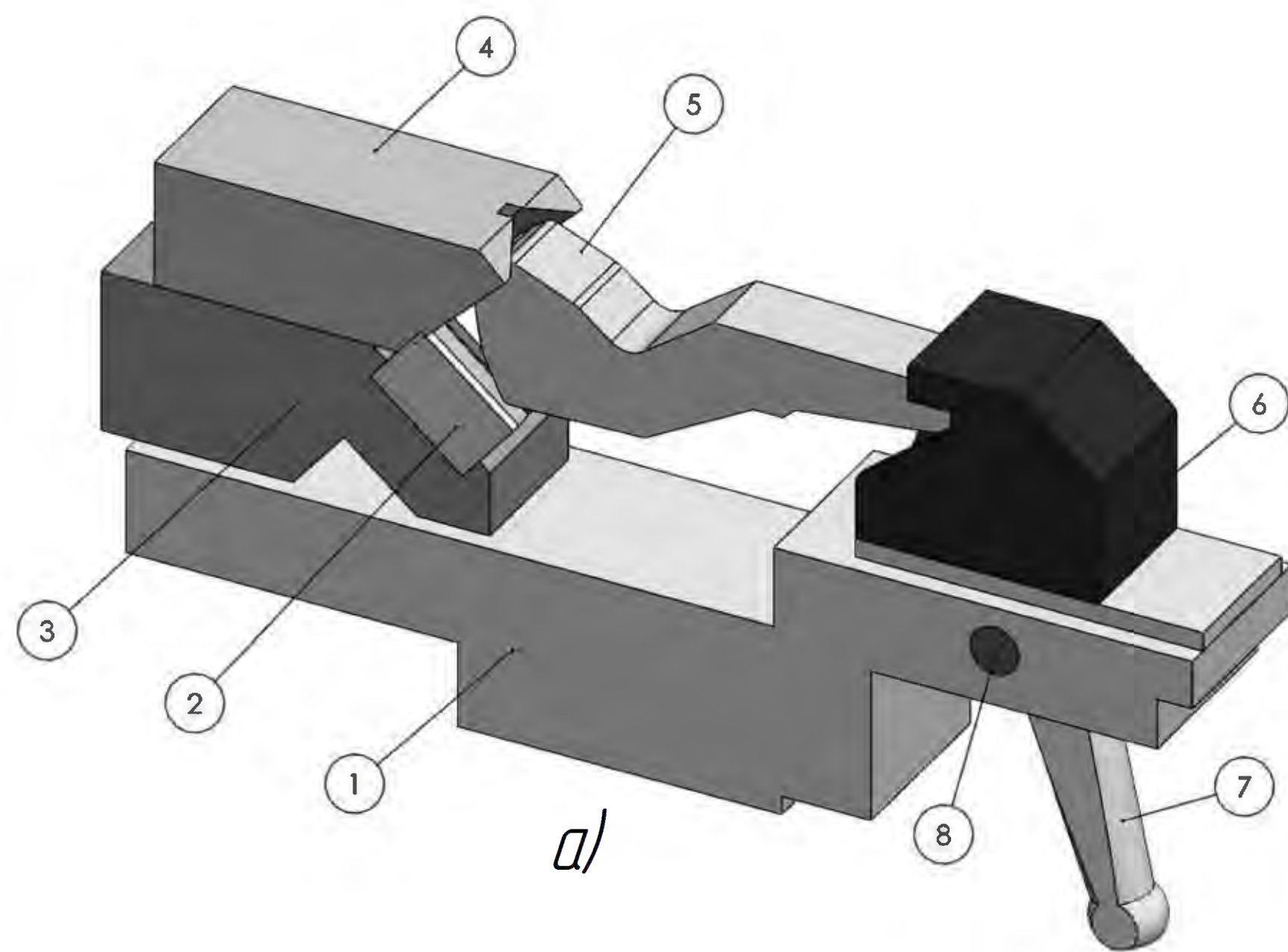


Деформація



Розподіл контактної тиску

					МР.ПМК-012.05.00.000 СХ			
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Імітаційне дослідження	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Кернякевич					Н		1:1
Перев.	Шуляр				Архив	Архив	1	
Т.контр.	Шуляр				ІФНТЧНГ ПМКМ-24-1			
Н.контр.	Шуляр							
Затв.	Панчик							



а) – модель у зібраному виді; б) – модель у рознесеному виді
 1 – основа; 2 – опора вставна; 3 – кріплення вставної опори; 4 – опора нерухома;
 5 – заготовка; 6 – опора рухома; 7 – важіль, 8 – вісь
 7 – пластина опорна; 8 – планка; 9

MP.ПМК-012.05.00.000 СХ					Лит	Маса	Масштаб
Эм.	Арх.	№ Доким.	Підп.	Дата	Тривимірні модель	Н	1:1
Разраб.	Кернякевич					Архив	Архив
Перев.	Шуляр						1
Т.контр.	Шуляр				ІФНТУНГ ПМКМ-24-1		
Н.контр.	Шуляр						
Затв.	Панчик						