

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Грабінський Віталій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус Р 79.41.102»

для умов середньосерійного типу виробництва
(назва роботи)

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

131-Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

В.П. Грабінський

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Костюк Назар Олегович, PhD, доцент кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

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

Рецензент

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

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

м.Івано-Франківськ-2024 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

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

Грабінський Віталій Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус Р 79.41.102» для умов середньосерійного типу виробництва

керівник роботи Костюк Назар Олегович, PhD, доцент кафедри КМВ

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

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

2. Строк подання студентом роботи 8 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі Корпус КР Р 79.41.102, Тип виробництва середньосерійний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ, 1. Конструкторсько-технологічний аналіз, 2.Проектування технології виготовлення деталі, 3.Проектування технологічної оснастки, 4.Науково-дослідна частина, 5.Перелік літературних джерел, 6.Додатки, 7.Графічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, креслення заготовки, карта наладки, аналіз точності, проектування верстатного пристрою, проектування контрольного пристрою, науково-дослідна.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костюк Назар Олегович, доцент кафедри КМВ		
2	Костюк Назар Олегович, доцент кафедри КМВ		
3	Костюк Назар Олегович, доцент кафедри КМВ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Студент _____
(підпис)

Грабінський В.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Костюк Н. О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи: «Технологічний процес виготовлення деталі «Корпус Р 79.41.102» для умов середньосерійного типу виробництва».

Розрахунково-пояснювальна записка: __ сторінки, __ рисунків, __ таблиць, __ посилань, __ аркушів ф. А4 додатків.

Графічна частина: __ аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі корпус та конструктивних параметрів верстатних та контрольного пристроїв.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення корпусної деталі ” Корпус Р 79.41.102”

Мета роботи – вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі ” Корпус Р 79.41.102”, який дозволить отримати деталь згідно технічних вимог. Відповідно до поставленого завдання у магістерській роботі проведено аналіз конструкції та типовий технологічний процес її виготовлення; метод отримання заготовки. За результатами аналізу, та враховуючи рекомендації літературних джерел було запропоновано проектний технічний процес її виготовлення для заданого типу виробництва, відповідно якому: обґрунтовано спосіб отримання заготовки; розраховано припуски та режими різання, а також норми часу на механообробні операції. Для підвищення продуктивності праці та забезпечення техніки безпеки при обробці деталі на металообробних верстатах, спроектовано верстатний пристрій, працездатність якого підтверджено розрахунками наведеними в пояснювальній записці. Запропоновано контрольний пристрій, який відстежує правильність виготовлення деталі. У науково-дослідній частині проведено дослідження впливу геометричних параметрів кріпильних елементів верстатних пристроїв на їхню міцність при закріпленні корпусних деталей. В додатках наведена технологічна документація та специфікація пристроїв.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *деталь, заготовка, технологічна операція, режими різання, швидкість різання, оснастка, пристрій, сила затиску, інструмент.*

Студент: Грабінський В.П.

SUMMARY

Qualifying master's thesis: " Technological process of manufacturing a part "Body R 79.41.102" for the conditions of medium-series production"

Calculation and explanatory note: __ pages, __ figures, __ tables, __ references, __ sheets f. A4 applications.

Graphic part: __ sheets of A1 format.

The object of the study is the substantiation of the technological parameters of the process of mechanical processing of the body part and the structural parameters of machine tools and control devices.

The subject of the study is the technological process of manufacturing the hull part " Body R 79.41.102"

The purpose of the work is to improve the manufacturing process of the part " R 79.41.102", which will allow to obtain the part according to the technical requirements. In accordance with the assigned task, the master's work analyzed the structure and the typical technological process of its manufacture; the method of receiving the workpiece. Based on the results of the analysis, and taking into account the recommendations of literary sources, a design technical process of its production was proposed for a given type of production, according to which: the method of obtaining the workpiece was substantiated; allowances and cutting modes are calculated, as well as time standards for machining operations. To increase labor productivity and ensure safety during the processing of parts on metalworking machines, a machine tool was designed, the efficiency of which was confirmed by the calculations given in the explanatory note. In the research part, the influence of the geometric parameters of the fastening elements of machine tools on their strength when fixing body parts was studied. The appendices contain the technological documentation and specification of the devices.

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

Keywords: part, workpiece, technological operation, cutting modes, cutting speed, tooling, device, clamping force, tool.

Student: Grabinsky V.P.

ЗМІСТ

Вступ

1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ.....	
1.1 Аналіз призначення і конструкції деталі.....	
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі по параметрам: отримання заготовки, точності, шорсткості, оброблюваність різанням.....	
1.2.2 Аналіз можливих методів обробки поверхонь.....	
1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії.....	
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	
2.1 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології.....	
2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки	
2.1.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу.....	
2.1.3 Опис вдосконаленого технологічного процесу.....	
2.2 Розробка операційної технології.....	
2.2.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.....	
2.2.2 Розрахунок режимів різання і уточнення моделей верстатів	
2.3. Аналіз точності обробки.....	
2.4 Проектування керуючої програми обробки на верстаті з ЧПК.....	
2.5 Нормування технологічного процесу.....	
3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ.....	
3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерного верстата	
3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	

					МР.ПМКм– .00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Грабінський			Пояснююча записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Костюк Н. О.					1	
Реценз.						ІФНТУНГ		
Н. Контр.		Костюк Н. О.				ПМКм-22-1		
Затверд.		Панчук В.Г.						

3.1.2	Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою.....
3.1.3	Розрахунок елементів пристрою на міцність.....
3.1.4	Розрахунок пристрою на точність
3.1.5	Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи
3.2	Розробка контрольного пристрою.....
3.2.1	Розрахунок пристрою на точність.....
3.2.2.	Опис конструкції і принципу роботи контрольного пристрою
3.3	Розрахунок спеціального різального інструменту.....
4.	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....
5.	ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....
6.	ДОДАТКИ.....
	Комплект технологічної документації.
	Специфікації загальних видів складальних креслень пристроїв.
7.	ГРАФІЧНА ЧАСТИНА
	Креслення в кількості 7 листів формату А1.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудування є однією з базових галузей промисловості України. Від стану цієї галузі залежить розвиток всього народного господарства. Основним завданням машинобудування є забезпечення всіх галузей промисловості, сільського господарства та сфери обслуговування сучасними високоефективними машинами та обладнанням.

В умовах ринкових відносин важливу роль відіграє собівартість і якість виробів. Вироби мають бути конкурентоспроможними. Для цього необхідно домагатися прискорення темпів росту виробництва, удосконалювати його організацію, застосовувати комплексну механізацію і автоматизацію технологічних і допоміжних операцій, зменшувати кількість працюючих.

Для подальшого розвитку машинобудування необхідно покращувати якісний склад обладнання, що випускається, збільшувати випуск верстатів з ЧПК, автоматизованого ковальсько-пресового обладнання, сучасного зносостійкого різального інструменту тощо. Для зміни й оновлення продукції важливе значення має можливість швидкого переналагодження верстатів і підготовка їх до виробництва. В цьому випадку необхідно застосовувати гнучкі переналагоджувані лінії на базі багатоцільових верстатів і верстатів з ЧПК, особливо в умовах серійного виробництва

Важливу роль у підвищенні продуктивності праці відіграє правильна організація виробництва, впровадження передових методів і нових технологій обробки деталей, використання ефективних заходів щодо матеріало- та енергоощадності, а також раціональність вибору технологій виготовлення виробів.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

1.1 Аналіз призначення і конструкції деталі

Корпус лінійного електродвигуна являє собою металічну конструкцію, є несучою частиною пакета заліза індуктора і є основою для закріплення індуктора, направляючих і входних пристроїв кабелю живлення інших елементів. Корпус сприймає навантаження, які діють на індуктор, передає тягове зусилля і захищає індуктор ЛЕД від механічних пошкоджень і дій навколишнього середовища.

Особливі вимоги по точності і відхиленням по геометричній формі ставляться до поверхні вікна корпуса як нижнього так і верхнього, шорсткість $Ra = 1,6$ мкм, відхилення від перпендикулярності - 0,05 мм, паралельності - 0,05 мм. Також вимоги ставляться до поверхні паза корпуса так як там буде розміщений пакет магнітних пластин. Всі інші поверхні корпуса мають тільки конструктивне призначення.

Загальний вигляд корпуса і позначення поверхонь корпуса представлено на рисунку 1.1

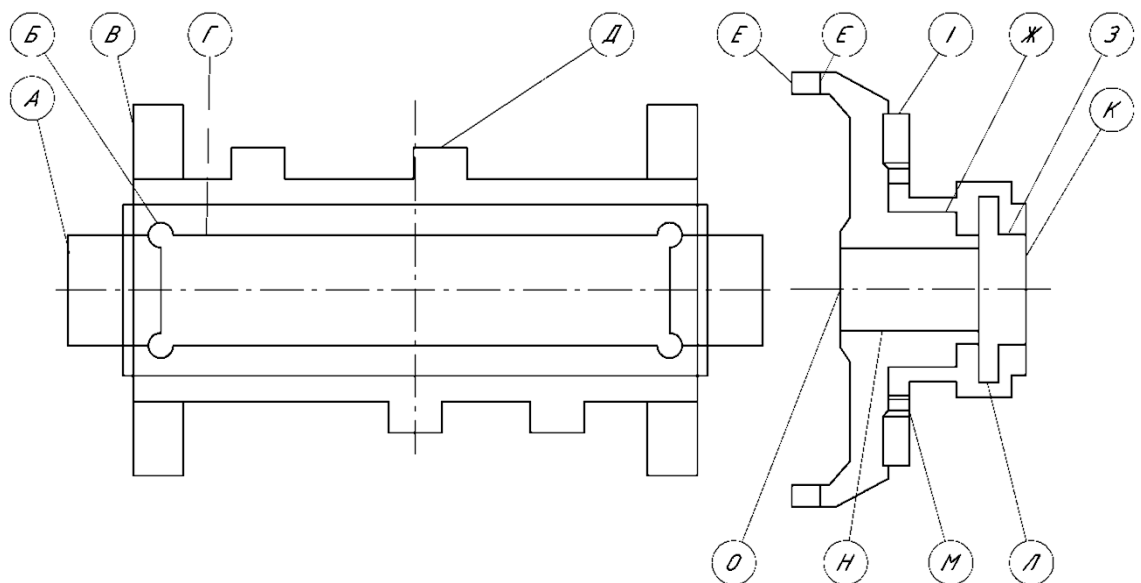
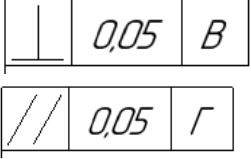
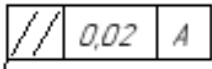


Рисунок 1.1. Позначення поверхонь корпуса

На основі даного огляду складемо таблицю і занесемо в неї технічні вимоги на виготовлення корпуса.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Вимоги до точності розмірів і якості поверхонь

№ пов.	Конструкція та службове призначення поверхні	Розміри, мм	Квалітет, IT	Степінь точності форми і розміщення їх допуску	Шорсткість
1	2	3	4	5	6
1 (А)	Торцева поверхня, основна конструкторська база, технологічна база.	27 x 7	6	–	Ra 6,3
2 (Б)	Внутрішня циліндрична поверхня, технологічна база.	R3	7	–	Ra 6,3
3 (В)	Торцева поверхня, основна конструкторська база, технологічна база.	106 x55	14	–	Ra12,5
4 (Г)	Внутрішня плоска поверхня, допоміжна конструкторська база, технологічна база.	35 x 200,5	14		Ra12,5
5 (Д)	Плоска поверхня, конструкторська база, технологічна база.	86 x 15,5	8	–	Ra1,6
6 (Е)	Плоска поверхня, конструкторська база, технологічна база.	55 x 8	8	–	Ra1,6
7 (Є)	Плоска поверхня, конструкторська база, технологічна база.	8,2 x10,5	8	–	Ra1,6
8 (Ж)	Внутрішня плоска поверхня, допоміжна конструкторська база, технологічна база.	35 x 205	8	–	Ra1,6
9 (З)	Внутрішня плоска поверхня, допоміжна конструкторська база, технологічна база.	27 x 193,5	14	–	Ra2,5
10 (К)	Торцева поверхня, основна конструкторська база, технологічна база.	42 x 214	8		Ra 6,3
11 (Л)	Внутрішня поверхня, допоміжна конструкторська база	46 x 193,5	8	–	Ra 6,3
12 (М)	Внутрішня поверхня, допоміжна конструкторська база	M6	8	–	Ra 6,3
13 (Н)	Внутрішня поверхня, допоміжна конструкторська база, технологічна база.	23 x 193,5	7	–	Ra 6,3
14 (О)	Плоска поверхня, конструкторська база, технологічна база.	200,5 x 33,6	7	–	Ra 6,3
15 (П)	Поверхня, конструкторська база	M5	7	–	Ra 6,3

Арк.

МР.ПМКм= .00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 10 ГОСТ1050-82, %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			<i>не більше</i>			
0,1÷0,14	0,17÷0,37	0,35÷0,5	0,0010	0,010	0,3	0,3

Таблиця 1.3 – Механічні властивості Сталі 10 ГОСТ1050-82

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	d_H , Дж/см ²	НВ (не більше)
не менше					
360	610	16	40	50	241

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі по параметрам: отримання заготовки, точності, шорсткості, оброблюваність різанням.

Деталь виготовляється із сталі 10, яка поставляється у вигляді прокату. Конфігурація деталі така, що при даному методі отримання заготовки при обробці 60% матеріалу відходить в стружку. Для отримання конфігурації деталі при попередній обробці на фрезерному верстаті треба знімати більше припуску, через це відбувається затуплення інструменту, великий розхід електроенергії. Не технологічною в конструкції самої деталі є її мала жорсткість, наявність отворів діаметром 3мм. Але наявність тонких виступаючих частин і отвору діаметром 3мм визначається конструктивними міркуваннями і змінити їх неможливо. Бази в існуючому техпроцесі вибрані правильно. Оброблювані поверхні з точки зору точності і чистоти не викликають значних технологічних труднощів, дозволяють вести обробку на прохід і дають можливість обробляти декілька деталей одночасно високопродуктивним методом.

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі [8].

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{G_o}{G_{з.п}} \cdot \frac{1,4}{3,5} = 0,4, \quad (1.1)$$

де G_o – маса деталі по кресленню, кг;

$G_{з.п}$ – маса матеріалу заготовки з неминучими технологічними втратами, кг.

Коефіцієнти точності обробки деталі:

$$K_{т.ч} = \frac{\sum Q_{т.у.к}}{\sum Q_{т.у.о}} = \frac{1}{102} = 0.01, \quad (1.2)$$

де $Q_{к.т.ч}$ – число розмірів необґрунтованої степені точності;

$Q_{т.ч.о}$ – загальне число розмірів, які підлягають обробці.

Коефіцієнти шорсткості поверхні деталі

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{ш} = \frac{O_{ш.н}}{O_{ш.о}} = \frac{2}{13} = 0,154, \quad (1.3)$$

де $O_{ш.н}$ – число поверхонь деталей необґрунтованої шорсткості;

$O_{ш.о}$ – загальне число поверхонь деталі.

В результаті проведеного аналізу конструкції, технологічності та існуючого технологічного процесу механічної обробки корпусу можна зробити висновок, що в цілому деталь є технологічною, не викликає особливих труднощів у виготовленні, матеріал та конструкція деталі відпрацьовані на технологічність.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2. Аналіз можливих методів обробки поверхонь

Технологічні обробки поверхонь деталі за базовим технологічним процесом приведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Технологічні обробки поверхонь за базовим технологічним процесом

№ поверхні	Переходи механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, пристрій	Поверхні технологічних баз	Параметр точності взаємного розміщення, який при цьому досягається						
1	2	3	4	5						
1 (А)	Фрезерування напівчистове	Фрезерний	Б	–						
2 (Б)	Фрезерування напівчистове	Фрезерний	–	–						
3 (В)	Фрезерування напівчистове	Фрезерний	Б	–						
4 (Г)	Фрезерування напівчистове	Фрезерний	–	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">0,05</td> <td style="width: 20px;">В</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px;">//</td> <td style="width: 20px;">0,05</td> <td style="width: 20px;">Г</td> </tr> </table>		0,05	В	//	0,05	Г
	0,05	В								
//	0,05	Г								
5 (Д)	Фрезерування чистове	Фрезерний	–	–						
6 (Е)	Фрезерування чистове	Фрезерний	–	–						
7 (Є)	Фрезерування чистове	Фрезерний	–	–						
8 (Ж)	Фрезерування чистове	Фрезерний	–	–						
9 (З)	Фрезерування напівчистове	Фрезерний	Л, Д	–						
10 (К)	Свердління чистове	Свердлильний	–	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;">//</td> <td style="width: 20px;">0,02</td> <td style="width: 20px;">А</td> </tr> </table>	//	0,02	А			
//	0,02	А								
11 (Л)	Свердління чистове	Свердлильний	О, Ж, Л, Д	–						
12 (М)	Свердління чистове	Свердлильний	О, Ж	–						
13 (Н)	Нарізання різьби чистове	Свердлильний	О, Ж	–						
14 (О)	Нарізання різьби чистове	Свердлильний	Л, Д	–						
15 (П)	Нарізання різьби чистове	Свердлильний	Л, Д	–						

1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії.

Тип виробництва –серійний.

Форма організації виробництва – поточно-серійна.

Режим роботи підприємства – 2 зміни на добу.

Таблиця 1.7 – Трудомісткість операції за базовим технологічним процесом

№ операції	Назва операції	Тштк, хв
005	Вертикально-фрезерна	25,8
010	Вертикально-фрезерна	90,7
015	Вертикально-свердлильна	150,1
020	Координатно-розточна	102,9
025	Вертикально-фрезерна	21,2
030	Плоскошліфувальна	60,7
035	Фрезерна ЧПУ	22
040	Вертикально-фрезерна	16,4
		489,8

Визначаємо середній штучно-калькуляційний час за формулою

$$T_{\text{шт.к.сер}} = \frac{\sum T_{\text{штк}}}{n}, \quad (1.1)$$

де $T_{\text{штк}} = 489,8$ хв – сумарний штучно-калькуляційний час;

$n=8$ – кількість операцій.

$$T_{\text{шт.к.сер}} = \frac{489,8}{8} = 61,2 \text{ хв.}$$

Визначаємо такт випуску деталей за формулою

$$t_{\text{в}} = K_{\text{с}} \cdot T_{\text{шт.к.сер}}, \quad (1.2)$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт серійності (9, с.9). для середньо-серійного виробництва $K_{\text{с}}$ знаходиться в межах від 10 до 20, приймаємо $K_{\text{с}}=15$.

$$t_{\text{в}} = 15 \cdot 61,2 = 918 \text{ хв.}$$

Визначаємо розрахункову річну програму випуску деталі за формулою

$$N_p = \frac{F_g \cdot 60}{t_g}, \quad (1.3)$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $F_g=4029$ год. – дійсний фонд часу роботи обладнання при 2-змінній роботі (3, с.22).

$$N_p = \frac{4029 \cdot 60}{918} = 263 \text{ шт/рік.}$$

Приймаємо $N=265$ шт./рік.

Визначаємо розрахункову кількість деталей в партії за формулою

$$P_p = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (1.4)$$

де F – кількість робочих днів в році (3, с.22), $F=254$ дні;

a – періодичність запуску в днях (3, с.23), $a=12$.

$$P_p = \frac{265 \cdot 12}{254} = 12,1 \text{ шт}$$

Визначаємо розрахункове число змін для обробки партії деталей за формулою

$$C_p = \frac{T_{\text{шт.к.сер}} \cdot P_p}{F_o \cdot 0,8}, \quad (1.5)$$

де F_o – дійсний фонд часу роботи обладнання в зміну (3, с.22),
 $F_o=480$ хв.

$$C_p = \frac{61,2 \cdot 12,1}{480 \cdot 0,8} = \frac{740,50}{384} = 1,93$$

Приймаємо дві зміни, $C_{np}=2$.

Прийнятий обсяг партії деталей

$$P_o = \frac{C_{np} \cdot F_o \cdot 0,8}{T_{\text{шт.к.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{61,2} = \frac{768}{61,2} = 12,55 \approx 13 \text{ штук}$$

Отже приймаємо обсяг партії деталей 13 штук

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

На базовому підприємстві деталь виготовляється з заготовки отриманої з. Цей метод отримання заготовки не забезпечує достатньої точності.

Наведемо декілька альтернативних методів отримання даної заготовки:

1. Метод лиття. Заготовка могла б бути виготовлена литтям по виплавлених моделях, що суттєво б зменшило обсяг механічної обробки (точність $IT=11\div 12$, шорсткість $R_z 10\div 40$ мм). Але для цього довелося б замінити матеріал деталі: сталь 10 на сталь з підвищеними ливарними властивостями – сталь 40 Л, в результаті чого змінилися б фізичні, хімічні та механічні властивості матеріалу.

2. Метод штампування. Заготовка могла б виготовлятися штампуванням в відкритих штампах з одночасним отриманням отвору на КГШП. Сталь 10 відноситься до групи матеріалів, які задовільно піддаються гарячому об'ємному штампуванню.

Базове отримання заготовки прокат.

Маса прокату 6,75 кг

Вартість заготовки 44,58грн

Коефіцієнт використання матеріалу 0,21

Проектний варіант отримання заготовки:

У відповідності з ГОСТ 7056-89 встановлюємо характеристики поковки:

- клас точності – Т4;
- група сталі – М2;
- конструкція поверхні роз'єму штампа – П (пряма);
- степінь складності визначаємо за формулою

$$C = \frac{G_n}{G_\phi}, \quad (1.7)$$

де G_n – орієнтовна маса поковки, кг;

G_ϕ – маса фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка.

$$G_n = G_{дет} \cdot K_p, \quad (1.8)$$

де $G_{дет}$ – маса деталі, $G_{дет}=1,4$ кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт (с.31, ГОСТ 7505-89), $K_p=1,35$.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_n = 1,4 \cdot 1,35 = 1,89 \text{ кг}$$

$$G_\phi = V_\phi \cdot \rho, \quad (1.9)$$

де V_ϕ – об'єм фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка,

$$V_\phi = 178343.95 \text{ мм}^3;$$

ρ – густина сталі, $\rho = 0,00000785 \text{ кг/мм}^3$.

$$G_\phi = 178343.94 \cdot 0,00000785 = 1,4 \text{ кг.}$$

Тоді

$$C = \frac{1,89}{1,4} = 1,35.$$

Отже, степінь складності поковки згідно ГОСТ 7505-89-С2.

Припуски і допуски на поковку приймаємо згідно ГОСТ 7505-88 встановлюємо наступні параметри:

Масу заготовки визначаємо за формулою

$$M_3 = V_3 \cdot \rho \quad (1.11)$$

де V_3 – об'єм заготовки, $V_3 = 447133,76 \text{ мм}^2$

$$M_3 = 447133,76 \cdot 0,00000785 = 3,51 \text{ кг}$$

Проведемо економічне обґрунтування вибору заготовки, для цього визначаємо технічні собівартості заготовки для базового і проектного технічного процесу.

Вартість заготовки отриманої штампуванням на КГШП визначаємо за формулою:

$$S_{заг}^{ум} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_1 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q_1 - q) \frac{S_{відх}}{1000} \quad (1.12)$$

де $C_i = 10100 \text{ грн/т}$ – вартість 1 т штамповок (3, с.37);

Q_1 – маса штамповки, $Q_1 = 3,51 \text{ кг}$,

k_T, k_C, k_b, k_M, k_n – коефіцієнти $k_T = 1$ (3, с.37), $k_C = 0,84$ (3, с.38, табл.2.12), $k_b = 0,87$ (3, с.38, табл.2.12), $k_M = 1,0$ (3, с.37), $k_n = 1,0$ (3, с.37),

q – маса готової деталі, $q = 1,4 \text{ кг}$;

$S_{відх}$ – вартість 1 т стружки, $S_{відх} = 1350 \text{ грн/т}$ (прейскурант цін на металолом)

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{заг}^{шт} = \left(\frac{9800}{1000} \cdot 3,51 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) -$$

$$-(3,51 - 1,4) \frac{1350}{1000} = 24,74 \text{ грн / шт}$$

Знаходимо коефіцієнти використання матеріалу за формулою

$$KBM_{заг}^{шт} = \frac{q}{Q_1} = 0,49, \quad (1.15)$$

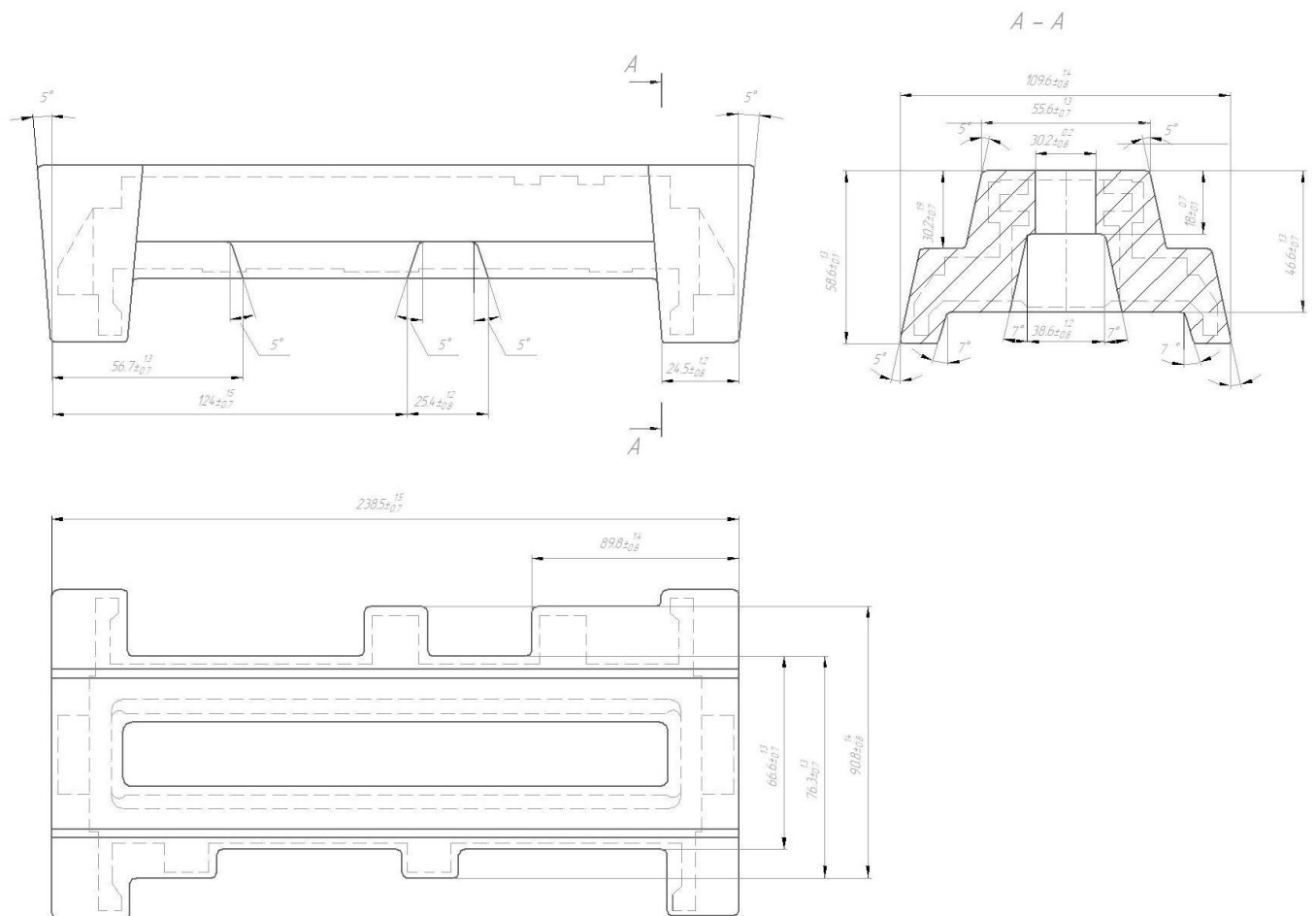


Рисунок 1.1 – Ескіз заготовки корпусу

Порівняння методів одержання заготовки

Вид заготовки	Прокат	Штамповка
Вартість заготовок	44,58	24,74
Коефіцієнт використання матеріалу	0,21	0,49

2.1.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

В існуючому техпроцесі передбачено отримання заготовки з прокату, що недоцільно виходячи із конфігурації деталі. На чорнову обробку припадає велика кількість металу, що приводить до зменшення коефіцієнту використання матеріалу.

В існуючому техпроцесі при виборі баз дотримується принцип постійності баз, конструктивна і технологічна бази співпадають.

Послідовність операцій для досягнення даної точності деталі має деякі недоліки. Для досягнення заданої точності не було необхідності застосовувати шліфувальну операцію. Така точність і шорсткість може бути досягнута тонким фрезеруванням. При застосуванні шліфування нам необхідно буде через в'язкість матеріалу деталі часто замінити круги і крім цього заміна на тонке фрезерування дозволяє замінити універсальне обладнання. Також не було необхідності у координатно-розточувальній операції, яка вимагає високої кваліфікації робітника, іншого приміщення для верстата і крім цього це призводить до зменшення концентрації операцій.

В існуючому техпроцесі застосовується стандартний різальний інструмент, що задовольняє необхідні методи обробки, але для оброблення деяких поверхонь необхідно замінити інструмент.

Універсальне обладнання, яке застосовується у базовому технологічному процесі, застаріле по своїх технологічних можливостях що заставляє у новому технологічному процесі, використовувати сучасні багатоцільові верстати з ЧПК, а саме фірми «HAAS», що дозволить сконцентрувати операції та підвищити точність оброблення використовуючи один або два установи. Використання багатоцільових верстатів та нових інструментальних матеріалів дозволяє значно скоротити час обробки деталі, що в свою чергу призводить до зменшення собівартості, збільшує прибуток підприємства та його конкурентоспроможність на ринку даної продукції. Враховуючи ці аспекти необхідно розробити технологічний процес у якому буде використовуватись новітнє обладнання і його використання буде економічно доцільним для підприємства.

Для досягнення мети ставляться наступні цілі:

1. Застосувати метод виготовлення заготовки штамповкою, що дозволить наблизити її конфігурацію до конфігурації деталі, що суттєво зменшить чорнову фрезерну обробку, зменшить припуски на мехобробку.

2. Основний об'єм механічної обробки пропонується проводити на багатоцільових верстатах з ЧПК, а саме фірми «HAAS», що збільшить концентрацію операцій та покращує якість обробки.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9 – Опис базового технологічного процесу

№ операції	Зміст операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	6P12
010	Вертикально-фрезерна	6P12
015	Вертикально-свердлильна	2H135
020	Координатно-розточна	2E450
025	Вертикально-фрезерна	6P12
030	Плоскошліфувальна	3Г71М2
035	Фрезерна ЧПУ	ИР-500
040	Вертикально-фрезерна	6P13

					МР.ПМКМ- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Опис вдосконаленого технологічного процесу

Таблиця 1.10 – Опис вдосконаленого технологічного процесу

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Обладнання
1	2	3
005	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати бокову поверхню в розмір 1. 3. Фрезерувати вікно в розмір 2, платики в розмір 3, витримуючи розмір 4. 	<p>Фрезерний з ЧПК 6P13Ф3</p>
010	<p>Багатоцільова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати площину в розміри 1, 2, 3, 4. 3. Фрезерувати контур деталі, дотримуючись розмірів 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. 4. Фрезерувати платики, дотримуючись розмірів 14 і 15. 5. Фрезерувати вікно за програмою, дотримуючись розміру 17. 6. Фрезерувати по контру, дотримуючись розміру 18 і 16. 7. Фрезерувати пази. 8. Фрезерувати кути у вікні, витримуючи розмір 20. 9. Центрувати отвори згідно програми та карти ескізу. 10. Фрезерувати площину в розміри 21, 22, 23, 24. 11. Центрувати отвори згідно програми та карти ескізу. 12. Фрезерувати платики, дотримуючись розмірів 14 і 15. 13. Свердлити 7 отворів в розміри 29, 30, 32. 14. Фрезерувати по контуру витримуючи розміри 18 і 16. 15. Фрезерувати 4 пази, дотримуючись розміру 19. 	<p>Свердлильно-фрезерно-розточувальний оброблюючий центр EC-1600 фірми HAAS.</p>

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3
020	Фрезерна з ЧПК 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. фрезерувати бокову поверхню в розмір 1.	6P13Ф3
025	Багатоцільова 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати два пониження, витримуючи розмір 2. 3. Фрезерувати паз в розмір 2 начисто.	6P13Ф3
030	Різьбонарізна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Нарізати різьбу 1 в розміри 2 і 3. 3. Нарізати різьбу 4 в розміри 5 і 6. 4. Нарізати різьбу 7 в розміри 8 і 9. 5. Нарізати різьбу 10 в розміри 11 і 12.	Різьбонарізний 2Д112РП

					МР.ПМКМ— .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розробка операційної технології

2.2.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

Проведемо розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку пазу 27 Н10^(+0,084). Переходи: чорнове, чистове, тонке фрезерування.

Мінімальний припуск при обробці внутрішніх і зовнішніх поверхонь обертання (двосторонній припуск) визначається за формулою [3]:

$$2Z_{min}=2\left[(Rz+h)i-1+\sqrt{\Delta\varepsilon_{-1}^2+\varepsilon_i^2}\right], \quad (2.8)$$

де R_{zi-1} – висота мікронерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta\sum i-1$ – сумарне відхилення розміщення поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності) і у деяких випадках відхилення форм поверхонь.

ε_i – похибка установки заготовки на переході, який виконується.

$$\rho_3 = \sqrt{0.9^2 + 1.4^2} = 1,66 \text{ мм.}$$

При визначенні допусків штампованих заготовок слід враховувати наступні фактори: недоштамування H_{od} , допустимого зношування кінцевого різця штампу I_m , коливання усадки заготовки по температурному інтервалу штамповки K_u і елемент допуску на залежний від зношування штампів. Допуски на розміри, які залежать від недоштамування або двохстороннього зношування штампів визначається так: $\delta = H_{od} + I_m + K_u$, при цьому верхнє відхилення (плюс) $B_o = H_{od} + \frac{K}{2}$; нижнє (мінус) $H_o = I_m + \frac{F}{2}$.

Допуск на поверхню становить:

$$\delta_3 = 1,8 + 0,9 + 0,056 + 2,756 = 3 \text{ мм.}$$

$$H_{od} = 1,8 \text{ мм.}$$

$$I_m = 0,9 \text{ мм.}$$

$$K_u = 0,056 \text{ мм.}$$

$$B_o = 0,9 + \frac{0,056}{2} = 0,93 \text{ мм (плюс).}$$

$$H_o = 1,8 + \frac{0,056}{2} = 1,83 \text{ мм (мінус).}$$

Величина кінцевого і просторового відхилення після чорнового розточування.

$$\rho_1 = 0,06\rho \cdot 0,06 \cdot 1,66 = 100 \text{ мкм.}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після напівчистового фрезерування:

$$\rho_2 = 0.05\rho = 0.05 \cdot 1.66 = 83 \text{ мкм.}$$

Похибка установки при чорновому фрезеруванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_i^2 + \varepsilon_z^2} = \sqrt{435^2 + 150^2} = 460 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_6 = \frac{b_n}{2} = \frac{870}{2} = 435 \text{ мкм, } b_p = 870 \text{ мкм, } \varepsilon_3 = 150 \text{ мкм.}$$

Похибка установки після чорнового фрезерування:

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (2.9)$$

$$\varepsilon_\delta = \frac{\delta_p}{2} = \frac{870}{2} = 435 \text{ мкм (заготовка перевстановлюється);}$$

$\varepsilon_3 = 90$ мкм (попередньо оброблена);

$$\varepsilon_2 = \sqrt{435^2 + 90^2} = 444 \text{ мкм.}$$

Кінцева похибка при чистовому фрезеруванні:

$$\varepsilon_3 = 0.05\varepsilon_2 + \varepsilon_{ind} = 0,05 \cdot 444 + 0 = 22 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{ind} = 0$ так як заготовка не перевстановлюється.

Мінімальне значення припуску:

$$2Z_{min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (2.10)$$

На чорновому фрезеруванні:

$$2Z_{min} = 2(150 + 250 + \sqrt{1660^2 + 460^2}) = 2 \cdot 2123 \text{ мкм.}$$

На напівчистове фрезерування:

$$2Z_{min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 444^2}) = 2 \cdot 555 \text{ мкм.}$$

$R_z = 50$ мкм; $T = 50$ мкм.

На чистове фрезерування:

$$2Z_{min} = 2(30 + 30 + \sqrt{83^2 + 22^2}) = 2 \cdot 131 \text{ мкм.}$$

$R_z = 20$ мкм; $T = 25$ мкм

$$H_{max4} = 24.084 - 2 \cdot 130 = 26.824 \text{ мм.}$$

$$H_{max3} = 26,824 - 2 \cdot 555 = 25,714 \text{ мм.}$$

$$H_{max2} = 25.714 - 2 \cdot 2125 = 21.464 \text{ мм.}$$

$$H_{max1} = 21.464 - 0.0 - 84 = 21.38 \text{ мм.}$$

$$H_{p1} = 27,084 - 0,131 \cdot 2 = 26,822 \text{ мм.}$$

$$H_{p2} = 26,822 - 0,555 \cdot 2 = 25,712 \text{ мм.}$$

$$H_{p3} = 25,712 - 2 \cdot 2.123 = 21,466 \text{ мм.}$$

$$2Z_{min}^{np} = 27.1 - 26.8 = 2 \cdot 150 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{min}^{np} = 26,8 - 25,7 = 2 \cdot 550 \text{ мкм.}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\min}^{np} = 26,8 - 25,7 = 2 \cdot 550 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min}^{np} = 25,7 - 21,5 = 2 \cdot 2100 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max}^{np} = 27 - 25,714 = 2 \cdot 43 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max}^{np} = 25,714 - 25,59 = 2 \cdot 62 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max}^{np} = 21,464 - 21,25 = 2 \cdot 107 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max}^{np} = 21,38 - 20,08 = 2 \cdot 650 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.6 Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку пазу 27 Н10^(+0,084)

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір Нр, мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків	
	R_z	Т	ρ	ε				H_{\min}	H_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	1660	-	Н16	21,466	1300	20,08	21,38	-	-
Чорнове фрезерування	50	50	100	460	2.2123	25,712	210	21,25	21,46	2,218	2,650
Напівчисте фрезерування	30	30	83	444	2.555	26,822	130	25,59	25,73	2,555	2,107
Чистове фрезерування	20	25	66	22	2.131	27,084	84	27	26,8	2,150	2,62

Розміщення полів припусків та допусків представлено на рисунку 2.2.

Для інших поверхонь припуски на обробку вибираємо табличним методом згідно відповідних довідників, таблиць ГОСТ.

Згідно ГОСТ7505-89 отримуємо:

$$\text{розмір } 234,5 = 234,5 + 2 \cdot 2 = 238,5 \pm_{0,7}^{1,5} \text{ мм,}$$

$$\text{розмір } 22,5 = 22,5 + 2 \cdot 1 = 24,5 \pm_{0,8}^{1,2} \text{ мм,}$$

$$\text{розмір } 106 = 106 + 2 \cdot 1,9 = 109,6 \pm_{0,8}^{-1,4} \text{ мм,}$$

$$\text{розмір } 16 = 16 + 2 \cdot 1 = 18 \pm_{0,1}^{0,7} \text{ мм,}$$

$$\text{розмір } 39 = 39 + 2 \cdot 1,8 = 42,6 \pm_{0,7}^{1,3} \text{ мм,}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

розмір 43 = $43 + 2 \cdot 1.8 = 46.6 \pm_{0.7}^{1.3}$ мм,

розмір 52 = $52 + 2 \cdot 1.8 = 55.6 \pm_{0.7}^{1.3}$ мм,

розмір 32,3 = $32,3 + 2 \cdot 1.8 = 35.9 \pm_{0.7}^{1.3}$ мм,

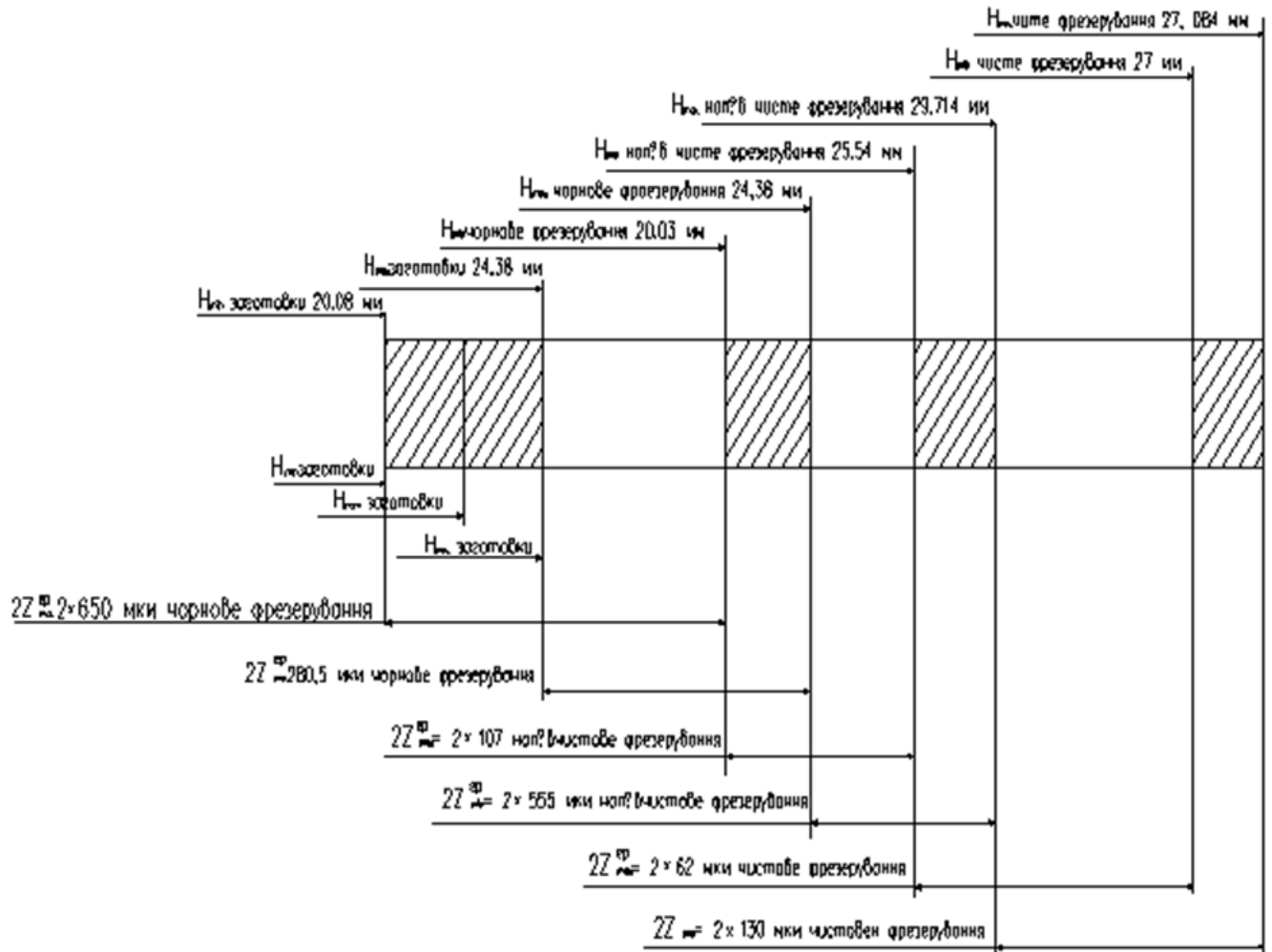


Рисунок 2.3. Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку пазу 27 H10(+0.084)

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2. Розрахунок режимів різання і уточнення моделей верстатів

2.2.2.1 Вибір різального і вимірного інструменту

Проведемо вибір ріжучого та вимірювального інструменту, що буде необхідний для здійснення спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі корпус та представимо його результати у вигляді Таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Вибір різального і вимірного інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		різальний	вимірювальний
1	2	3	4
005	Фрезерна з ЧПК	Фреза 2210-0063 ГОСТ24398-86	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{.0,1} ГОСТ166-80.
010	Багатоцільова	Фреза торцева 2223-0099. Фреза кінцева 2223-0093 Фреза кінцева 2220-1005 Свердло 2300-7525-03 Свердло 2300-0309 Свердло 2300-0142 Зенківка спеціальна. Розвертка 2363-0071.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 _{.0,1} ГОСТ166-80. Штангенрейсмус ШР-250 ГОСТ164-80.
015	Багатоцільова	Фреза торцева 2223-0099 Фреза кінцева 2223-0093 Фреза кінцева 2220-1005 Свердло 2300-7525-03 Свердло 2300-0309 Свердло 2300-0142 Зенківка спеціальна. Розвертка 2363-0071.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 _{.0,1} ГОСТ166-80. Штангенрейсмус ШР-250 ГОСТ164-80.
020	Фрезерна з ЧПК	Фреза 2210-0063 ГОСТ24398-86	Штангенциркуль ШЦ-I-125 _{.0,1} ГОСТ166-80.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
025	Фрезерна з ЧПК	Фреза торцева 2223-0099 Фреза кінцева 2223-0093 Фреза кінцева 2220-1005 Свердло 2300-7525-03 Свердло 2300-0309	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250 _{0,1} ГОСТ166-80. Штангенрейсмус ШР-250 ГОСТ164-80.
030	Різьбонарізна	Мітчики 2621-1089-03 ГОСТ3266-81	Штангенциркуль ШЦ-І-125 _{0,1} ГОСТ166-80.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2.2 Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним і нормативним методом

Розрахунок режимів різання окремо по кожній операції по кожному переході використовуючи довідкову літературу [5]. По трьох переходах робимо більш детальний розрахунок.

Операція 005 Фрезерна

перехід 1.

Фрезерувати площину розміром 32,3мм.

Фреза торцева T15K10 100мм $Z_{\phi} = 8$.

Глибина різання $t = 2,5$ мм.

Подача $S_z = 0.2$ мм [21].

Швидкість різання - окружна швидкість обертання фрези:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v \quad (2.11)$$

де T – стійкість інструменту $E = 180$ хв [5]

q, x, y, u, p – показники степені точності

C_v – коефіцієнт $C_v = 332$ [5]

$q = 0.2; x = 0.1; y = 0.4; u = 0.2; p = 0; m = 0.2$ [5].

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

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

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента;

$$K_{mv} = K_n \left(\frac{750}{\delta_s} \right)^{nv}; K_n = 1, n = 1, \delta_s = 650 [5].$$

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{650} \right) = 1.15$$

$$K_{nv} = 0.5 [5]; K_{uv} = 0.65 [5].$$

$$K_v = 1.15 \cdot 0.5 \cdot 0.65 = 0.37$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0.2}}{180^{0.2} \cdot 2.5^{0.1} \cdot 0.2^{0.4} \cdot 50^{0.2}} \cdot 0.37 = 147 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (2.12)$$

де D – діаметр фрези.

$$n = \frac{1000 \cdot 147}{\pi \cdot 1000} = 497 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо n по верстату $n_{cm} = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Головна складова сили різання при фрезеруванні – колова сила, Н.

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{mp} \quad (2.13)$$

де Z – число зубів фрези;

n – частота обертання фрези об/хв.;

K_{mp} – корегуючий коефіцієнт на якість матеріалу, що оброблюється;

$C_p = 825$, $x=1.0$, $y = 0.75$, $u = 1.1$, $q = 1.3$, $w = 0.2$ [5].

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta}{750} \right)^n; n = 0.3 \text{ [5].}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0.3} = 0.95.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2.5^{1.0} \cdot 0.2^{0.75} \cdot 50^{1.1} \cdot 8}{100^{1.3} \cdot 500^{0.2}} \cdot 0.95 = 2520 \text{ Н.}$$

Решта складових сил різання: горизонтальної (сила подачі) P_h ; вертикальної P_v ; радикальної P_y ; осьової P_x встановлюють з співвідношення с головною складовою P_z [5].

$$\frac{P_h}{P_z} = 0.7; \frac{P_y}{P_z} = 0.7; \frac{P_v}{P_z} = 0.4; \frac{P_x}{P_z} = 0.5; P_h = P_v = 1764 \text{ Н}; P_y = 1008 \text{ Н}; P_x = 1260 \text{ Н}.$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} \quad (2.14)$$

де D – діаметр фрези.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = \frac{2520 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 1260 \text{ Нм.}$$

Потужність різання (ефективна), кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2520 \cdot 147}{1020 \cdot 60} = 6 \text{ кВт}$$

Операція 015

Перехід 12.

Центрувати всі отвори по програмі.

Центрувальне свердло $\varnothing 2$ мм.

Глибина різання $t = 0.5D$; $t = 1$ мм.

Подача $S_{об} = 0,1$ мм/об [5].

Швидкість різання визначаємо за формулою: (м/хв.)

$$V = \frac{C_v P^q}{T^m S^y t^x} K_v, \quad (2.15)$$

де $C_v = 7,0$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ [5].

$T = 8$ хв [5].

$$v = \frac{7 \cdot 2^{0.4}}{8^{0.2} \cdot 0.1^{0.7} \cdot 1} 0.75 = 22.75 \text{ м/хв.}$$

Загальний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv}$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюючий матеріал;

K_{uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину свердлення.

$$K_{mv} = K_2 \left(\frac{750}{me} \right)^{nv}; K_2 = 1; nv = 1 [5].$$

$$K_{mv} = 1,15$$

$$K_{uv} = 0.65 [5].$$

$$K_{lv} = 1 [5].$$

$$K_v = 1.15 \cdot 0.65 = 0.75.$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 22.8}{\pi \cdot 2} = 1362.8 \text{ хв.}^{-1}$$
$$n = 1360 \text{ хв.}^{-1}$$

Крутний момент і осьову силу розраховуємо за формулами:

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p; P_o = 10C_p D^q S^y K_p,$$

де C_m , C_p , q , y – коефіцієнти.

$$C_m = 0,0345; q = 2,0; x = 0; y = 0,8; C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7 [5].$$

Коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки, що обробляється, і визначається виразом $K_p = K_{mp}$.

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_6}{750} \right)^n; n = 0.75 \quad [5]$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0.75} = 0.89$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,89 = 0,19 \text{ Нм.}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 2^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,89 = 241 \text{ Н.}$$

Потужність різання, визначаємо за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750}. \quad (2.16)$$

$$N_e = \frac{0.19 \cdot 1360}{9750} = 0.03 \text{ кВт.}$$

Операція 015 Багатоцільова.

Перехід 13.

Свердлити 14 отворів 6,3 мм.

Свердло спіральне 6,3 мм.

Глибина різання $t = 0,5 D$; $t = 3.15$ мм.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача $S = 0,2\text{мм/об}$.

Швидкість різання м/хв. при свердлінні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v. \quad (2.17)$$

де K_v – загальний корегуючий коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичну умову різання:

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv},$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал $K_{mv} = 1.15$ [5];

K_{uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал, $K_{uv} = 0.65$ [5];

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердлення, $K_{lv} = 1$ [5];

$$K_v = 1.15 \cdot 0.65 \cdot 1 = 0.75;$$

$$T = 15 \text{ [5];}$$

$$C_v = 7.0; Q = 0.4; y = 0.7; m = 0.2; \text{ [5].}$$

$$V = \frac{7 \cdot 6.3^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0.2^{0.7}} \cdot 0.75 = 20 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 6,3} = 1010 \text{ хв}^{-1}$$

Крутний момент і осьову силу розраховують за формулами:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p; \quad P_o = 10 C_p D^q S^y K_p, \quad (2.18)$$

де $C_m = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$;

$$C_p = 68; q = 1,0; y = 0,7 \text{ [5].}$$

Коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, залежать тільки від матеріалу заготовки, що обробляється і визначається виразом:

$$K_p = K_{mp}.$$

$$K_{mp} = 0,89 \text{ [5].}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,89 = 3,65 \text{ Нм.}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,89 = 1236 \text{ Н.}$$

Потужність різання, кВт визначаємо за формулою:

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{3.65 \cdot 1010}{9750} = 0.4 \text{ кВт.}$$

Решту режимів різання розраховуємо табличним методом по [6] та зводимо в Таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 Режими різання по операціях

№ операції, перехід	Назва операції	Глибина різання	Подача, м/хв	Швидкість головного руху, м/хв	Оберти, об/хв	Потужність різання, кВт	Норма шпунчного часу, $T_{шп}$, хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	
010	Фрезерна з ЧПК	2,5	680	251	500	9,47	$T_0=0,07$	
п.1	Багатоцільова	2,5	680	251	500	9,47	$T_0=0,07$	
п.2		2,5	38	60	300	2,62	$T_0=12$	
020								
п.1		2,5	720	147	500	6	$T_0=0,31$	
п.2		2,0	35	100	280	3,5	$T_0=1,14$	
п.3		1,8	30	22,75	360	4,23	$T_0=14$	
п.4		2,5	30	20,0	300	3,4	$T_0=5$	
п.5		1,9	32	12,0	270	2,4	$T_0=21$	
п.6		2,0	34	10,0	250	4	$T_0=6$	
п.7		1,9	30	12,0	250	3,5	$T_0=15$	
п.8		1,5	20	32,0	560	4,5	$T_0=11,6$	
п.9		1,3	24	30,0	600	4,0	$T_0=0,8$	
п.10		4,0	17	32,0	750	3,8	$T_0=0,72$	
п.11		3	370	42	267	0,66	$T_0=1,5$	
п.12		1	0,1	22,75	1360	0,03	$T_0=0,44$	
п.13		3,15	0,2	20,0	1010	0,4	$T_0=0,2$	
п.14		3	0,18	27,0	1500	0,31	$T_0=0,16$	
п.15		1,8	0,12	13,0	820	0,3	$T_0=0,16$	
п.16		1,5	0,1	20,0	1000	0,38	$T_0=0,4$	
п.17		1	0,1	22	1360	0,7	$T_0=1,6$	
п.18		1,0	15	35,0	750	3,0	$T_0=1,0$	
п.19		2,5	30	20,0	300	3,4	$T_0=0,88$	
п.20		2,0	25	25,0	500	3,8	$T_0=0,086$	
п.21		2,5	20	35,0	700	2,7	$T_0=0,12$	
п.22		1	0,1	24,0	1400	0,08	$T_0=0,5$	
п.23		1,5	0,13	20,0	1010	0,4	$T_0=0,5$	
п.24		0,8	15	12,5	800	2,5	$T_0=0,6$	
п.26		2,0	25	25,0	500	3,8	$T_0=0,4$	
п.27	1	0,1	25	1350	0,05	$T_0=0,0T_0$		
п.28	1,5	0,12	15	950	0,3	$=0,04$		

Закінчення табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
030	Багатоцільова						
п.1		2	30	20,0	280	2,4	$T_0=6,0$
п.2		2	28	24,0	300	3,0	$T_0=0,12$
п.3		2,5	34	28,0	340	3,1	$T_0=0,1$
п.4		2,5	35	30,	350	4,1	$T_0=1,5$
п.5		2	25	20,0	270	2,7	$T_0=18,2$
п.6		2,3	30	24,0	300	2,8	$T_0=1,86$
п.7		1,5	10	24,5	780	1,7	$T_0=44,2$
п.8		1	0,1	23,0	1350	0,04	$T_0=0,12$
п.9		1,5	0,2	20,0	1000	0,4	$T_0=0,1$
п.10		1,2	0,2	21,	1300	0,35	$T_0=0,12$
п.11		4	20	35,0	700	3,5	$T_0=2,7$
п.12		4	18	30,0	750	3,8	$T_0=3,3$
040	Фрезерна з ЧПК						
п.1		0,8	27,0	27,0	350	2,8	$T_0=2,2$
п.2		0,8	30,0	30,0	370	3,0	$T_0=2,8$
п.3		0,7	30,0	30,0	370	3,0	$T_0=4$
050	Фрезерна з ЧПК						
п.1		0,3	150	150	500	6	$T_0=0,048$
п.2		0,5	20	20	700	3,2	$T_0=25,9$
п.3		0,3	145	145	510	6	$T_0=0,6$
п.4		0,3	147	147	500	6	$T_0=0,6$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Аналіз точності обробки

Розглянемо точність обробки розміру $43_{-0,087}$ на 010 операції

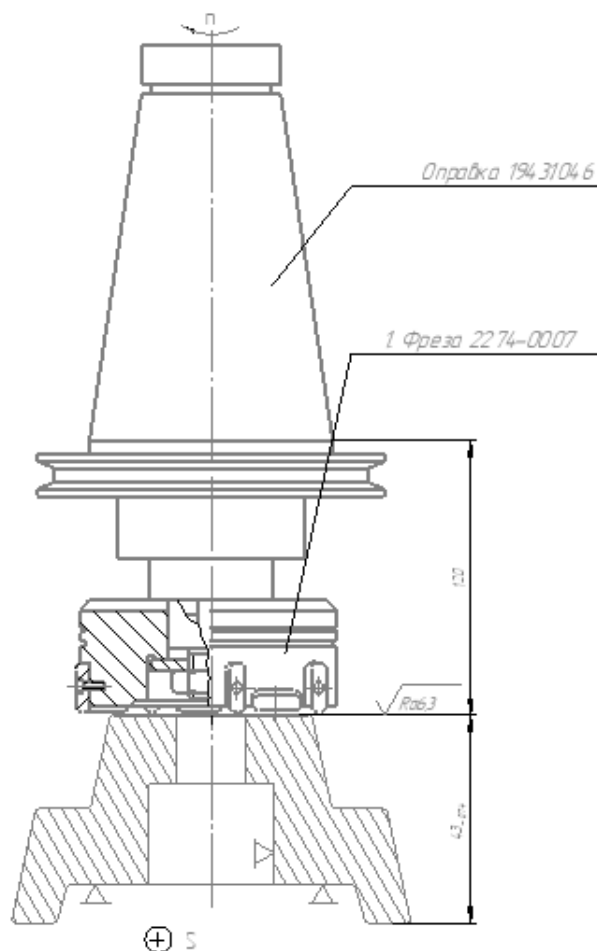


Рисунок 9.1 – схема обробки поверхні $43_{-0,087}$

Вхідні дані до розрахунку:

Оброблюють площину на свердильно-фрезерно-розточувальному оброблюючий центр ЕС-1600 фірми HAAS. Матеріал деталі сталь 10 $\sigma_s = 980 \text{ МПа}$. Деталь закріплюється за допомогою пристрою спеціального.

Інструмент – торцева фреза, оснащений пластинами з твердого сплаву Т5К10.

Глибина різання $t_{\max} = 1 \text{ мм}$ $t_{\min} = 0,678 \text{ мм}$

Подача $S = 0,4 \text{ мм/об}$

Швидкість різання $V = 251 \text{ м/хв}$

Частота обертання $n = 320 \text{ хв}^{-1}$

Основними похибками що виникають при точінні циліндричної поверхні і впливають на точність її розміру—закриваючої ланки технологічного ланцюга є:

Δv —похибка форми від геометричної неточності верстата $\Delta v = \Delta' v + \Delta'' v$,

					МР.ПМКМ— .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Δ'_b – похибка зумовлена плоскістю поверхні

Δ''_b – похибка, паралельності верхньої поверхні основи

Δ_n – похибка настроювання системи ВПід на отримання заданого розміру. При багаторазовому настроюванні вона має випадковий характер проявлення в часі;

Δ_y – похибка від зміни величини деформації системи ВПід внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною механічних властивостей оброблюваного матеріалу і глибини різання від t_{max} до t_{min} . Оскільки деталь жорстка то зміни податливості системи по довжині обробки нехтуємо. Δ_y – випадкова похибка.

Δ_i – похибка від розмірного спрацювання фрези, береться зі знаком „-”, систематична, закономірно-змінна;

ΔT – похибка від теплової деформації фрези, береться зі знаком „+”, систематична, закономірно-змінна.

Похибка форми для розрахунку похибок, значення параметрів, від яких залежать похибки, та джерела інформації, а також результати розрахунку похибок зведені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 — Розрахунок похибок обробки

Формули та розрахунок похибок обробки (на радіус)	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta'_b = a' = 0,04 \text{ мм}$	a' – плоскість поверхні зразка, мм a'' – паралельність верхньої поверхні зразка, основи, мм;	$a' = 0,04 \text{ мм}$ $a'' = 0,04 \text{ мм}$ [табл. 12, с.59, 6]
$\Delta''_b = a'' = 0,04 \text{ мм}$		
$\Delta_b = \Delta'_b + \Delta''_b = 0,04 + 0,04 = 0,08 \text{ мм}$		
$\Delta_n = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{вим}}{1}\right)^2 + \Delta_p^2} = \sqrt{\left(\frac{0,05}{1}\right)^2 + 0,02^2} = 0,05$	$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання, мм; Δ_p – похибка регулювання положення різця, мм.	$\Delta_{вим} = 0,05 \text{ мм}$ – штангенциркуль $\Delta_p = 0,02 \text{ мм}$ – регулювання здійснюється по індикатору.

						МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 9.2 — Результати розрахунку систематичної похибки в мкм.

τ , хв.	0	5	10	20	40	60	80	120
Δ_i	0	6,765	10,53	18,06	33,12	48,18	63,24	93,36
Δ_T	0	29,96	38,55	41,717	42	42	42	42
$\Delta_{сум}=(\Delta_i-\Delta_T)$	0	-23,2	-28	-23,7	-8,9	6,18	21,24	51,36

З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_T=125$ хв. Оскільки економічна стійкість T_e інструмента становить 120 хв., $T_e < T_T$, то загальна похибка обробки $\Delta_{сум}=0,087$ мм.

Настояваний розмір h при розташуванні поля розсіювання становить

$$h_{настр} = h_{\min} + \Delta_{сис. \min} + 0,5\Delta_{MH} = 64.76 + 0.029 + 0.034 = 64.823 \text{ мм},$$

$\Delta_{сум \min}$ – найменше значення систематичної похибки, $\Delta_{сум \min} = 0,029$ мм;

Тривалість обробки до вимушеної зміни фрези

$$T_{зм} = \frac{T_e(T_0 + T_{пер})}{T_0} = \frac{120 \cdot (1,7 + 0,16)}{1,7} = 131 \text{ хв}$$

Питомий вклад C_j первинних похибок обробки в загальному похибку визначимо за формулою

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

де Δ_j – величина j -ї похибки.

Результати зведені в таблиці 1.16, на основі яких будуюмо гістограму похибок.

Таблиця 9.3 — Результати розрахунку.

Позначення похибки Δ_j	Δ_ϵ	Δ_H	Δ_y	$\Delta_{м.н.}$	Δ_i	Δ_T	$\Delta_{сум}$
Значення похибки Δ_j , мм	0.08	0.05	0.009	0.067	0.0258	0.026	0.029
C_j , %	23	6	15	67	29	32	33

З гістограми похибок встановлюємо, що домінуючою похибкою обробки є похибка миттєвого розсіювання розміру з урахуванням похибки настроювання з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні. Можливі основні заходи підвищенню надійності забезпечення точності обробки– використання МОР і інструмента з вищою стійкістю.

					МР.ПМКМ– .00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2.4.Проектування керуючої програми обробки на верстаті з ЧПК

У сучасних виробничих умовах програмування верстатів з ЧПК визначає величезний рівень автоматизації та точності обробки. Розгляд ключових аспектів теорії програмування та їх практичного впровадження для ефективного керування багатоцільовим верстатом моделі ЕС-1600.

Програмування верстата з ЧПК (Числово-програмованим контролем) включає створення послідовності команд, які визначають рухи та операції, які повинен виконати верстат. Основний мова програмування для ЧПК - це G-code (або M-code). Давайте розглянемо основні аспекти теоретичної сторони програмування верстата з ЧПК:

1. Система координат:

- **Абсолютні та відносні координати:** Визначте систему координат, у якій буде працювати верстат. В програмі ви вказуєте рухи інструменту вздовж координат X, Y та Z. Абсолютні координати вимірюються відносно початкової точки, а відносні - відносно поточної позиції.

2. Рухи верстата:

- **G0 та G1 команди:** G0 використовується для швидкого переміщення до точки, а G1 - для переміщення з робочою швидкістю.
- **Швидкість переміщення:** Вказується параметром F, який визначає швидкість в мм/хв або дюймах/хв.

3. Керування інструментом:

- **Вмикач і вимикач шпинделя:** Команди M3 і M5 вмикають та вимикають шпиндель відповідно.

4. Зміна інструментів:

- **Команди M6:** Використовуються для зміни інструменту.

5. Вимірювання та налаштування:

- **Команди для вимірювання:** Деякі верстати можуть мати команди для автоматичного вимірювання деталей або інструментів.

6. Управління потоком програми:

- **Команди M2 та M30:** Використовуються для завершення програми та повернення верстата в початковий стан.

7. Коментарі:

- **Коментарі:** Ви можете вставляти коментарі, які не впливають на виконання програми, але допомагають людині зрозуміти код.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складаємо керуючу програму на мові програмування G-code для обробки отворів на Багатоцільовому верстаті моделі ЕС-1600. Розглядаємо основні елементи програми:

1.Старт програми:

N001 S3 630 F 0.35 T1

- N001: Номер блоку.
- S3 630: Встановлення обертальної швидкості шпинделя на 630 обертів за хвилину.
- F 0.35: Встановлення подачі на 0.35 мм/об.
- T1: Вибір інструменту 1.

2.Перший обробний цикл:

N002 X200 Z100 E*

N003 X44 Z0 E*

N004 X-4

N005 Z4*

N006 X200 Z100 E*

- N002: Переміщення до точки (X=200, Z=100) з використанням інструменту 1.
- N003: Обробка отвору з початковою точкою (X=44, Z=0).
- N004: Переміщення до точки (X=-4).
- N005: Обробка отвору з початковою точкою (Z=4).
- N006: Повторне переміщення до точки (X=200, Z=100) з використанням інструменту 1.

3.Інші обробні цикли:

Аналогічні обробні цикли включають переміщення, обробку та видалення матеріалу відповідно до вказаних координат.

4.Кінець програми:

N055 M02.

- N055: Номер блоку.
- M02: Код M02 вказує, що програма закінчена.

Складену керуючу програму на мові програмування G-code для обробки отворів на Багатоцільовому верстаті моделі ЕС-1600 перевіряємо провівши симуляцію на спеціалізованому програмному забезпеченні для ЧПК САМ-система SprutCAM 2007. Програму перевірено і вона відповідає вимогам та не містить помилок дозволяє проектувати обробку на верстатах з ЧПК. Записуємо керуючу програму в таблицю.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керуюча програма для обробки отворів

Обладнання, пристрій ЧПК		Особливі вказівки		Обладнання, пристрій ЧПК		Особливі вказівки	
Багатоцільовий ЕС-1600				Багатоцільовий ЕС-1600			
№ кадра	Кодування інформації, Зміст кадра	Зміст перехода		№ кадра	Кодування інформації, Зміст кадра	Зміст перехода	
N001	S3 630 F 0.35 T1			N029	Z-19		
N002	X200Z100E*			N030	X31		
N003	X44 Z0 E*			N031	X33Z-19.5		
N004	X - 4			N032	Z -40		
N005	Z4*			N033	X39*		
N006	X200Z100E*			N034	Z5 E*		
N007	S3 1600 F 0.1 T2			N035	X16*		
N008	X0Z100E*			N036	X28 Z - 1		
N009	Z3			N037	Z -20		
N010	Z-8			N038	X30		
N011	Z100E*			N039	X32 Z - 21		
N012	S2 250 F 0.45 T3			N040	Z - 40		
N013	X0Z100E*			N041	X44*		
N014	Z3*			N042	X200 ZI 00 E*		
N015	Z-48			N043	S3 630 F 0.35 T5		
N016	Z100E*			N044	X200 ZI 00 E*		
N017	S2 315 F 0.25 T4			N045	X34Z-12.5*		
N018	X0Z100E*			N046	X24		
N019	Z3*			N047	X34		
N020	Z - 40			N048	X200Z100E*		
N021	Z100E*			N049	S3 630 F 0.35 T6		
N022	S3 1250 F 0.75 T1			N050	X200Z100E*		
N023	X200 ZI 00 E*			N051	X42 Z -42*		
N024	X31Z5*			N052	X -4		
N025	Z-18			N053	Z - 40		
N026	X37*			N054	X200 ZI 00 E*		
N027	Z5 E*			N055	M02.		
N028	X29						

Отже керуюча програми для обробки отворів на багатоцільовому верстаті ЕС-1600 вказують на високий рівень автоматизації та точності, які можливі

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМКМ— .00.000 ПЗ

завдяки програмуванню з числово-програмованим контролем (ЧПК). Важливість впровадження ефективних керуючих програм стає особливо актуальною у сучасному виробничому середовищі, де швидкість та точність вирішуючі для досягнення високих стандартів якості та продуктивності.

Аналізуючи кожен блок програми, ми спостерігаємо систематичні рухи інструмента, визначені точними координатами та оптимальними швидкостями обробки. Встановлення параметрів шпинделя, вибір інструментів та правильне визначення швидкості дозволяють досягати високої продуктивності та точності виробничого процесу.

Однак, важливо зауважити, що ефективність керуючої програми значно залежить від правильного вибору параметрів для конкретного завдання та верстата. Також, в умовах швидко змінюючого виробничого середовища, постійне оновлення та вдосконалення керуючих програм стає важливою складовою для забезпечення конкурентоспроможності підприємства.

У підсумку, керуюча програма для верстата ЕС-1600 відображає високий ступінь автоматизації та оптимізації виробничих процесів. Її правильне застосування сприяє забезпеченню стабільності виробництва та високій якості виготовлених деталей.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Нормування технологічного процесу

Під технічно обумовленою нормою часу розуміється час, який потрібен для виготовлення заданого об'єму роботи (операції) при визначених організаційно технічних умовах і найбільш ефективному використанні всіх засобів виробництва і передового досвіду.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [7]:

$$T_{шт.к} = \frac{T_{нз}}{n} + T_{шт} \text{ хв.} \quad (2.20)$$

Норми часу визначаються в такій послідовності: на основі розрахованих режимів різання обраховуються основний режимний час T_o по змісту кожного переходу встановлюється потрібний комплекс прийомів допоміжної роботи і допоміжний час T_e з врахуванням можливих суміщень переходів і перекривання з елементів штучного часу на обслуговування робочого місця і потім час на відпочинок і власні потреби $T_{відп}$: при серійному виробництві визначаються підготовчо - заключний час на партію $T_{н.з.}$ і одну деталь $T_{н.з.н}$ додаються окремі складові норми часу.

Головні верстати з ЧПУ на ділянці працюють з однаковими режимами різання, які програмуються в залежності від матеріалу, що обробляється; деталі на них обробляються будь-які та в будь-якому порядку, що вирівнює умови завантаження кожного. Враховується, що якщо час холостих ходів (заміна інструмента, заготовки, швидкий підвід, відвід і т.д.) постійна, то програмований штучний час може бути обрахований, як сума часу здійснення різноманітних переходів і холостих ходів.

$$T_{шт} = mt_{сн} + kt_{унд} + rt_{сo} + a(t_{u.д} + t_{но}) + \sum_{i=1}^w (t_o + t_{но} + t_{ноз} + t_{uox}), \quad (2.21)$$

де m – число змін інструмента;

r – число сторін оброблюваних з однієї установки;

k – число установок заготовки для повної її обробки;

w – число переходів;

a – число запрограмованих вимірів деталі під час обробки, час;

$t_{с.н.}$ – автоматична заміна інструмента (для кожної осі -const);

$t_{унд}$ – індексація стола (для кожної осі const);

$t_{с.н.}$ – заміна полети (деталі, заготовки)

$t_{u.д.}$ – одного інструмента деталі щупом-пробою;

$t_{нод}$ – одна автоматична наладка;

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{u.k.}$ – одного виміру інструменту щупом-пробою;
 t_o – основне виконання одного переходу;
 $t_{n.o.}$ – швидкого відводу - підводу інструменту;
 t_{noz} – позиціювання;
 $t_{иск}$ – повернення шпиндельної головки в початковий стан для заміни інструмента;

Для розрахунку штучного часу на верстатах з ЧПК застосовується наступна формула:

$$T_{шт} = (T_a + K t_{иск} T_{в.н.})(1 + K/100), \quad (2.22)$$

де T_a – час автоматичної зупинки роботи верстата за програмою;

$T_{в.н.}$ – час здійснення ручної допоміжної роботи неперекриваючим часом автоматичної роботи верстата.

Час автоматичної роботи верстата:

$$T_a = T_{o.a.} + T_{в.a.}, \quad (2.23)$$

де $T_{o.a.}$ – сума часу обробки окремих технологічних ділянок тобто сума відхилень довжини шляху, що проходить інструмент або деталь у напрямку подачі при обробці технологічної ділянки до хвилинної подачі;

$T_{в.a.}$ – час допоміжної роботи:

$$T_{в.a.} = T_x + T_{ост},$$

де T_x – час автоматичної допоміжної роботи: на підвід деталі інструментів від початкових точок у зони обробки і їх відвід. Установку інструмента на розмір;

$T_{ост}$ – час технологічних пауз - зупинок механізму подачі і обертання шпинделя для перевірки розмірів, огляд інструмента.

Час допоміжної ручної роботи, неперекриваючий час автоматичної роботи :

$$T_{в.н.} = T_{в.у.} + T_{доп} + T_{в.и.}, \quad (2.24)$$

де $T_{в.д.}$ – допоміжний час на установку на зняття деталі;

$T_{доп}$ – допоміжний час на виконання операції;

$T_{в.и.}$ – допоміжний неперекриваючий час на виміри.

При встановленні деталі вручну масою до 8 кг в пристрій з гідрозатиском $T_{в.у.} = 0,25$ мм.

Час на управління верстатом.

Поз 1. Включити верстат, виключити 0,04 хв.

Поз 2. Відкрити загороджувальний щиток і закрити 0,03 хв.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поз 3. Включити пульт, виключити 0,03хв.

Поз 4. Визначити координати 0,01хв.

Поз 5. Ввести корекцію 0,04хв.

Всього на управління верстатом 1,45 хв.

Час на контрольне вимірювання неперекриваюче.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби дорівнює 10-12% від оперативного часу.

Підготовчо-заклучний час розділяється на дві групи:

I. Час на організаційну підготовку.

Поз. 1 – отримати наряд креслення, технологічну документацію, програмоносій, різальний інструмент, заготовки і здати їх після закінчення обробки партії - 4-7хв.

Поз. 2 – ознайомитися з роботою, кресленням, технологічною документацією, оглянути заготовки -2-3хв.

Поз. 3 – інструктаж майстра - 3хв.

II. На наладку верстата, інструмента і пристроїв.

Поз. 4 – встановити і зняти пристрій 3-4хв.

Поз. 5 – встановити і зняти інструмент 1,0-1,5хв.

Поз. 6 – встановити вихідний режим роботи 0,5хв.

Поз. 7 – встановити програмоносій і зчитування приладів і зняти 1,0хв.

Сумарне та $T_{н.з.} = 14,5..20$ хв.

Для розрахунку $T_{ум}$ необхідно знати основний час T_o .

За великого об'єму розрахунків результат зводимо в таблицю 2.9.

Фрезерування паза дисковими фрезами операція 010:

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_m}, \quad (2.25)$$

де T_o – основний час, хв.;

l – довжина паза, мм.;

l_1 – величина врізання, мм.;

l_2 – величина пробігу, мм.;

S_m – хвилинна подача, мм/хв.

$$l_2 = 2...4\text{мм}; l_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5...3)\text{мм.}$$

де t – величина шару, що зрізується;

D – діаметр фрези [4].

Фрезерування виступу кінцевими фрезами:

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{l+l_1+l_2}{Sm}, \quad (2.26)$$

де l – довжина поверхні, що фрезерується; $l_2 - 2...5$ мм.

$$l_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5...3) \text{мм.}$$

Фрезерування площини торцевими і кінцевими фрезами:

$$T_o = \frac{l+l_1+l_2}{Sm}, \quad (2.27)$$

де l – довжина фрезерованої площини;

$$l_2 - 1...4 \text{мм}$$

$$l_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5...3) \text{мм.}$$

$$T_{n.z.} = 10+7+2 = 19 \text{ мм}$$

- на наладку верстата, інструмента і пристроїв 10 хв.
- на отримання і здачу інструмента і пристроїв 7 хв.
- допоміжний час 2 хв.

$$T_{умк} = 17,67+19/13=19,57 \text{ хв.}$$

Операція 010 Багатоцільова. Оброблюючий центр ЕС-1600 фірми HAAS.

Інструмент змінюється 11 раз і 3 рази проведемо ділильний оберт стола

$$3 \times 0.1 = 0.3 \text{ хв.}$$

$$T_{осм} = 11 \times 14 + 0.3 = 2.56 + 0.3 = 2.86 \text{ хв.}$$

$$T_x = \left(\frac{200}{7000} + 0.04 \right) + 11 \times 2 = 7.17 \text{ хв.}$$

$$T_{в.а.} = 2,86+7,17 \text{ хв} = 10 \text{ хв.}$$

$$T_{о.а} = 82 \text{ хв.}$$

$$T_a = 82+10=92 \text{ хв.}$$

$$T_{в.н.} = 0,25+1,45+8,2 = 9,9 \text{ хв.}$$

$$T_{умт} = (92+1,39 \cdot 9,9)(1+(4+2,5)/100) = 112,635 \text{ хв.}$$

$$T_{n.z.} = 7+3+3+4+1+(1 \times 11) = 29 \text{ хв.}$$

$$T_{умт.к} = 112,635+29/13 = 114,635 \text{ хв.}$$

Операція 015 Багатоцільова. Оброблюючий центр ЕС-1600 фірми HAAS

Інструмент змінюється 7 раз. $14 \times 7 = 1.63$ хв; 2 рази проведемо ділильний оберт стола $2 \times 0.1 = 0.2$ хв.

$$T_{осм} = 1,63+0,2 = 1,83 \text{ хв.}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_x = \left(\frac{200}{1000} + 0.04 \right) \cdot 7 \cdot 2 = 4.564 \text{ хв.}$$

$$T_{в.а.} = 4,564 + 1,83 = 6,394 \text{ хв.}$$

$$T_{о.а.} = 76,48 \text{ хв.}$$

$$T_a = 76,48 + 6,4 = 82,88 \text{ хв.}$$

$$I_{в.н.} = 0,25 + 1,45 + 7,65 = 9,35 \text{ хв.}$$

$$T_{ум} = (83 + 1,39 \cdot 9,35) / 1 + (4 + 2,5) / 100 = 102,24 \text{ хв.}$$

$$T_{н.з.} = 7 + 3 + 3 + 4 + 1 + (1 \times 7) = 25 \text{ хв.}$$

$$T_{ум.к} = 102,24 + 25 / 13 = 104,7 \text{ хв.}$$

Операція 020 фрезерна з ЧПК

Один інструмент, обертів стола немає.

$$T_{ост} = 14 \times 1 = 0.23 \text{ хв.}$$

$$T_x = \left(\frac{200}{1000} + 0.04 \right) 2 = 0.652 \text{ хв.}$$

$$T_{в.а.} = 0,23 + 0,652 = 0,882 \text{ хв.}$$

$$T_{о.а.} = 9 \text{ хв}; \quad T_a = 9 + 0,9 = 9,9 \text{ хв.}$$

$$T_{в.н.} = 0,25 + 1,45 + 0,9 = 2,6 \text{ хв.}$$

$$T_{ум} = (9,9 + 1,39 \cdot 2,6) (1 + (4 + 2,5) / 100) = 14,4 \text{ хв.}$$

$$T_{н.з.} = 19 \text{ хв}$$

$$T_{ум.к} = 14,4 + 19 / 13 = 16,3 \text{ хв.}$$

Операція 025 Багатоцільова. Оброблюючий центр ЕС-1600 фірми HAAS

Інструмент змінюється 3 рази $14 \times 3 = 42 \text{ с} = 0,7 \text{ хв.}$

робимо 2 оберти стола 0,2 хв.

$$T_{ост} = 0,7 + 0,2 = 0,9 \text{ хв.}$$

$$T_k = \left(\frac{200}{1000} \right) + 0.04 \cdot 6 = 1.956 \text{ хв.}$$

$$T_{в.а.} = 1,956 + 0,9 = 2,856 \text{ хв.}$$

$$T_{о.а.} = 27,1 \text{ хв.}$$

$$T_a = 27,1 + 2,856 = 29,956 \text{ хв.}$$

$$T_{в.н.} = 0,25 + 1,45 + 2,7 = 4,4 \text{ хв.}$$

$$T_{ум} = (29,956 + 1,39 \cdot 4,4) (1 + (4 + 2,5) / 100) = 38,42 \text{ хв.}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{н.з.} = 7+3+3+4+1+(1 \times 3) = 22 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.к} = 38,42 + 22/13 = 49,42 \text{ хв.}$$

Визначаємо норми часу на інші операції та заносимо їх у таблицю 1.22

Таблиця 1.22 – Нормування технологічного процесу

Номер операції	Назва операції	Обладнання	T_0 , хв.	$T_{д'}$, хв.	$T_{штг'}$, хв.	$T_{об.от}$, хв.	$\frac{T_{п.з.}}{П}$, хв.	$T_{шт.к}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Фрезерна з ЧПК	6P13Ф3	0,85	2,0	17,7	2,3	19/13	19,57
010	Багатоцільова	ЕС-1600 НААС	2,86	10,0	112,6	3,5	29/13	144,64
015	Багатоцільова	ЕС-1600 НААС	1,83	6,4	102,24	3,0	25/13	104,77
020	Фрезерна з ЧПК	6P13Ф3	0,23	0,9	14,4	2,3	19/13	16,3
025	Фрезерна з ЧПК	6P13Ф3	0,9	2,86	38,42	2,6	22/13	49,42
030	Різьбонарізна	2Д112РП	3,84	1,4	15,2	2,4	19/13	16,4

Отримані результати свідчать про важливість використання відповідних нормативів та стандартів для підвищення ефективності та якості виробництва. Зазначено, що використання сучасних методів нормування сприяє не лише оптимізації виробництва, але й зниженню витрат. Окреслено практичне значення отриманих результатів для промисловості та можливості їх використання для подальшого вдосконалення технологічного процесу.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерного верстата з ЧПК 6P13Ф3

Проектування верстатного пристрою – це складний та важливий етап у процесі розробки машин та устаткування для виробництва. Основна мета цього процесу полягає в створенні ефективних та надійних верстатних пристроїв, які відповідають вимогам виробництва та забезпечують високу якість виготовленої продукції. Проектування верстатного пристрою вимагає комплексного підходу, де інженери враховують технічні, економічні та ергономічні аспекти для досягнення оптимальних результатів у виробництві.

3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

При виборі технологічних баз для обробки деталей необхідно серед всіх поверхонь деталі обрати ті, установка на які при обробці забезпечить реалізацію типової схеми базування і надасть можливість надійно закріпити заготовку у пристосуванні відносно робочих органів верстата для продуктивної обробки.

Правильний вибір технологічних баз дозволяє суттєво скоротити часові й матеріальні витрати на забезпечення необхідної точності деталі.

При вирішенні питання про вибір бази з урахуванням вимог точності, що забезпечуються на даній операції, необхідно приймати таку схему базування, яка забезпечує як найменшу похибку.

Правильний вибір баз є важливим чинником, що забезпечує досягнення необхідної точності в ході здійснення технологічного процесу обробки.

На різних етапах технологічного процесу керуються трьома основними принципами вибору баз:

- а) принцип суміщення (єдності) баз;
- б) принцип постійності баз;
- в) принцип послідовності зміни баз.

Одним із найбільш складних і відповідальних питань проектування технологічних процесів механічної обробки деталі є призначення технологічних баз. Від того наскільки правильно вибрані бази залежить точність виконання розмірів заданих конструктором, правильність розміщення оброблюваних поверхонь, складність пристосувань, різальних та вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки заготовок.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки і стан її поверхонь, бажаний ступінь

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматизації. Перед вибором баз для конкретної операції необхідно чітко сформулювати задачі, які повинні бути вирішені в результаті виконання даної операції. Ці задачі формулюються із вимог креслення і технічних вимог на виготовлення деталі.

Пристрій із деталлю встановлено на стіл верстата. Деталь в пристрої встановлена на поверхні із одночасним базуванням по двом пальцям і циліндричному упору. Закріплюються прихватами за допомогою гідроциліндра.

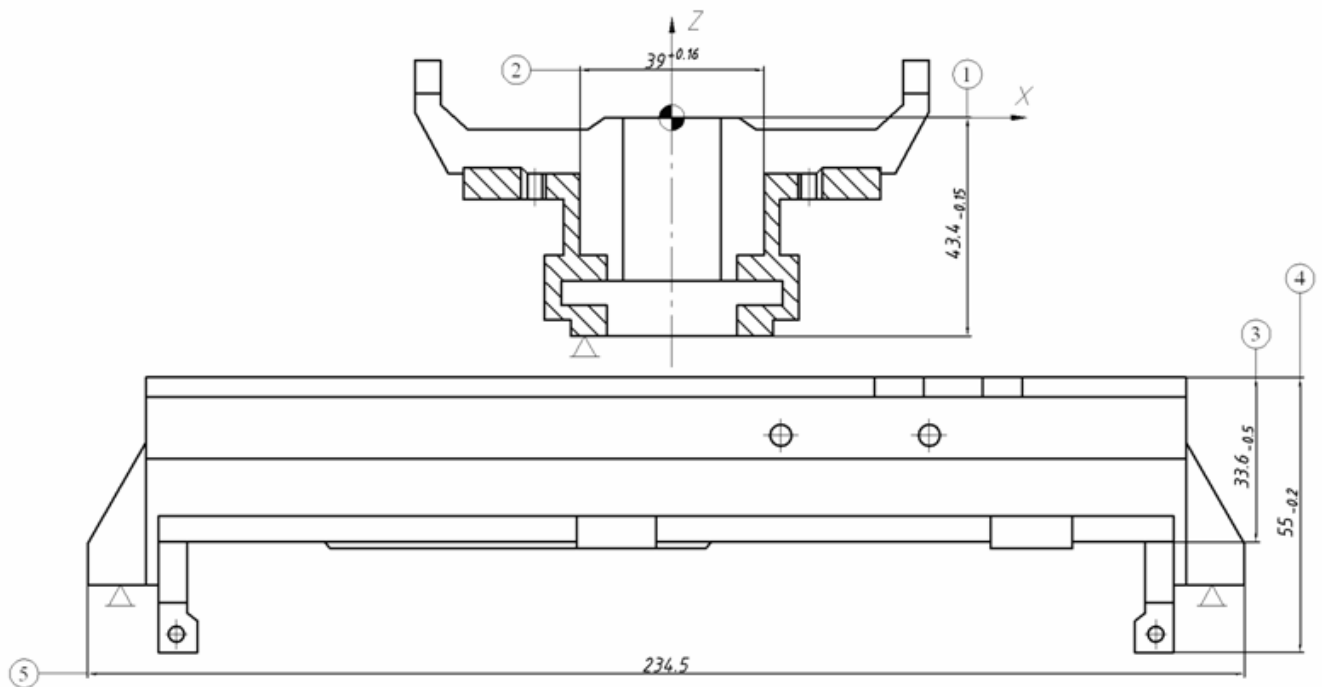


Рис.2.1 - Схема базування деталі

3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

Із рівності моментів сил, діючих на прихвати відносно точки O (рисунок 3.2) маємо

$$\Sigma M_o = Ql_1 - pl - Qnf_o = 0, \quad (3.1)$$

або

$$Ql_1 = Pl + Q'nf_o,$$

тоді

$$Ql_1 = Pl(Q' + P)rf_o = Pl + Qrf_o,$$

$$Ql_1 - Qrf_o = Pl + Prf_o,$$

$$Q(l_1 - rf_o) = P(l + rf_o)$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

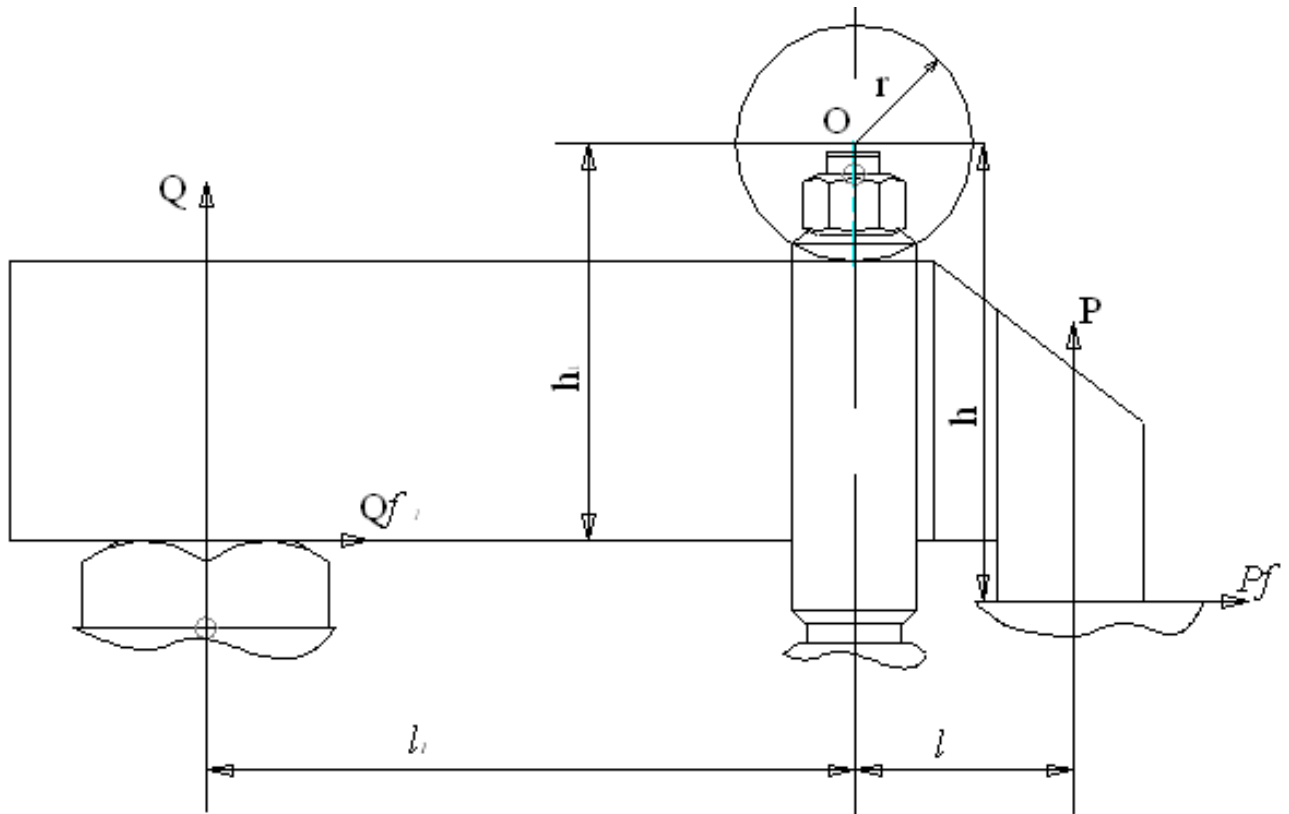


Рис. 3.2 – Схема для розрахунку зусилля затиску

Враховуючи додатково розрахунки зусилля затиску, сили тертя Qf_1 і Pf в точках, які приймають і передають зусилля отримаємо

$$Q = P \frac{l + hf + rf_o}{l_1 - h_1 f_1 - rf_o}, \quad (3.2)$$

$$\text{при } l_1 \geq l, P \geq Q .$$

Розміри приймаємо із конструктивних міркувань $l_1=56$ мм, $h = 45$ мм, $h_1=40$ мм, $r=17$ мм.

Максимальна сила різання $P = 2520$ Н (з режимів різання). Коефіцієнт запасу k для заданих умов обробки $K = 2,5$.

$$P = 2520 \cdot 2,5 = 6300 \text{ Н.}$$

$$Q = 6300 \frac{27 + 45 \cdot 0,035 + 17 \cdot 0,035}{56 - 40 \cdot 0,035 - 17 \cdot 0,035} = 3460 \text{ Н}$$

Вихідні дані для розрахунку гідравлічних затискних пристроїв необхідна сила на шпонці P , хід поршня L і час його робочого ходу (час затиску заготовки) t . Задаючись тиском масла $P = 6,3$ Мпа, визначаємо площу поршня $F = P/p$.

$$P = P_{max} \cdot k, \quad (3.3)$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $P_{max} = Q = 3460 \text{ Н}$ - максимальна сила на штокові гідроциліндра
 k - коефіцієнт для завданих умов обробки, $k = 1,8$

$$P = 3460 \cdot 1,8 = 6300 \text{ Н.}$$

$$F = 6300 \text{ Н} / 6,3 \text{ Мпа} = 1000 \text{ мм}^2.$$

Діаметр циліндра

$$D = \sqrt{4F / \pi} \quad (17 \text{ стор.121}) \quad (3.4)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 1000 / \pi} = 60 \text{ мм.}$$

Приймаємо 60 мм.

Подача насоса ($\text{см}^3/\text{с}$)

$$Q = \frac{FL}{t\eta_1} = \frac{10 \cdot 8}{7,5 \cdot 0,7} = 15 \text{ см}^3/\text{с},$$

де $t = 0,125 \text{ хв.}$ або $7,5 \text{ сек.}$;

$L = 80 \text{ мм.}$

$\eta_1 = 0,7$ - звичайний ККД системи, який враховує втрати.

Потужність, яка витрачається на привід насоса

$$N = \frac{PL}{t\eta_1\eta_2} = \frac{630 \cdot 8}{7,5 \cdot 0,7 \cdot 0,7} = 1371 \text{ Вт} = 1,4 \text{ кВт},$$

де η_2 - ККД силового вузла і насоса

Розхід рідини для живлення циліндра розраховуємо по формулі

$$Q = F \cdot v, \quad (3.5)$$

де F - площа циліндра в мм²;

v - швидкість переміщення поршня циліндра м/хв.

$$v = \frac{Q \cdot 1270}{D^2} = \frac{91 \cdot 1270}{60^2} = 32 \text{ мм/хв.} = 0,032 \text{ м/хв.} = 1,92 \text{ м/с.}$$

$$Q = 0,032 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,032 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{хв} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{хв} = 3,2 \text{ мм}^3/\text{хв} = 32 \text{ л/хв.}$$

В якості рідини для живлення циліндра ми вибираємо масло И20А ГОСТ 20799-75 або Т22 ГОСТ 32-74.

Визначимо діаметр d трубопроводу через який проходить розхід масла

Q (л/хв) за формулою:

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (3.6)$$

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{32}{1,92}} = 18 \text{ мм.}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Проводимо розрахунок елементів пристосування. Виконуємо розрахунок різьби на болті важеля на обмежуючий тиск за формулою:

$$p = \frac{W}{z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot h} \leq [p], \quad (3.7)$$

де z - число працюючих витків, $z = 8$;
 d_2 -середній діаметр різі, $d_2=14,701$ мм;
 h - робоча висота профілю, $h=1,082$ мм;
 $[p]$ - допустимий тиск, $[p]=15$ Н/мм².
Сила $P = 2950$ Н.

$$p = \frac{2950}{8 \cdot \pi \cdot 14,701 \cdot 1,082} = 7,2 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова виконується. $[p]=15$ Н/мм² більше 7,2 Н/мм²

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Розрахункове значення похибки пристрою (або допуску установочних поверхонь пристрою) $\varepsilon_{пр}$ визначається за формулою:

$$\varepsilon_{пр} \leq \delta \cdot k \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_n^2 + (k_z \cdot \omega)^2}, \text{ мм} \quad (3.8)$$

де $\varepsilon_{пр}$ - точність виготовлення даного пристрою;

δ - допуск операційного розміру, $\delta = 0,025$ мм;

ε_{δ} – похибка базування деталі в пристрої, $\varepsilon_{\delta} = 0$, так як установочна та вимірвальна бази співпадають;

k - коефіцієнт, який враховує можливе відхилення від нормального розподілення окремих складових, $k = 1,2$ с.162. [4];

ε_3 - похибки, які виникають в результаті деформації заготовки і пристрою при закріпленні, с.160 [4], визначаємо по табл. 40 с.82 [2], $\varepsilon_3 = 0,010$ мм.

$\varepsilon_{уст}$ - похибка установки пристрою на верстаті, виходячи зі схеми встановлення $\varepsilon_{уст} = 0$;

$\varepsilon_{зн}$ – похибки, які виникають в результаті зносу деталей пристрою, приймаємо: $\varepsilon_{зн} = 0,010$ мм, с.163, [2];

ε_n - похибка установки і зміщення ріжучого інструмента, $\varepsilon_n = 0$;

k_2 - коефіцієнт, який рекомендується приймати рівним 0,6...0,8 с.162 [2], приймаємо $k_2 = 0,7$;

ω - економічна точність обробки, визначається по паспорту верстата, $\omega = 0,015$ мм; $k_2 \times \omega = 0,7 \times 0,015 = 0,010$ мм., $k = 1,2$.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставляючи числове значення у формулу для визначення ε_n , одержимо:

$$\varepsilon_n \leq 0,025 - 1,2\sqrt{0,010^2 + 0,010^2 + 0,010^2} = 0,025 - 0,020 = 0,005 \text{ мм.}$$

Приймаємо допуск паралельності установочних поверхонь пристрою до основи підшви $\varepsilon_{пр} = 0,005 \text{ мм.}$

Призначений допуск вказуємо технічних умовах на складальному кресленні пристрою.

3.1.5 Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи

Пристроєм цілком складається із деталей і елементів нормалізованих і стандартних по всіх параметрах. Тому всі елементи такого пристрою взаємозамінні і можуть бути використані багатократно. Це означає також, що деталі можуть бути зроблені раніше централізованим методом, і терміни їх виготовлення не будуть впливати на час виготовлення пристрою. Проектування і виготовлення такого пристрою зводиться до зборки його із готових елементів і наладка робочої конструкції не потрібна.

Застосування системи УЗП змінює структуру і рівень оснащення пристроїв технологічних процесів дрібносерійного виробництва, дозволяючи використовувати принципи технології багатосерійного виробництва. Застосування ЦСП дозволяє з великою ефективністю використовувати верстати з ЧПУ.

Деталь встановлюється на два циліндричних пальця пазовим отвором и притискається до циліндричного упора. Підводяться Г-подібні прихвати, включається привод, подається стиснена олія, проходить закріплення заготовок. Проводиться обробка. Після обробки деталі знімаються.

Опис роботи пристосування

Опис роботи пристрою – це детальне пояснення того, як пристрій функціонує, які процеси він виконує та які результати можна очікувати від його використання. Нижче наведено опису принцип роботи пристрою:

Управління циліндром здійснюється кнопковим розподільним краном, встановленим на верстаті. В монтажну схему затискного пристрою зазвичай включають регулятор тиску, призначений для обмеження затискного зусилля.

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

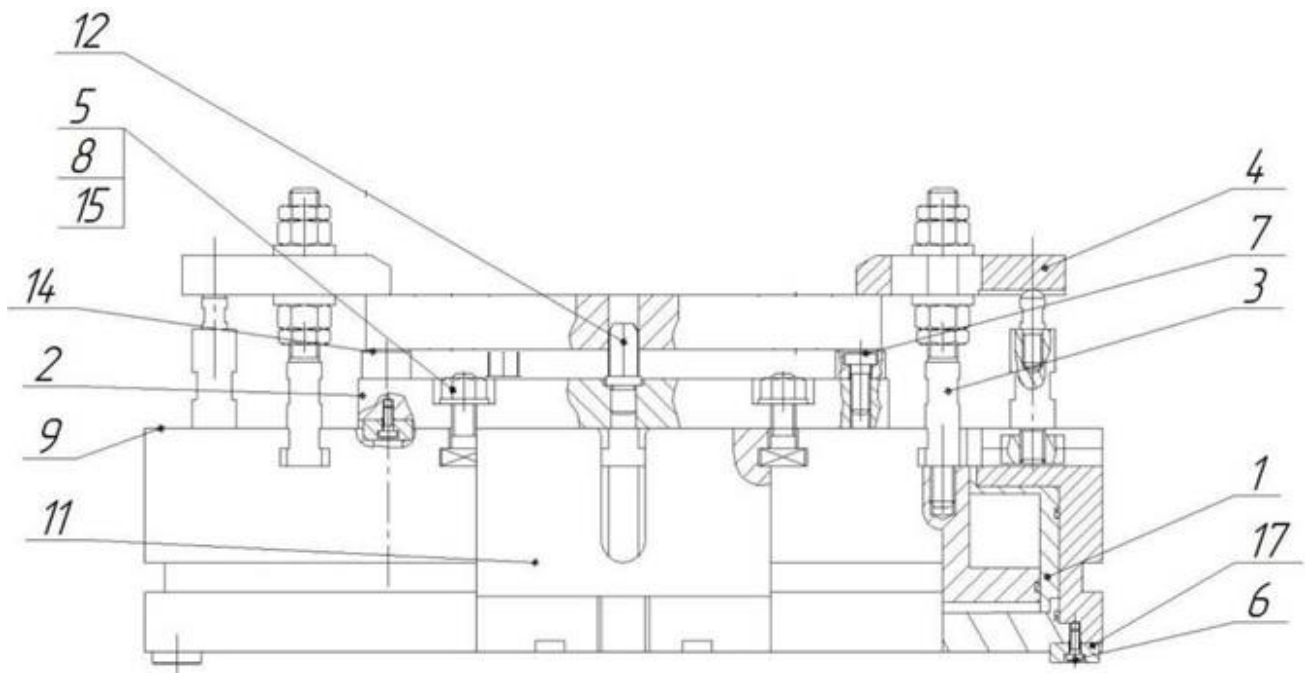


Рисунок 10.1 - Ескіз верстатного пристосування

Базовим вузлом пристосування є гідравлічний блок 9, на якому монтуються механізм затиску, який складається з гідроциліндрів 1, перехідних вісей 3, та чотирьох відкидних затискачів 4. Також до гідравлічного блоку 9 кріпиться чотирьма Т-подібними болтами 5 та орієнтується двома шпонками перехідна плита

2. Перехідна 2 плита має відповідні отвори для встановлення установних елементів: оправка 13; зрізаний палець 12; опорні пластини 14.

Монтується пристосування на столі верстата моделі ЛТ260МФ3 за допомогою двох кутників 11, які кріпляться до гідравлічного блоку 9 та столу верстата болтами з Т-подібною головкою. За допомогою шпонок 17 пристосування орієнтується відносно шпинделя верстата по центральному Т-подібному пазу стола.

Пристосування працює наступним чином. Чергова деталь з партії встановлюється на оправку та установний палець та опорну пластину 14. Установні елементи забезпечують необхідне положення оброблювальних поверхонь відносно різального інструменту. Після цього за допомогою руху рукоятки гідро розподільника (він на кресленні не вказаний) при ввімкненій насосній станції робоча рідина подається в штокову порожнину гідроциліндра 1. При цьому рухаючись вниз поршені циліндрів разом з штоками та перехідними вісями 3, створюють тягове зусилля. Вісі 3 передають зусилля на прихвати, останні в свою чергу рівномірно розподіляють тягове зусилля на заготовку.

Здійснюється обробка відповідних поверхонь, після чого перемикається

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКм= .00.000 ПЗ

розподільник, поршень разом з штоком і перехідною віссю 3 рухаються вгору. Після цього, коли затискачі досягли вихідного положення, їх відсувають в бік, оброблена деталь знімається, встановлюється наступна деталь і описаний цикл повторюється.

Висновки: в даному розділі виконано проектування технологічної оснастки для операції 010. Розроблено технічне завдання на проектування верстатного пристрою. Розрахована необхідна сила закріплення заготовки деталі. Виконано аналіз похибки установалення заготовки деталі в пристосуванні. Розроблена конструктивна схема верстатного пристрою. Виконано силовий розрахунок пристосування. Виконано аналіз точності верстатного пристрою та розрахунок міцності деталей пристосування. Розроблене складальне креслення верстатного пристрою.

3.2 Розробка контрольного пристрою

Розробка контрольного пристрою в технологіях машинобудування може бути важливою для забезпечення якості виробництва та виключення дефектів чи неправильностей у виготовлених виробах.

3.2.1 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо допустиму похибку пристрою за формулою:

$$E_{дон} = 0,3T, \quad (3.13)$$

де T – допуск, який контролюється для паралельності площин деталі, $T = 0,02$ мм.

$$E_{дон} = 0,3 \cdot 0,02 = 0,06 \text{ мм.}$$

Визначаємо розрахункову похибку вимірювання за формулою:

$$E_p = \sqrt{E\delta^2 + Eb^2 + Enn^2 + Ezз^2}, \quad (3.14)$$

де $E\sigma$ – похибка базування, $E\sigma = 0$;

Enp – похибка вимірювального пристрою, $Enp = 0,005$; [4]

Eb – похибка виготовлення пристрою, $Eb = 0,001$ мм ; [4]

Ezn – похибка зносу пристрою, $Ezn = 0,001$.

$$E_p = \sqrt{0 + 0,001^2 + 0,005^2 + 0,001^2} = 0,005 \text{ мм. .}$$

Перевіряємо умову:

$$E_{дон} \leq E_p. \quad (3.15)$$

Умова виконується $0,06 \text{ мм} > 0,05 \text{ мм}$.

Так як умова виконується, то точність вимірювання в контрольному пристрої забезпечується.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2.Опис конструкції і принципу роботи контрольного пристрою

Пристрій призначений для контролю паралельності площин деталі опора. Складається з корпусу, рухомого столика, стійки з індикатором.

Пристрій працює наступним чином. Спершу деталь, яку контролюємо, встановлюємо на рухомий столик до упорів. Потім до поверхні підводимо ніжку індикатора.

Індикатор за допомогою важеля виставляється на нуль. Після цього рухомий столик із деталлю переміщуємо на відстань 60-80 мм та знімаємо показання, дивлячись на відхилення індикатора визначаємо похибку паралельності поверхонь.

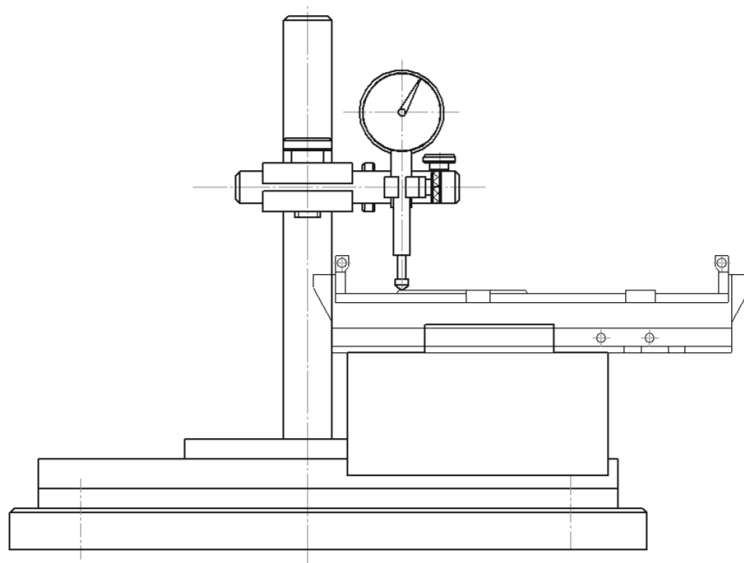


Рисунок 11.1. Загальний вигляд контрольного пристрою

					МР.ПМК _М — .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок спеціального різального інструменту

Розрахунок кінцевої фрези.

Фрезу проектуємо для найменшого розміру поверхні 1 корпусу з групи $P=32\text{мм}$, $C = 2\text{мм}$, вихід фрези $d = 32-2\cdot(6+2) = 16\text{мм}$. Число зубів фрези може бути визначений за формулою:

$$Z = \frac{0.2De}{(t_{\max} Sz_{\max})} = \frac{0.2 \cdot 28}{(6 - 0.15)^{0.5}} = 5.89.$$

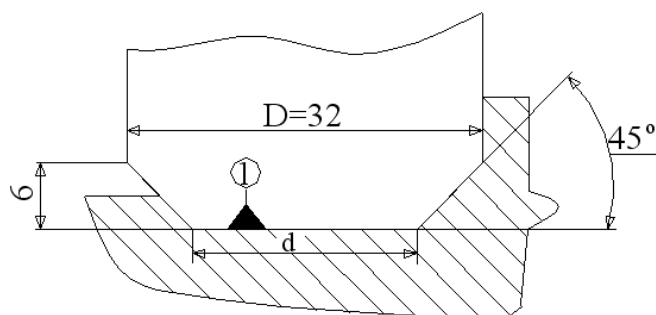


Рисунок 3.12. Схема розрахунку

Приймаємо $z = 6$

$$D_p = d + 2 \cdot 6 = 28 \text{ мм.}$$

Знайдемо необхідний кут нахилу зубів до осі фрези ω , при цьому процесі фрезерування буде рівномірним. Якщо коефіцієнт рівномірності фрезерування K – ціле число фрезерування рівномірне, якщо ні – нерівномірне. Спочатку задамо кут $\omega = 30^\circ$

$$K = \frac{Bz}{\pi D_p} \operatorname{tg} \omega = \frac{11 \cdot 6}{\pi \cdot 28} \operatorname{tg} 30^\circ = 0.43.$$

Приймаємо $K = 1$ і знаходимо ω .

$$\omega = \operatorname{arctg} \frac{K \pi D}{Bz} = \operatorname{arctg} \frac{1 \cdot 3.14 \cdot 28}{11 \cdot 6} = 53^\circ.$$

На зниження коливань під час фрезерування впливає нерівномірність колового кроку $\Delta\theta$ для фрез із $Z = 6-8$ рекомендується приймати 6° . Очевидно центральні кути між сусідніми рівнями по будь якому діаметру на конусі фрези будуть рівними.

$$\theta_1 = 57^\circ$$

$$\theta_2 = 63^\circ$$

$$\theta_3 = 57^\circ$$

$$\theta_4 = 63^\circ$$

$$\theta_5 = 57^\circ$$

$$\theta_6 = 63^\circ$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форму зуба приймаємо двокутовою, вона більш технологічна. Для обробки сталей рекомендується приймати передній кут зубів $\gamma = 8 \div 6^\circ, \alpha = 14^\circ$.

Приймаємо $\alpha = 8^\circ, \gamma = 15^\circ$.

Коловий крок

$$P_{T1} = \frac{\pi d}{6} = \frac{\pi 16}{6} = 8.3.$$

$$P_T = \frac{\pi D}{6} = \frac{\pi 32}{6} = 16.8.$$

Висота зуба $H = 0,3-0,45P_T$.

На діаметрі $D H_D = 0,4 \cdot 16,8 = 6,72$ мм.

На діаметрі $d H_d = 0,4 \cdot 8,3 = 3,35$ мм.

Кут зуба η приймаємо 48° нормального січення.

Кут впадин:

$$\psi_\omega = \eta + \theta = 48 + 60 = 108^\circ;$$

$$\theta = \frac{360}{Z} = \frac{360}{6} = 60^\circ.$$

Щоб зменшити число фрез для фрезерування канавок рекомендується ψ приймати кратним 5 $\psi = 110^\circ$.

$$\eta_h = \psi - \theta = 110 - 60 = 50^\circ.$$

Кут закруглення для впадин:

$$R = (0,4-0,75)H, R = 0,75H_d = 0,75 \cdot 3,35 = 2,51, R = 3 \text{ мм.}$$

Передній кут γ для торцевих зубів назначається на $3-5^\circ$ менше, очевидно $\gamma = 18 \cdot 3^\circ - 15^\circ \cdot 3^\circ = 12^\circ$.

Задній кут торцевих зубів $\alpha = 8^\circ$. Знайдемо кут профілю зубів в січненні перпендикулярному до твірної конуса фрези.

$$\gamma_{no} = \arctg\left(\frac{\text{tg} 8^\circ}{\cos 145^\circ - 53^\circ}\right) = 8^\circ;$$

$$\eta_{no} = \arctg\left(\frac{\text{tg} 50^\circ}{\cos 45^\circ - 53^\circ}\right) = 50^\circ.$$

Очевидно вимірювання можна проводити в тому ж перерізі, тобто відношення кутів $\gamma_{no}, \eta_{no}, \phi_{no}$ від кутів $\gamma_H, \lambda_H, \eta_H$ через їх незначну величину можна знехтувати.

Розрахунок номера конуса хвостовика

Знайдемо основну складову силу різання:

$$P_{oc} = P_H \cdot \sin 45^\circ. \quad (3.16)$$

					МР.ПМКм= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила перпендикулярна до гвинтового леза зуба:

$$P_H = 10 \cdot 2\pi K_p \delta_p S_z t k / z \sin \omega, \quad (3.17)$$

де $K_p = 2,3 \dots 2,8$ - коефіцієнт різання;

$$\delta_B = 520 \text{ Н/мм}^2;$$

$K = 1$ число повних перерізів шару який зрізується;

$$t = \frac{1}{2} \cdot 216 \cos 45^\circ = 5,6 \text{ мм.}$$

$$P_H = 10 \cdot 20 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 5,6 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 5^2 / 6 \cos 53^\circ = 1900 \text{ Н.}$$

$$P_{oc} = 1900 \sin 45^\circ = 1340 \text{ Н.}$$

Кругова сила

$$P_{окр} = P_H \cdot \cos 45^\circ = 1900 \cdot \cos 45^\circ = 937 \text{ Н.}$$

Крутний момент необхідний для зрівноваження кругової сили

$$M_{кр} = P_{окр} \cdot \frac{D_p}{2} = 937 \cdot \frac{28}{2} = 19 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент тертя між хвостовиком і втулкою

$$M_{тр} = \frac{M_{roc} (D_1 + d_1)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \Delta \theta). \quad (3.18)$$

Прирівнюємо момент тертя по величині максимального моменту тертя сил опору різання, тобто моменту створюваному при роботі затупленої фрези, який збільшується у 5 разів у порівнянні з моментом різання прийнятим для нормальної роботи фрези.

$$5 M_{тр} = M_{уп} = \frac{M \cdot P_{oc} (D_1 + d_1)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \Delta \theta). \quad (3.19)$$

Середній діаметр конуса хвостовика

$$d_{cp} = \frac{D_1 + d_1}{2},$$

або

$$d_{cp} = \frac{20 M_{кр} \sin \theta}{M P_{oc} (1 - 0,04 \Delta \theta)}, \quad (3.20)$$

де $M = 0,096$ – коефіцієнт тертя сталі по сталі;

$\theta = 1^\circ 26' 16''$ – половина кута конуса;

$\Delta \theta = 5'$ – відхилення кута конуса;

$$d_{cp} = \frac{20 \cdot 2,5 \cdot \sin 1^\circ 26' 16''}{0,096 \cdot 134 (1 - 0,04 \cdot 5')} = 0,18 \text{ м.}$$

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

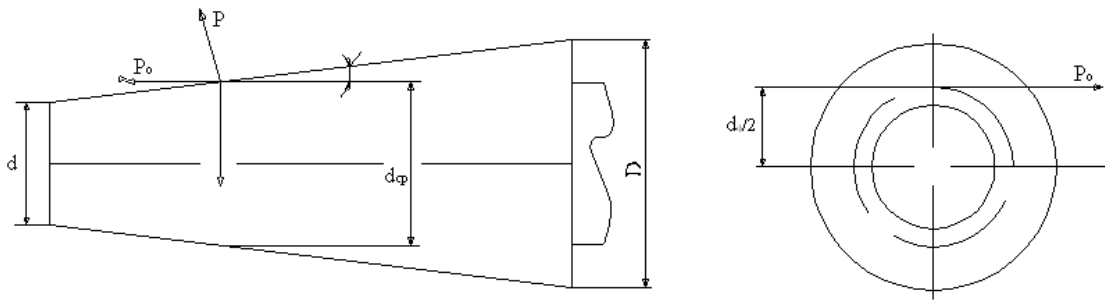


Рисунок 3.13. Схема розрахунку

$$d_{cp} = 18 \text{ мм.}$$

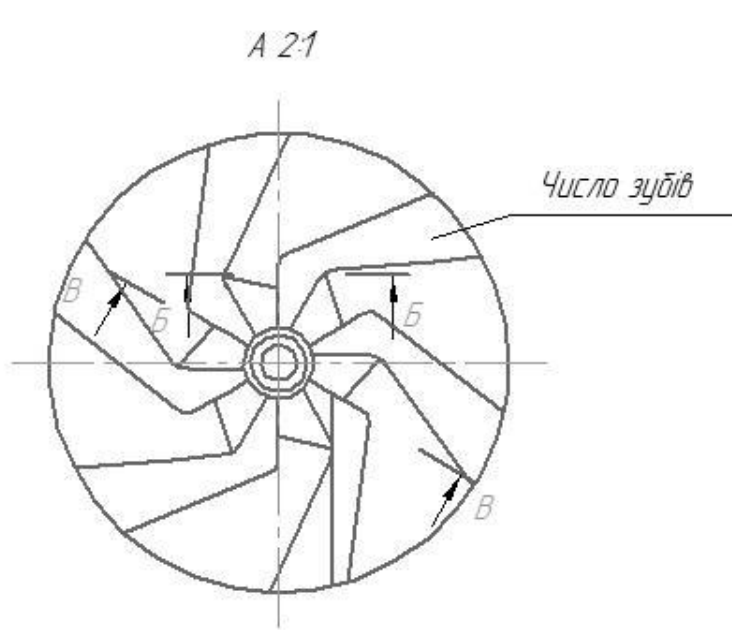
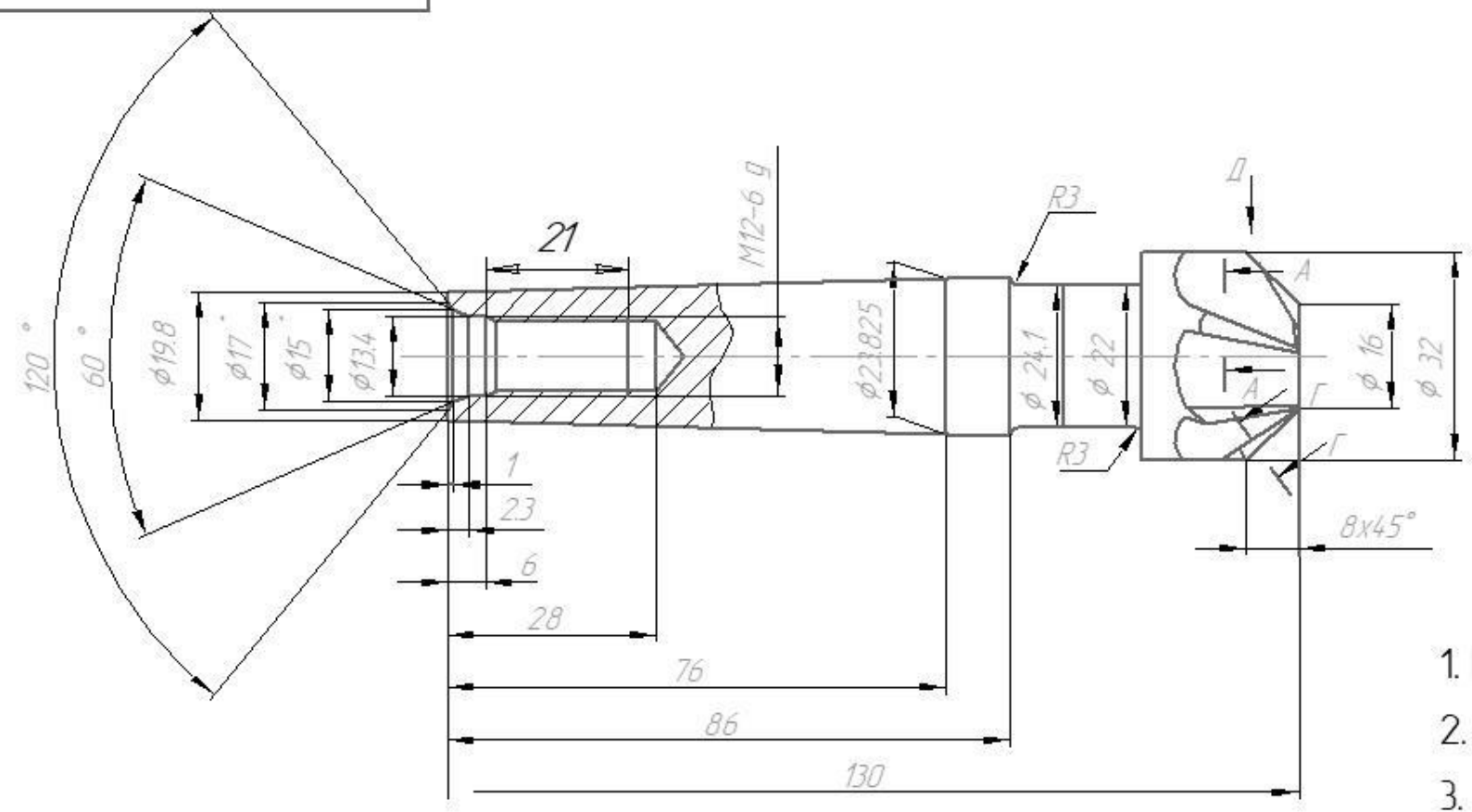
По ГОСТ 25557-82 вибираємо ближчий більший конус Морзе 3 із різьбовим отвором з наступним конструктивними розмірами

$$P = 24,1 \text{ мм}, d = 19,8 \text{ мм}, L_2 = 86 \text{ мм}, d_1 = M12.$$

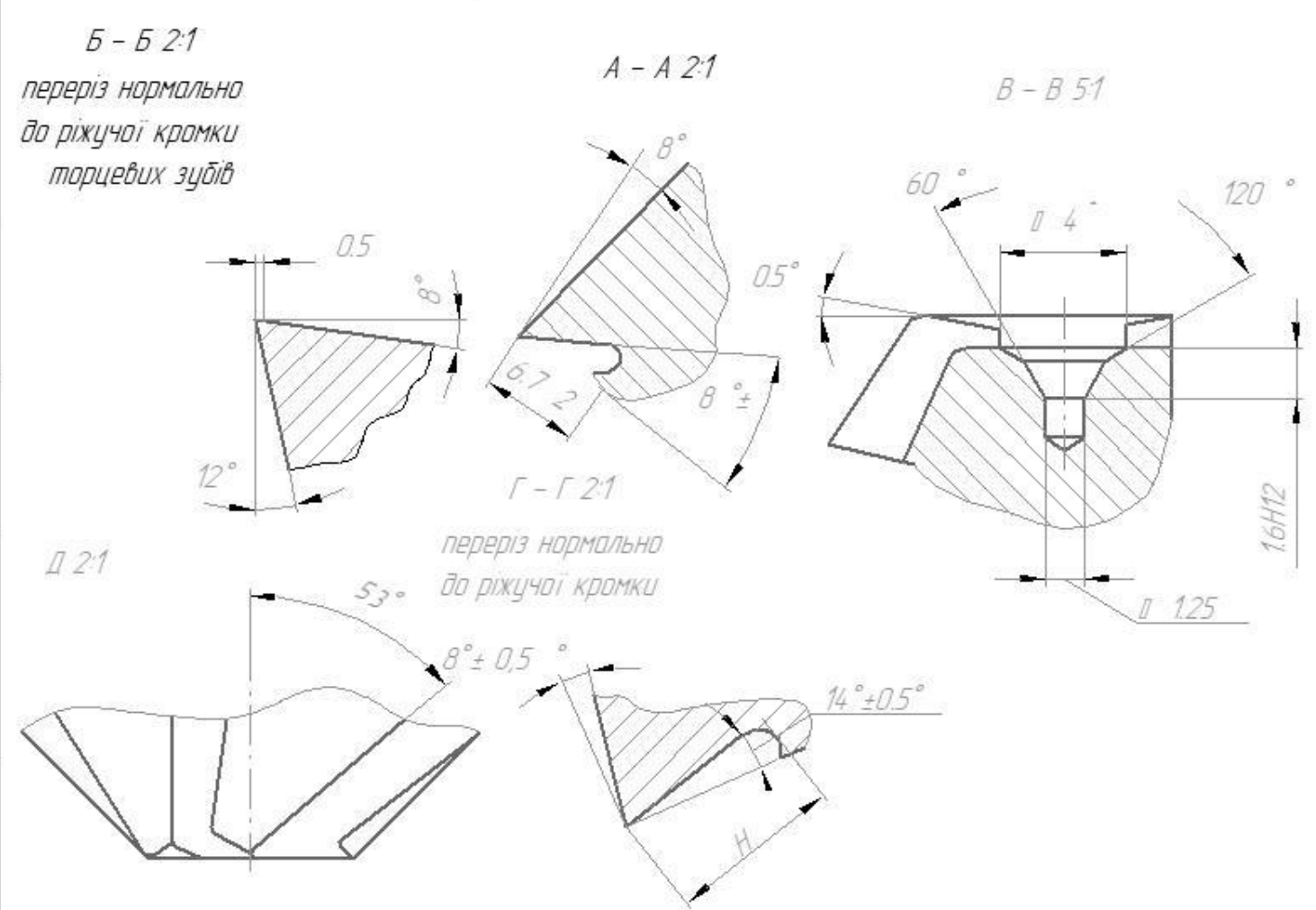
Виконуємо креслення фрези.

					МР.ПМКМ= .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перб. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.



1. Матеріал ріжучої частини Р6М5 ГОСТ19265-73.
2. Матеріал хвостовика Сталь 40Х ГОСТ1050-81.
3. Твердість ріжучої частини 63 – 65 HRC3, хвостовика 45-48 HRC3.
4. Розміри для довідок.
5. Невказані граничні відхилення Н14, н14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
6. Висота стружкової канавки, в нормальному перетині до ріжучої кромки похилих зубців, на мітці 16 – 3,35 мм.
7. Правила приймання згідно ДСТ 23726-79, методи випробування згідно ДСТ 23429-78.
8. Маркувати позначення ударним способом. Шрифт 3-ПрЗ згідно ГОСТ26.008-85.



Изм.	Лист	№ докum.	Подп.	Дата	Різальний інструмент спеціальний	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							0,3	1:1
Проб.						Лист	Листов	
Т.контр.						ІФНТУНГ		
Н.контр.						гр.ПМЖм-22-1		
Утв.					Фреза кутова	Формат А3		

Копировал

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Дослідження впливу геометричних параметрів кріпильних елементів верстатних пристроїв на їхню міцність при закріпленні корпусних деталей.

В умовах постійного розвитку технологій та вимог до виробничих процесів, верстатні пристрої займають центральне місце в забезпеченні високої точності та ефективності обробки. Одним з ключових аспектів їх функціонування є надійне закріплення корпусних деталей, що вимагає уваги до геометричних параметрів використовуваних кріпильних елементів, зокрема прихватів. Процес закріплення корпусних деталей є критичним етапом, оскільки від його точності та міцності залежить якість та стабільність виготовлення виробів. У зв'язку з цим, проведення наукових досліджень з вивчення впливу геометричних параметрів прихватів на міцність закріплення є надзвичайно важливим для оптимізації технологічних процесів та підвищення ефективності виробництва.

Актуальність дослідження випливає з необхідності покращення якості та ефективності верстатних обробок. У виробничих умовах, де важлива висока точність та надійність фіксації деталей, оптимізація геометричних параметрів прихватів є ключовою задачею. Ефективне закріплення корпусних деталей визначає точність та стабільність виробничого процесу, що в свою чергу впливає на якість та надійність кінцевого продукту.

З урахуванням швидкого технологічного прогресу та зростаючих вимог до виробництва, це дослідження має велике значення для виробників та інженерів, спрямованих на оптимізацію та вдосконалення верстатного обладнання. Результати даного дослідження можуть слугувати основою для розробки нових технологічних рішень та покращення дизайну верстатних пристроїв, що в свою чергу сприятиме підвищенню конкурентоспроможності виробництва на міжнародному ринку.

Мета дослідження: Основною метою даного дослідження є ретельний аналіз та вивчення впливу різних геометричних параметрів прихватів на міцність закріплення корпусних деталей. Детальне розглядання таких параметрів, як висота прихвата, визначення оптимального розміру для досягнення максимальної міцності та стабільності фіксації деталей. Зазначимо, що результати даного дослідження не лише допоможуть визначити оптимальні геометричні параметри прихватів для конкретних умов, але й нададуть цінні вказівки для проектування нових верстатних пристроїв та вдосконалення існуючих систем закріплення корпусних деталей.

					МР.ПМКМ-- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця робота є актуальною в контексті забезпечення якісного та ефективного виробництва у різних галузях індустрії, де використання верстатних пристроїв здійснюється на постійній основі. Вирішення поставленої задачі сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств та розширенню можливостей у виробничому секторі.

Предмет дослідження: Предметом даного дослідження є геометричні параметри кріпильних елементів, зокрема прихватів, що використовуються для закріплення корпусних деталей у верстатних пристроях. Глибокий аналіз форми, розмірів та конфігурації прихватів становить основний фокус нашого дослідження.

Об'єкт дослідження: Об'єктом дослідження є самі верстатні пристрої та корпусні деталі, які закріплюються за допомогою вивчених прихватів. Основна увага приділяється взаємодії між прихватами та корпусними деталями під час закріплення та обробки.

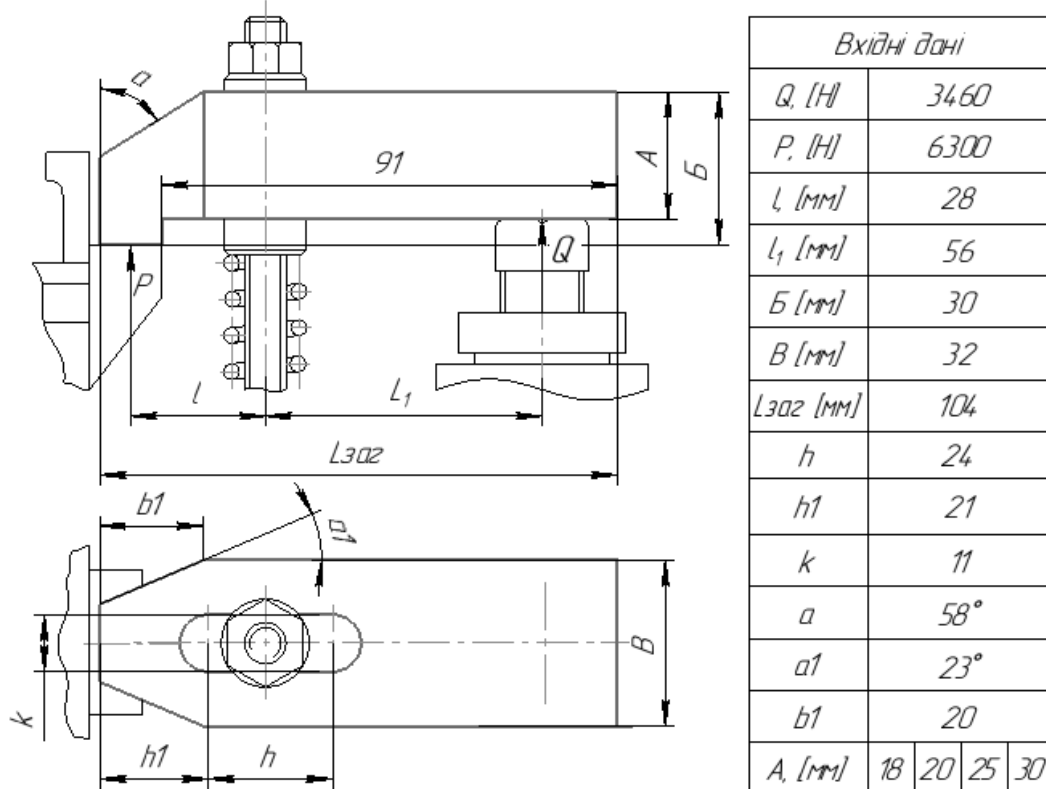


Рис. 1. Вхідні дані та ескіз кріпильного елемента верстатного пристрою

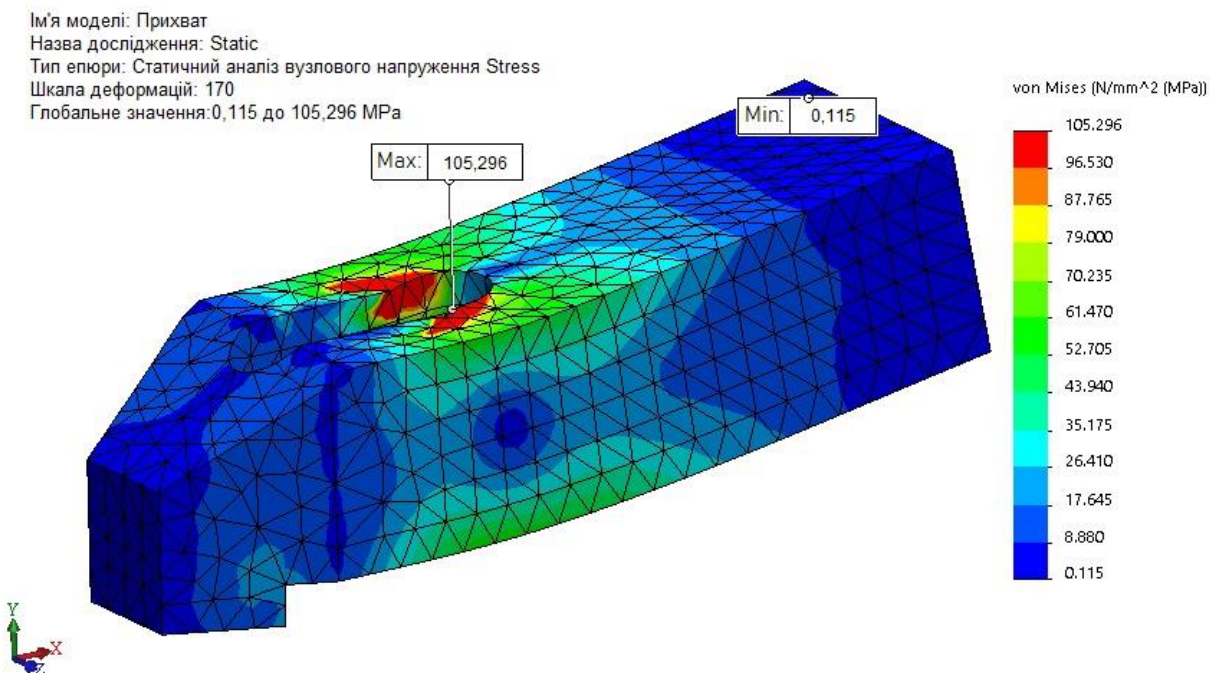
Метод скінченних елементів (МСЕ) є числовим методом для аналізу напружень та деформацій в складних структурах та матеріалах. Основна ідея методу полягає в розбитті складного об'єкта на менші, простіші частини, названі скінченними елементами, і розв'язанні математичних рівнянь для кожного елемента окремо.

Процес включає кілька основних етапів:

1. Геометричне подання: Об'єкт або структура подається у вигляді скінченних елементів, що апроксимують його форму та геометрію.
2. Визначення властивостей матеріалу: Властивості матеріалу, такі як модуль пружності та коефіцієнти Пуассона, визначаються для кожного елемента.
3. Накладення межових умов: Умови межі та обмеження визначаються для системи скінченних елементів, відображаючи реальні умови задачі.
4. Розділення на елементарні рівняння: Для кожного елемента формулюються рівняння на основі принципу потенційної енергії.
5. Складання глобальної матриці жорсткості: Рівняння для кожного елемента об'єднуються в одну велику систему лінійних рівнянь, яку розв'язують чисельними методами.
6. Розв'язання системи рівнянь: Отримана система рівнянь вирішується для визначення переміщень та, відповідно, напружень у кожному елементі.
7. Постпроцесинг та аналіз результатів: Отримані результати можуть бути подані у вигляді векторних полів для візуалізації напружень та деформацій у різних точках структури.

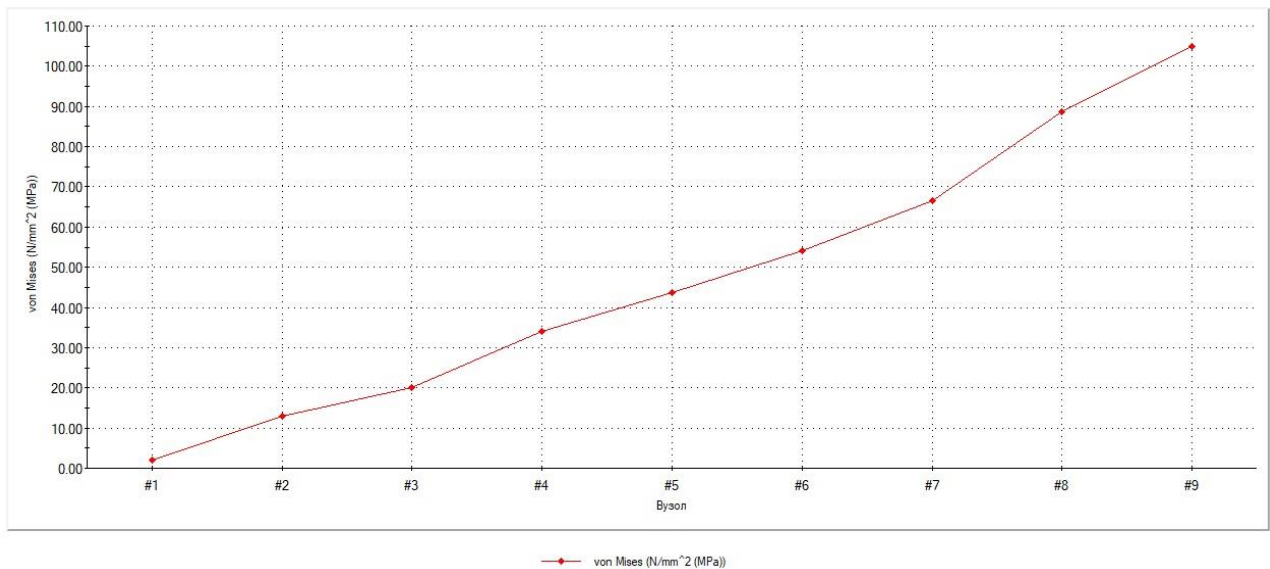
Метод скінченних елементів є потужним інструментом для аналізу складних інженерних проблем, таких як механіка тіл або теплопередача, дозволяючи отримувати числові результати, які важко або неможливо отримати аналітичними методами.

Визначення напружень



Епюра результатів аналізу напружень методом скінченних-елементів

					MP.ПМКМ-- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

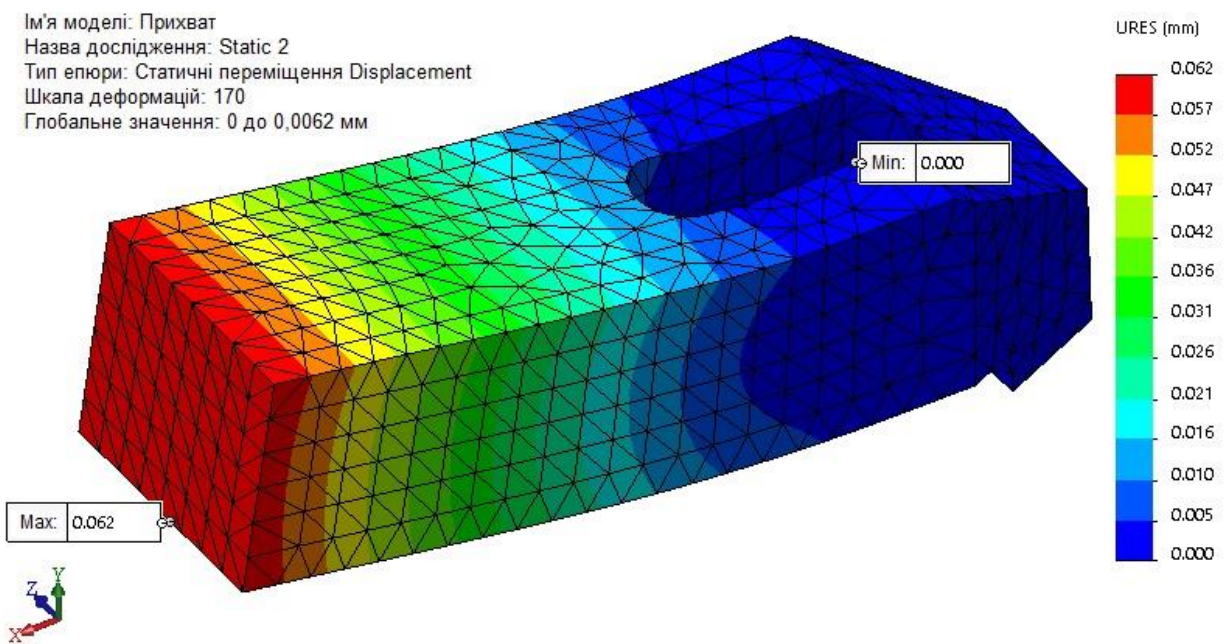


Графік залежностей напружень у вузлах деталі

Напруження в методі скінченних елементів визначалися як сили, що діють на матеріал при застосуванні навантаження або зовнішніх умов. Це включє механічні, термальні та інші види навантажень.

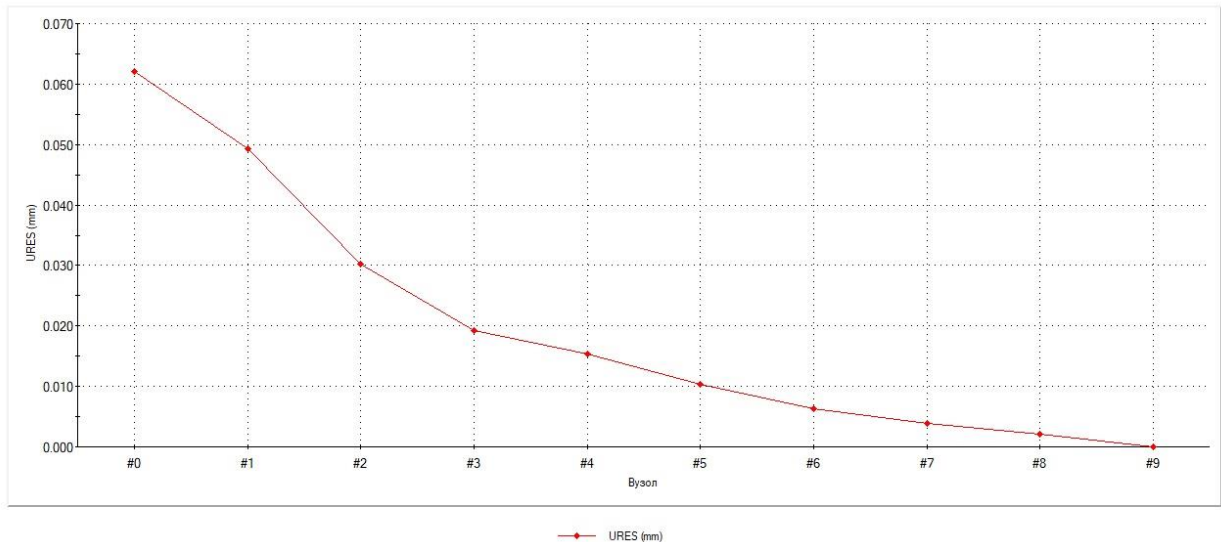
Для кожного скінченного елемента, враховувалися матеріальні властивості та умови межі. Використовувалися три основні компоненти напружень: напруження вздовж осі x (σ_x), напруження вздовж осі y (σ_y) та зрізні напруження (τ_{xy}). Ці напруження були визначені для кожного елемента та в кожній точці структури.

Визначення переміщень



Епюра результатів аналізу переміщень методом скінченних-елементів

					MP.ПМКМ-- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



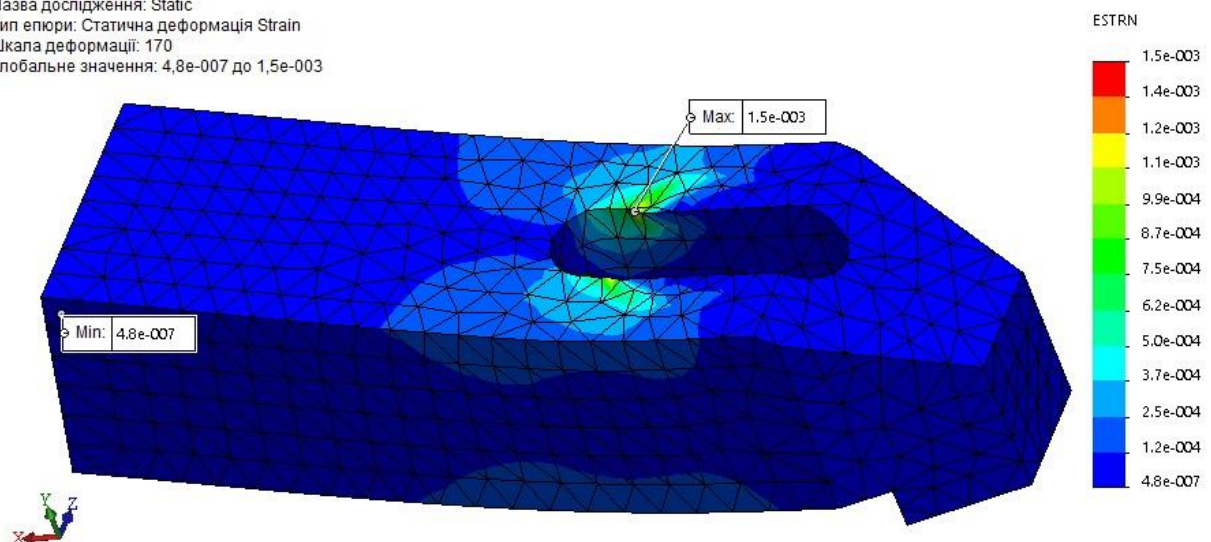
Графік залежностей переміщень у вузлах деталі

Переміщення визначали як зміна положення матеріальної точки в просторі під впливом навантажень і зовнішніх умов. Визначення переміщень є ключовим етапом в розрахунках МСЕ і дозволило отримати інформацію про деформації структури і матеріалу.

Метод скінченних елементів дозволив визначити переміщення для кожного скінченного елемента в зоні дослідження. Після розв'язання системи лінійних рівнянь, яка включає умови межі та навантаження, отримали значення переміщень для кожної вузлової точки в мережі скінчених елементів.

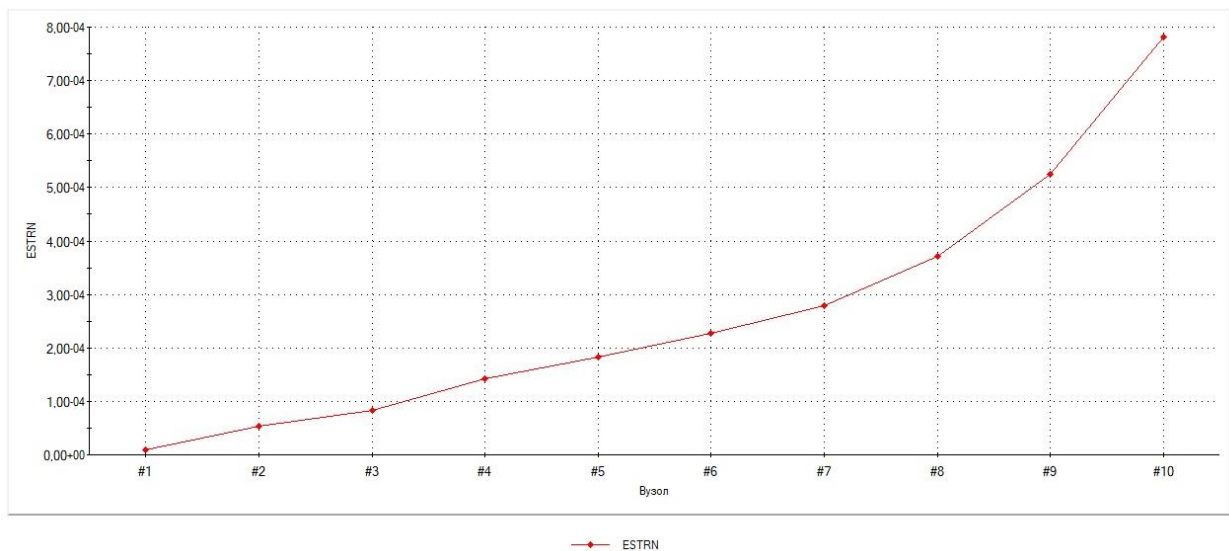
Визначення деформацій

Ім'я моделі: Прихват
 Назва дослідження: Static
 Тип епюри: Статична деформація Strain
 Шкала деформації: 170
 Глобальне значення: 4,8e-007 до 1,5e-003



Епюра результатів аналізу деформацій методом скінченних-елементів

					MP.ПМКМ-- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Графік залежностей деформацій у вузлах деталі

Для кожного елемента розраховувалися компоненти деформацій, які включають зміни довжини (деформації вздовж осей x, y, z), а також зрізні деформації. Ці деформації визначалися в кожній точці елемента та використовувалися для аналізу, як матеріал та конструкція реагують на навантаження.

Таблиця результатів досліджень методом скінченних-елементів

	№1		№2		№3		№4	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Напруження	0,482 MPa	566,8 MPa	0,205 MPa	230,9 MPa	0,115 MPa	105,3 MPa	0,085 MPa	87,9 MPa
Переміщення	0,0000 mm	0,1012 mm	0,0000 mm	0,0581 mm	0,0000 mm	0,0062 mm	0,0000 mm	0,0041 mm
Деформації	7,1e-007	4,7e-003	5,4e-007	2,8e-003	4,8e-007	1,5e-003	1,8e-007	0,6e-003

По таблиці спостерігається зміна напружень, переміщень, деформацій при збільшенні чи зменшенні розміру A, змінюються як мінімальні так і максимальні показники. Отримані результати свідчать про те, що деякі геометричні параметри прихватів суттєво впливають на міцність закріплення корпусних деталей. Наприклад, зміна кута нахилу може призводити до збільшення чи зменшення розподілу зусиль на поверхню деталі.

Висновок: На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що оптимізація геометричних параметрів прихватів може покращити міцність закріплення корпусних деталей у верстатних пристроях.

Рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів можуть бути корисними для інженерів та виробників обладнання.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кряжев Д.Ю. Фрезерная обработка на станках с ЧПУ с системой ЧПУ РАШС / Д. Ю. Кряжев. – СПб, 2005. – 41 с.: ил.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя / В.И. Анурьев. – Т 1,2,3; – М.: Машиностроение, 1979. – 780 с.
3. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / Под ред. В.В. Бабука. – Минск: Высшейш. школа, 1987. –256 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя.Т.1. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.:Машиностроение , 1985. – 656 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя.Т.2. / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
6. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов / Ю.В. Барановский – М.:Машиностроение, 1972. – 407 с.
7. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.:Машиностроение,1974. – 136 с.
8. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения/А.Ф. Горбацевич В.А. Шкред–Минск: Высшейш шк. 1983–256 с.
9. Ансеров М.А. Приспособления для МРС / М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – 710 с.
- 10.Панчук В. Г., Карпик Р. Т., Пітулей Л. Д.Лукань Т. В., Панчук А.Г.Магістерська робота П - 14. Магістерська робота: методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
11. Чемборисов Н.А. Систематизация признаков способа формообразования / Н. А. Чемборисов. // СТИН. – 2002. – №8. – С. 32–35.
12. Сморкалов Н.В. Численное моделирование поверхностей при обработке резанием/ Н.В. Сморкалов.–Набережные Челны: КамПИ, 2003–203с.
13. Шевелева Г.И. Теория формообразования и контакта движущихся тел / Г.И. Шевелева. – Москва: СТАНКИН, 1999. – 272 с.
14. Беклешов В.А. САПР в машиностроении / В.А. Беклешов, Г.Б. Морозова. – С.пб.: Машиностроение, 2006. – 141 с.
15. Радзевич С.П. Классификация рабочих поверхностей деталей и инструментов / С.П. Радзевич. – Днепродзержинск: Днепродзержинский индустриальный институт, 1988. – 185 с.
16. Вайсбург В.А. Автоматизация технологической подготовки авиационного производства на базе ЭВМ и оборудования с ЧПУ / В.А. Вайсбург, Б.А. Медведев. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 350 с.

					МР.ПМКМ-- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Евгенъев Г.Б. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ / Г.Б. Евгенъев. – Москва: Машиностроение, 1999. –304 с.

18. Погорелов А.В. Изгибание выпуклых поверхностей / А.В. Погорелов. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955– 184 с.

19 .Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. Посібник / Під ред. Карпика Р. Т. - Івано-Франківськ, «Факел», 1999. - 216 с., іл.

20.Сторож Б.Д., Карпик Р.Т., Гордеев А.І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2014. – 230с.

21.Обработка материалов резанием: Справочник технолога / Под общ. ред. А.А. Панова – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

22.Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. -Л.: Машиностроение, 1975 - 656 с.

23.Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 1. Под ред. Н. Вардашкина, М: Машиностроение. 1984. - 592 с.

24.Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 2. Под ред. Н. Вардашкина, М.; машиностроение. 1984. - 592 с.

25.Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении – К.: Вища школа, 1981 – 247 с.

					МР.ПМКМ-- .00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

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

	І Ф Н Т У Н Г	Р 79.41.102			
	Корпус				

«Затверджую»

Зав.кафедрою

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

Технологічний процес
механічної обробки

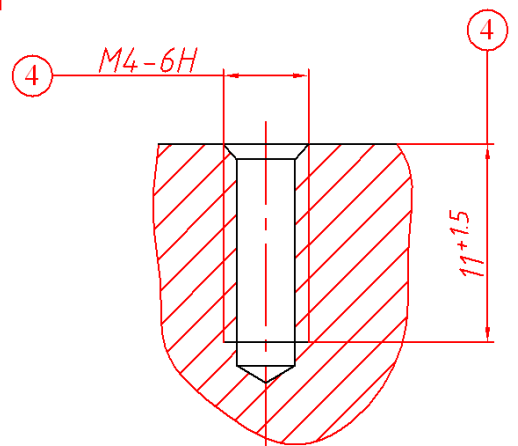
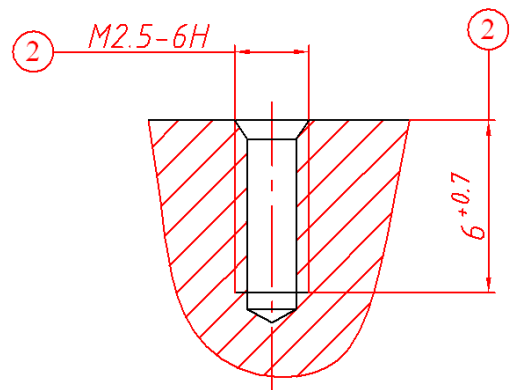
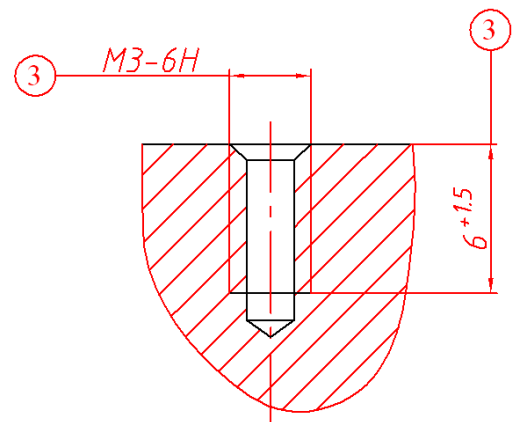
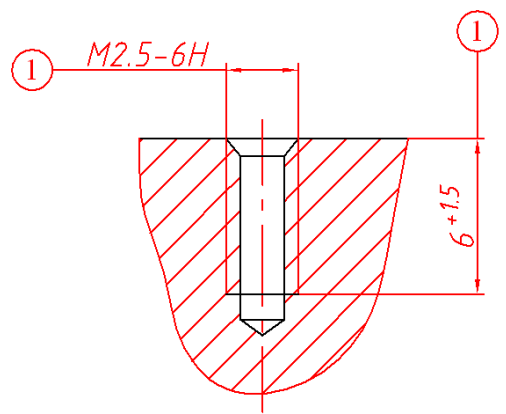
Розробив: ст. групи ПМКм-22-1

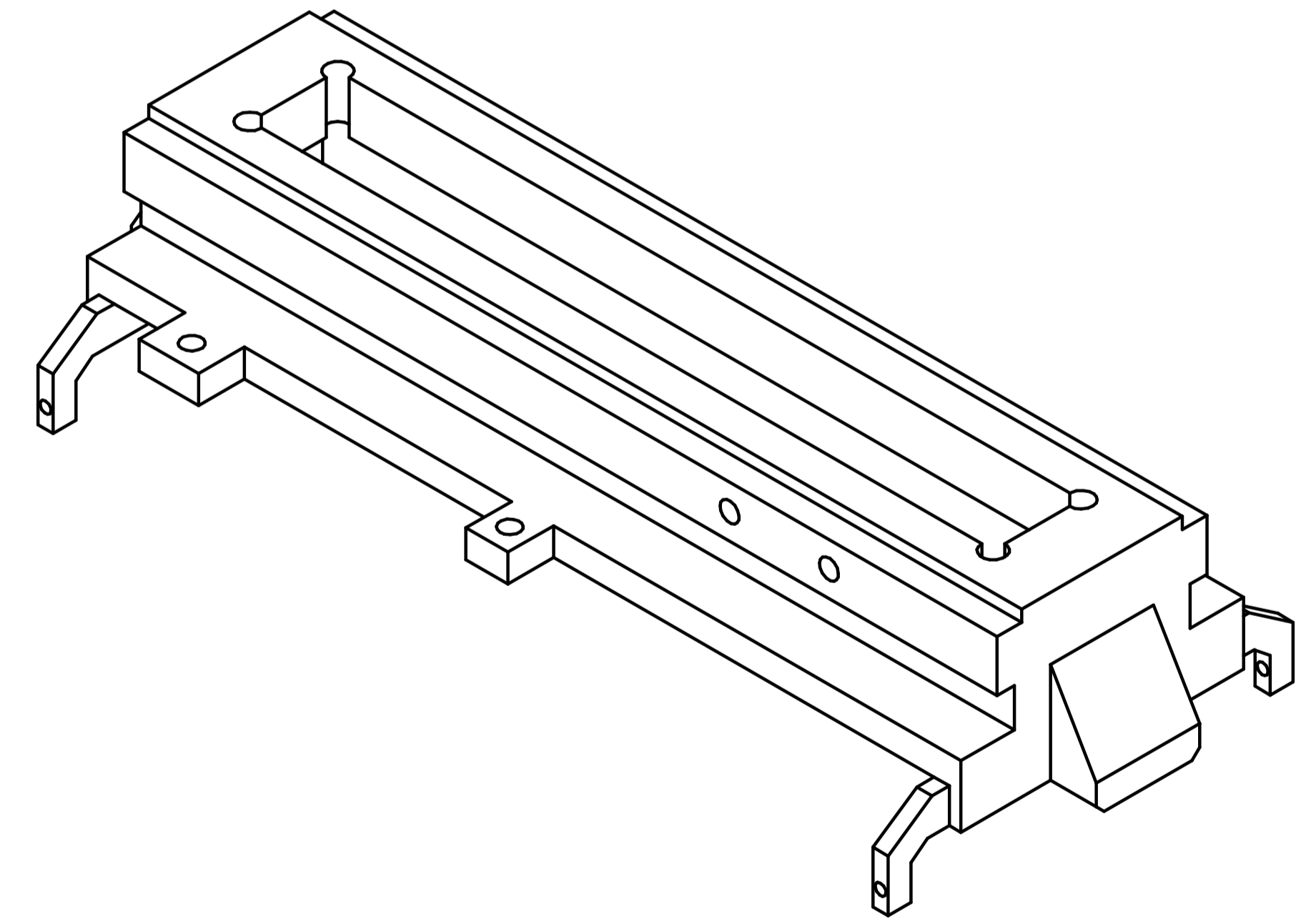
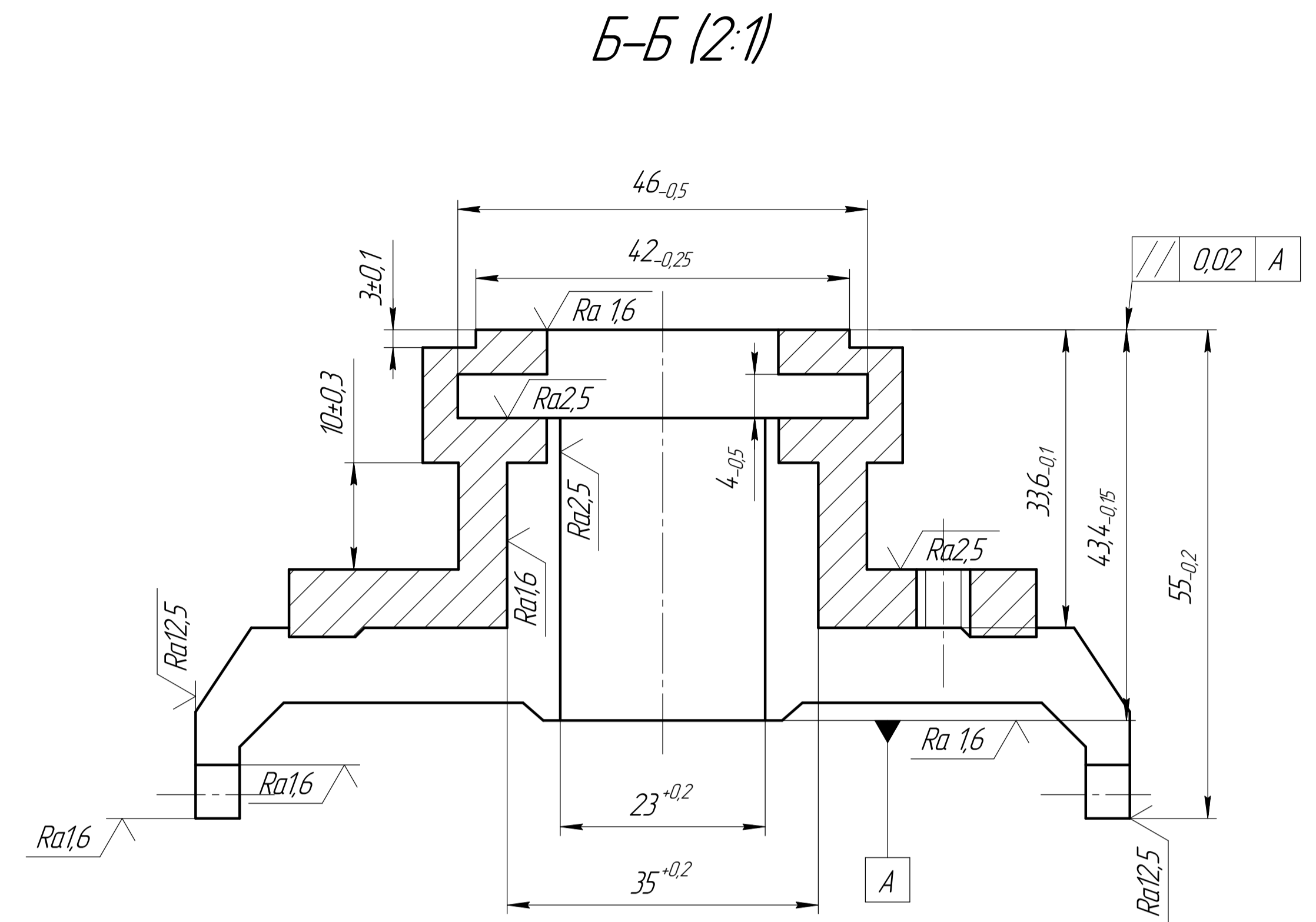
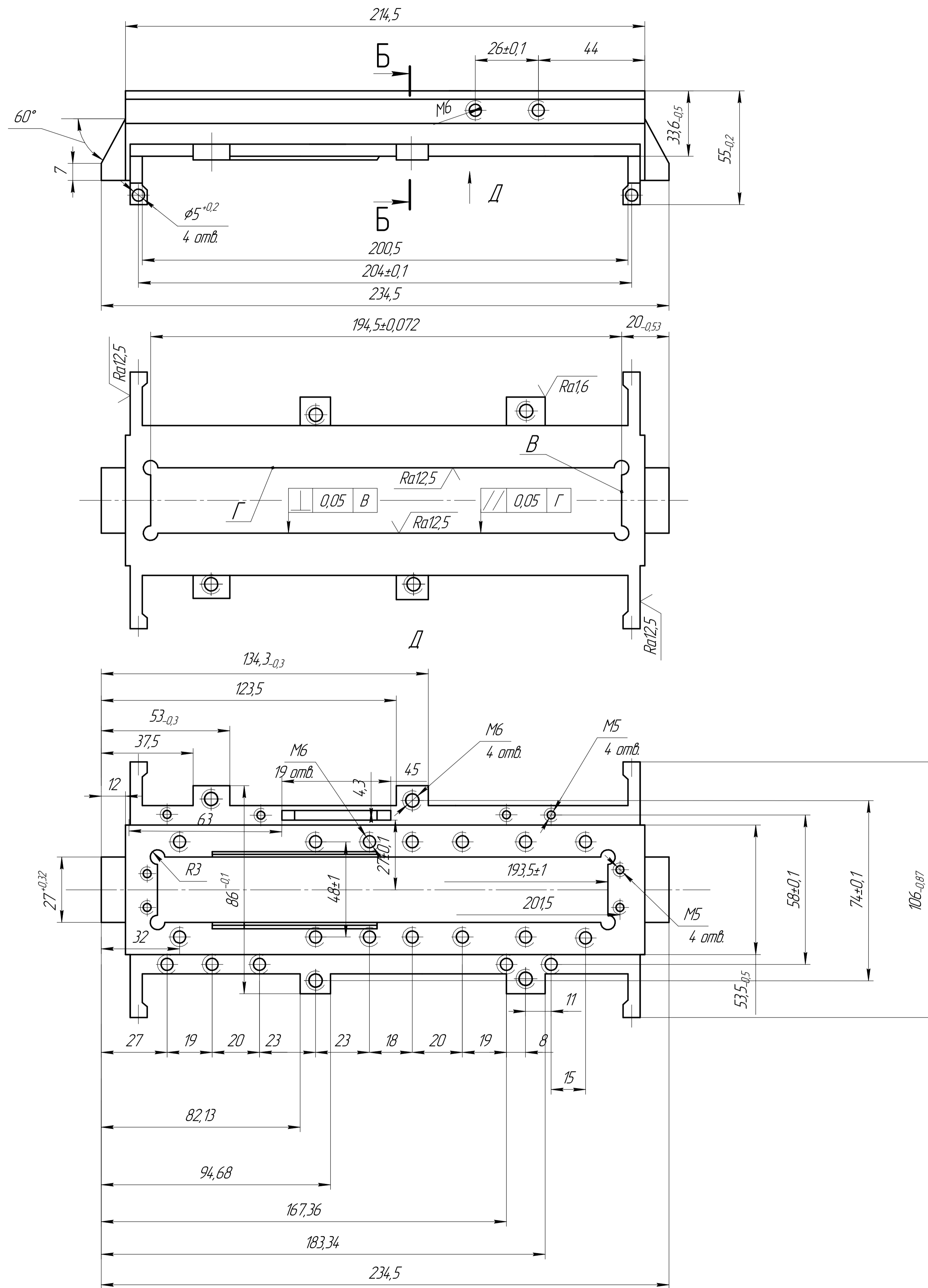
Грабінський В. П.

Перевірів: Костюк Н. О.

--	--	--	--	--

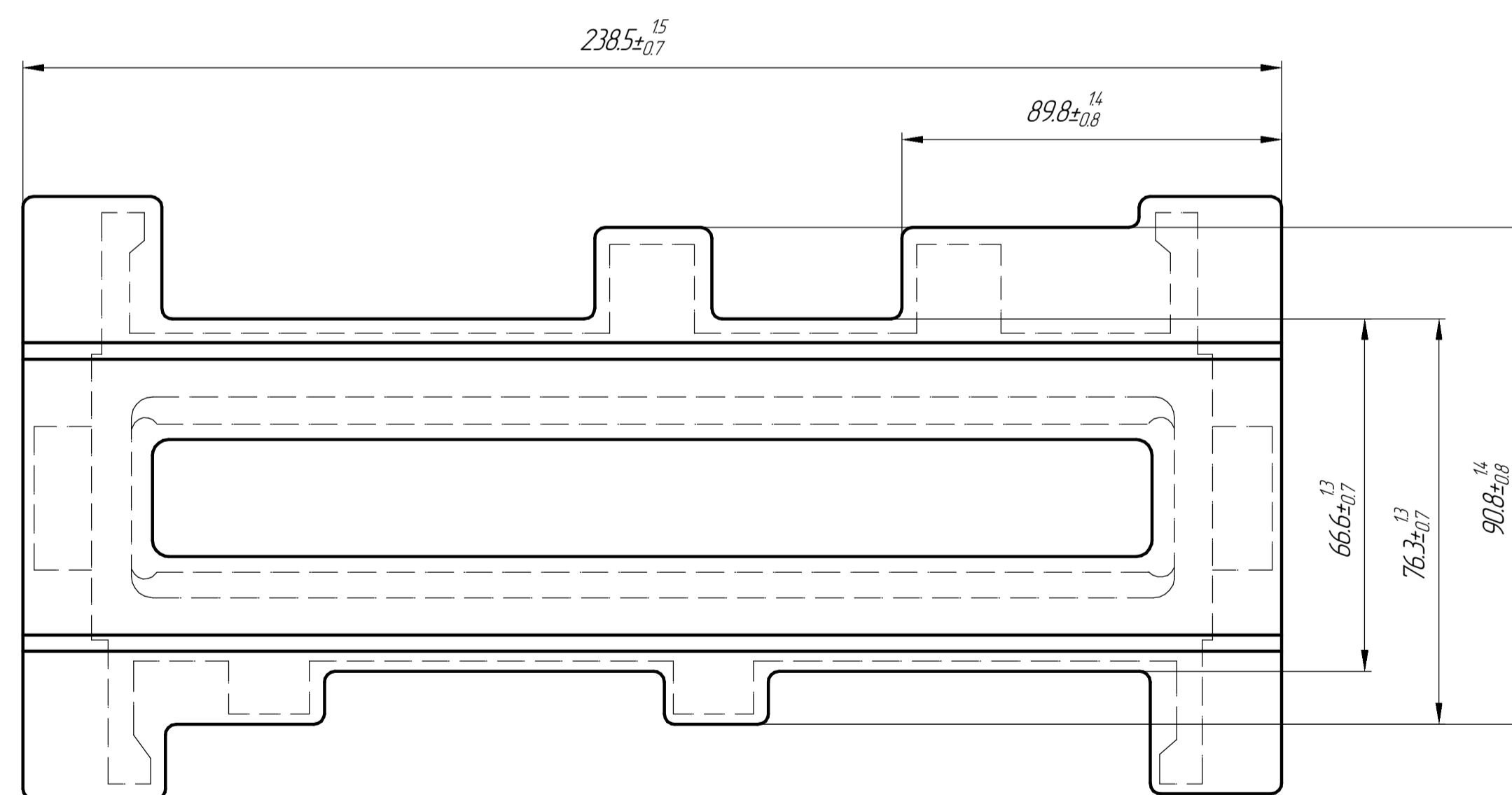
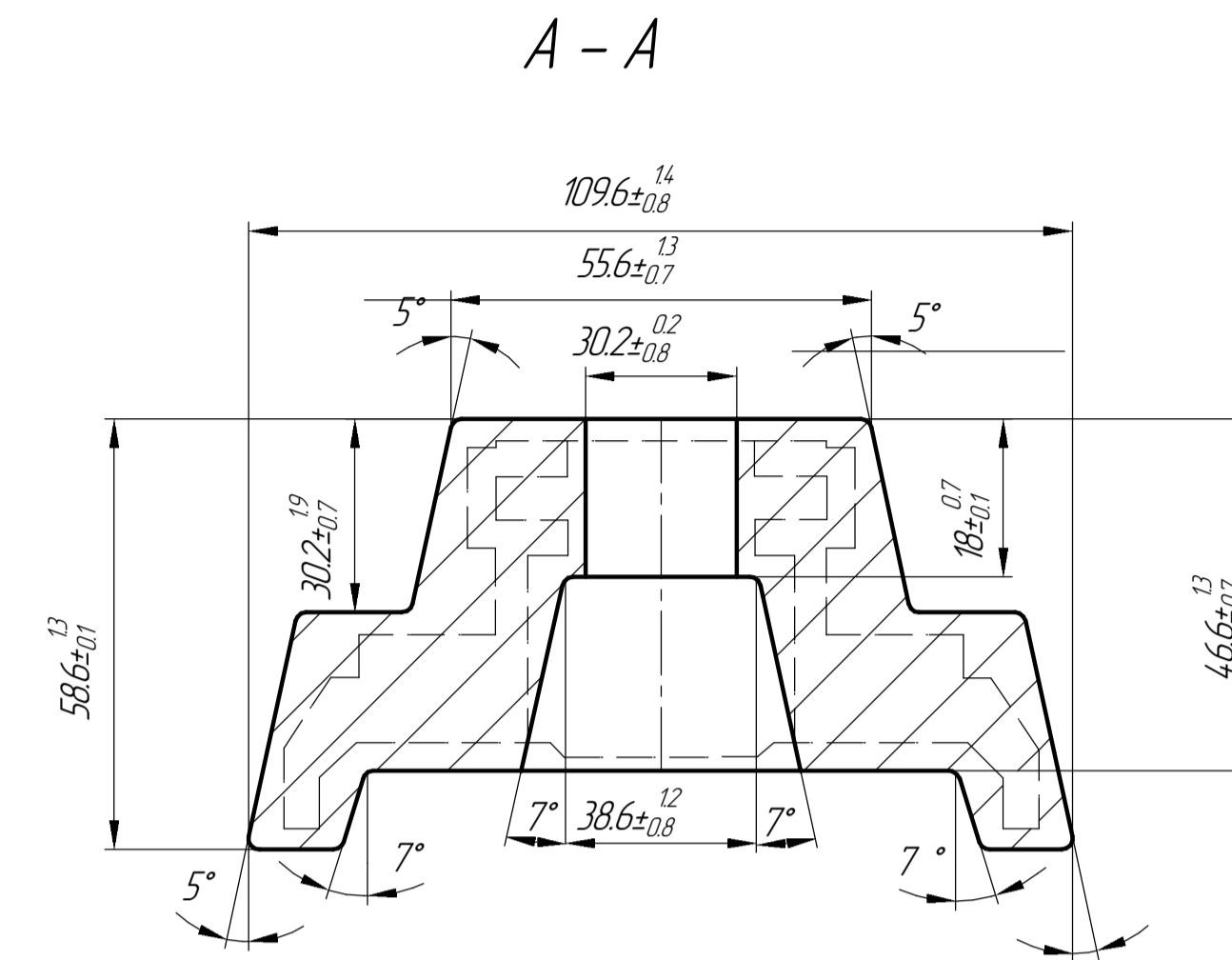
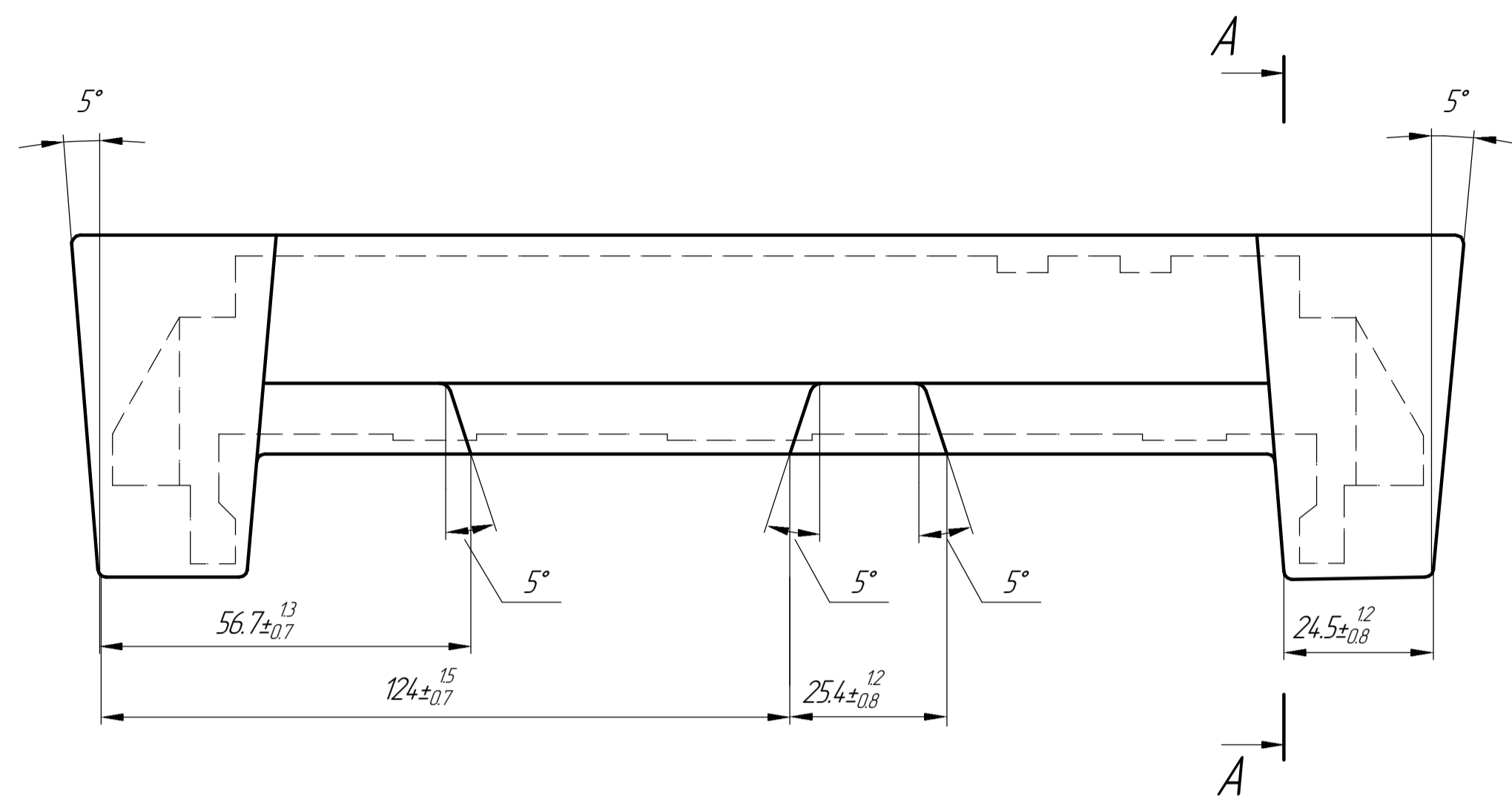
Дубл.																				
Замість																				
Підп.																				





1. НВ 180..189
2. Матеріал деталі Сталь 10 ГОСТ 1050-85
3. H14, h14, ± IT14/2.
4. Гострі кромки притупити, заусенці не допускаються

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
						1,4	1:1
Деталь корпус Р 79.4.1102 Сталь 10 ГОСТ 1050-85					Лист	Листов	1
					ИФНТУНГ		1
					г.р. ПМКМ-22-1		
					Формат А1		

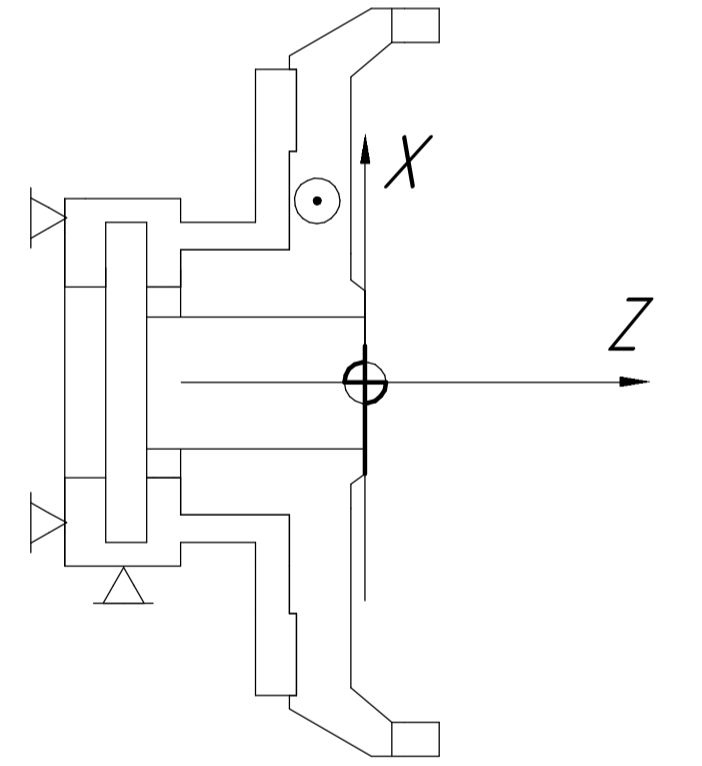
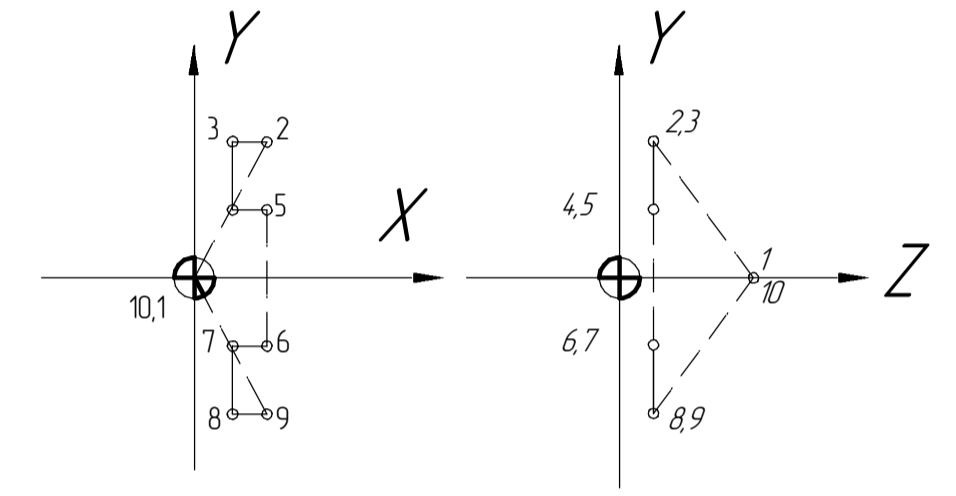
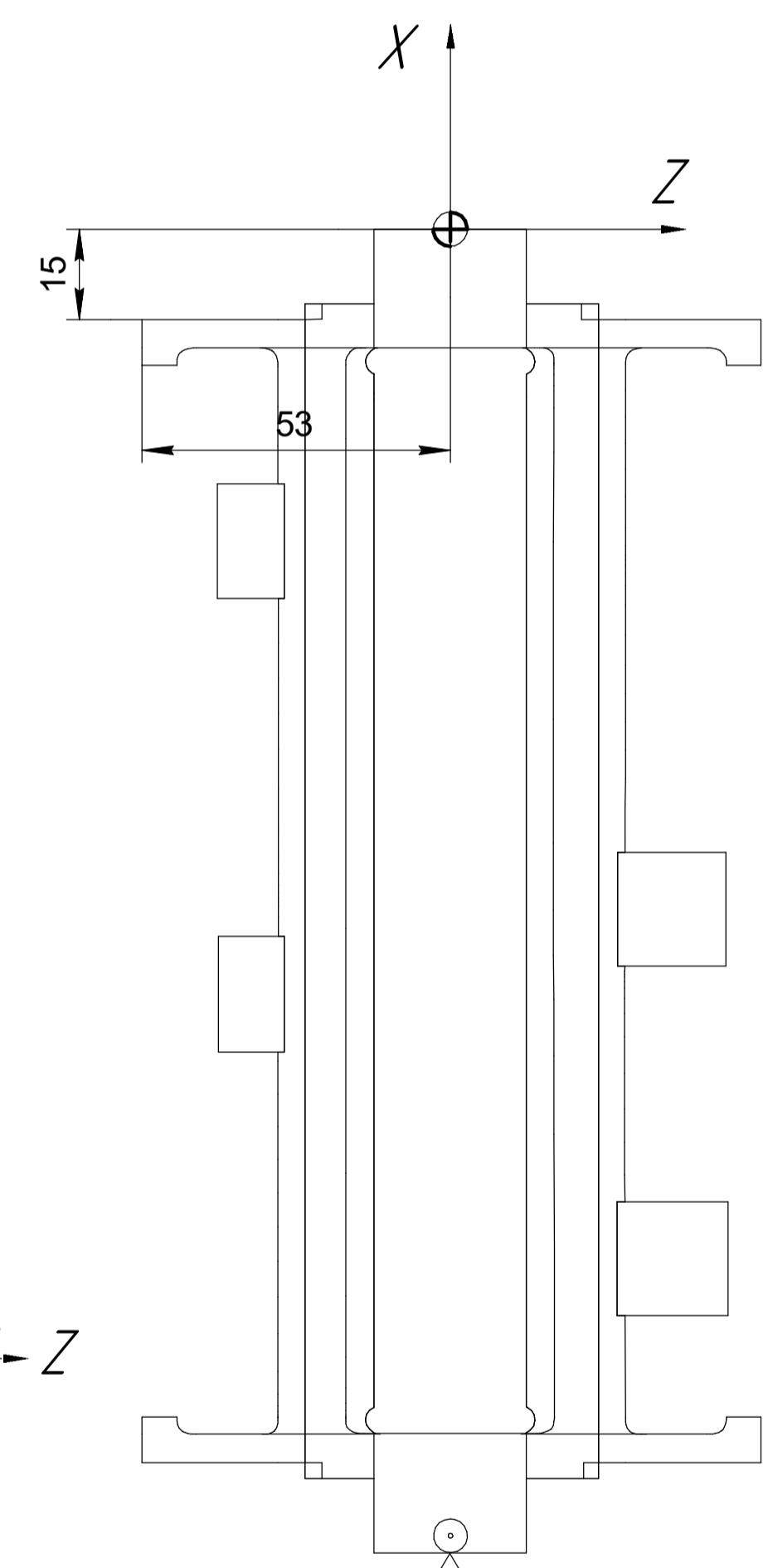
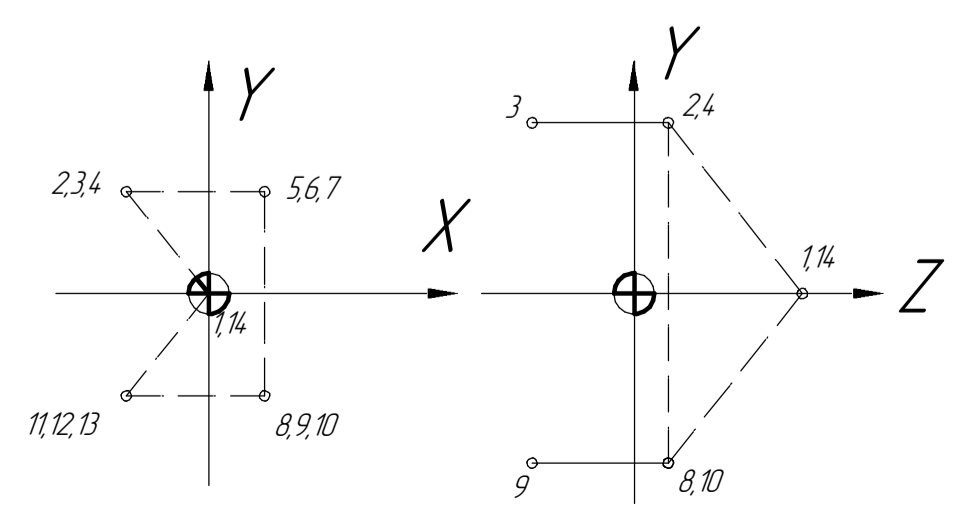
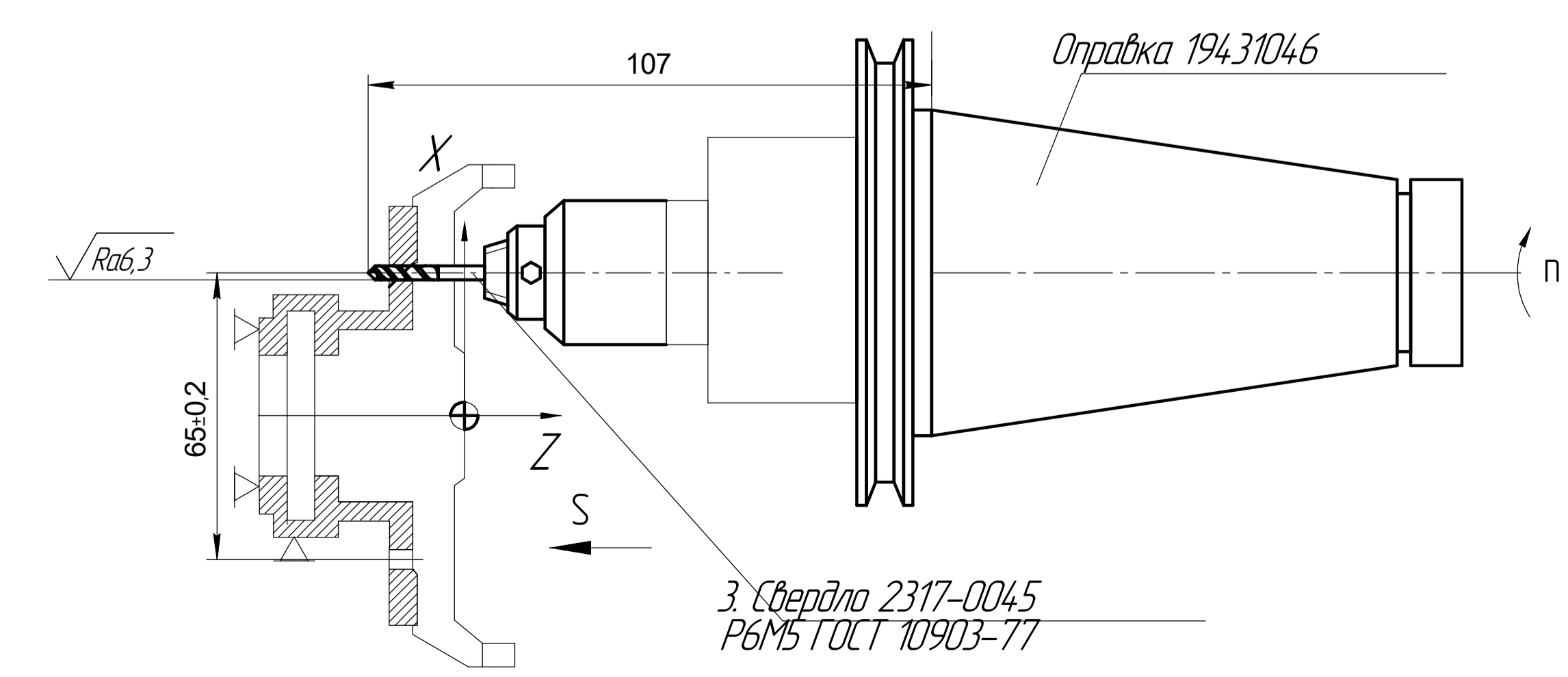
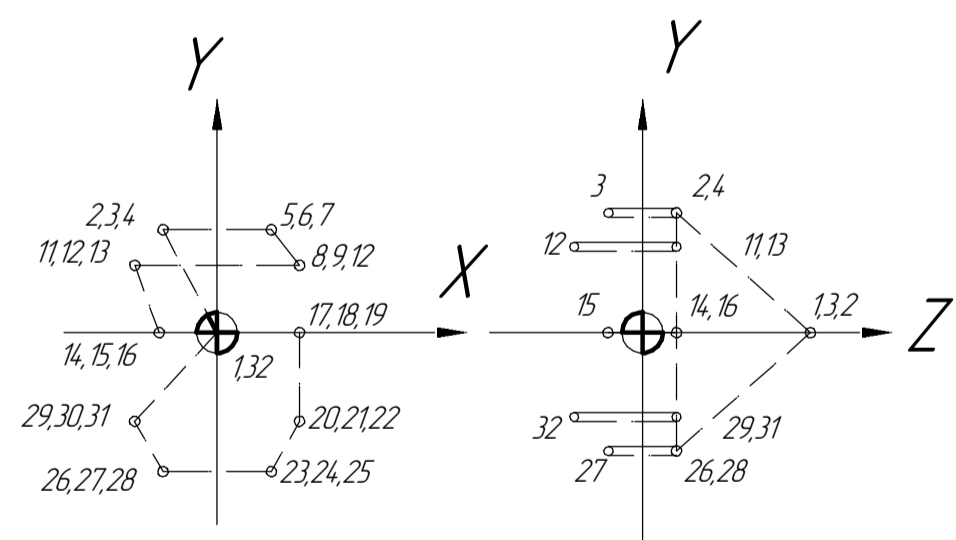
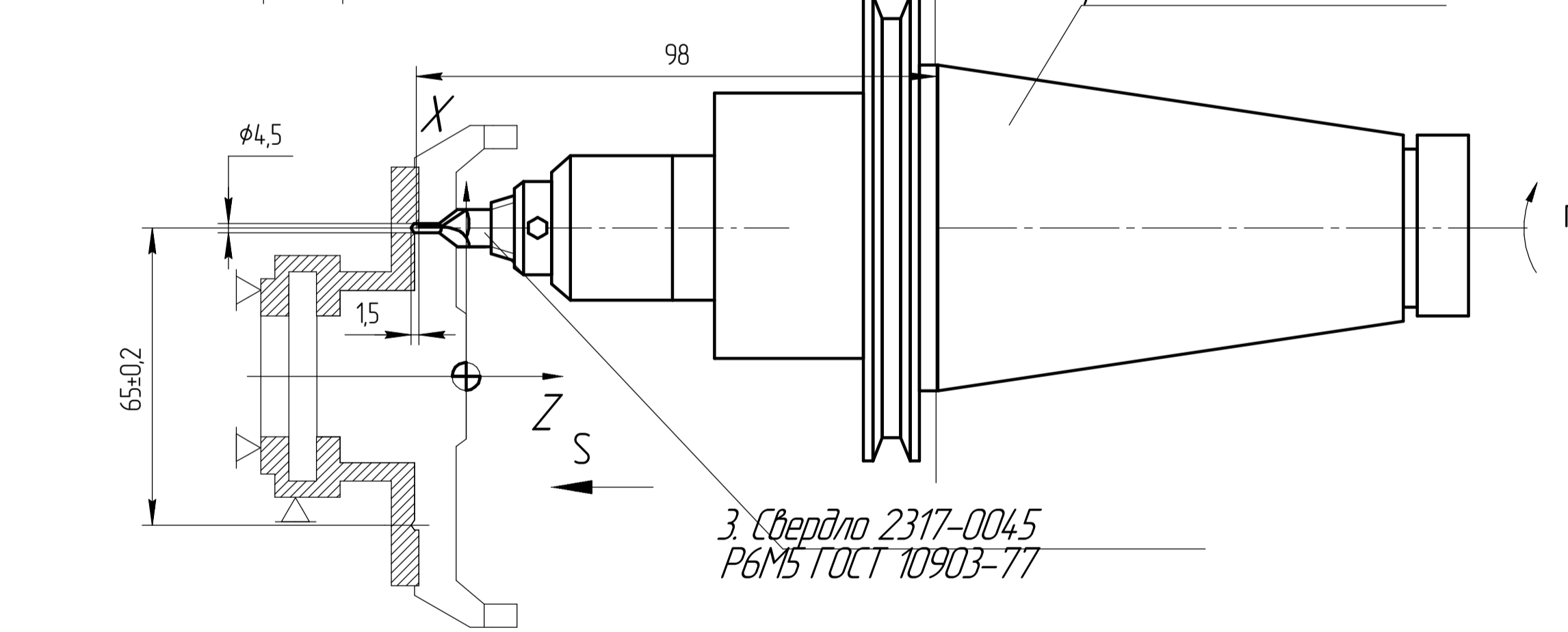
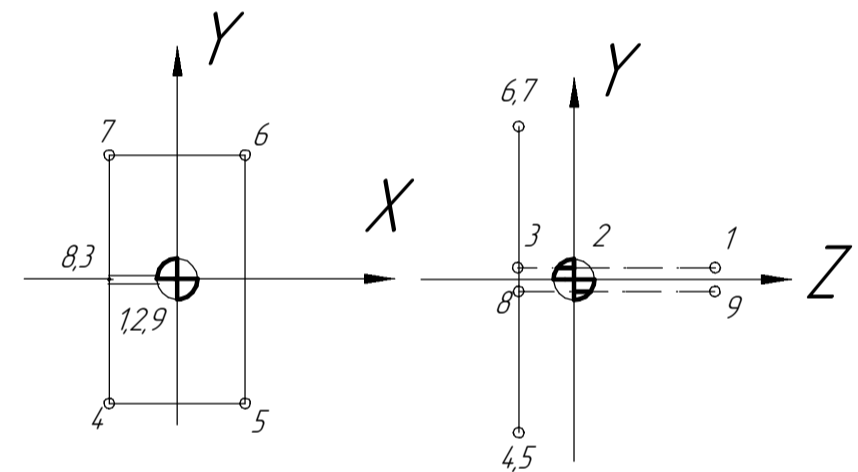
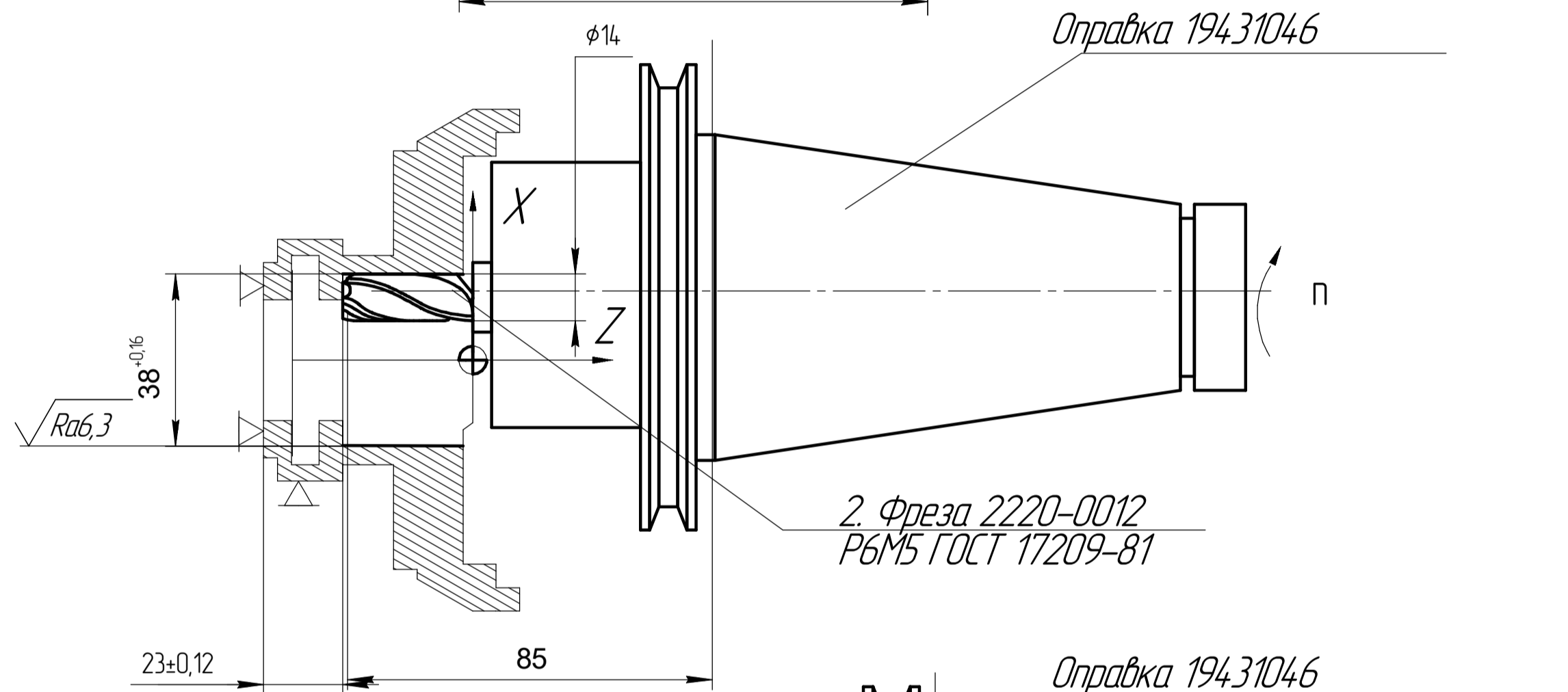
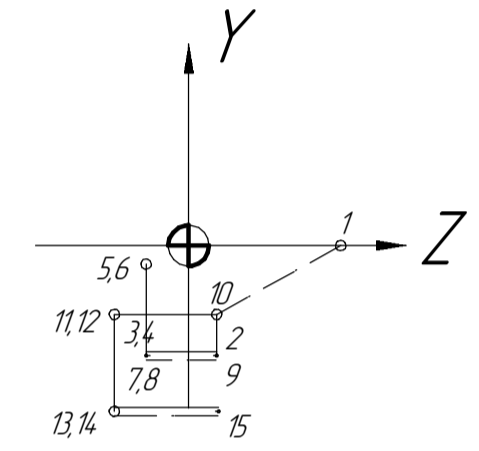
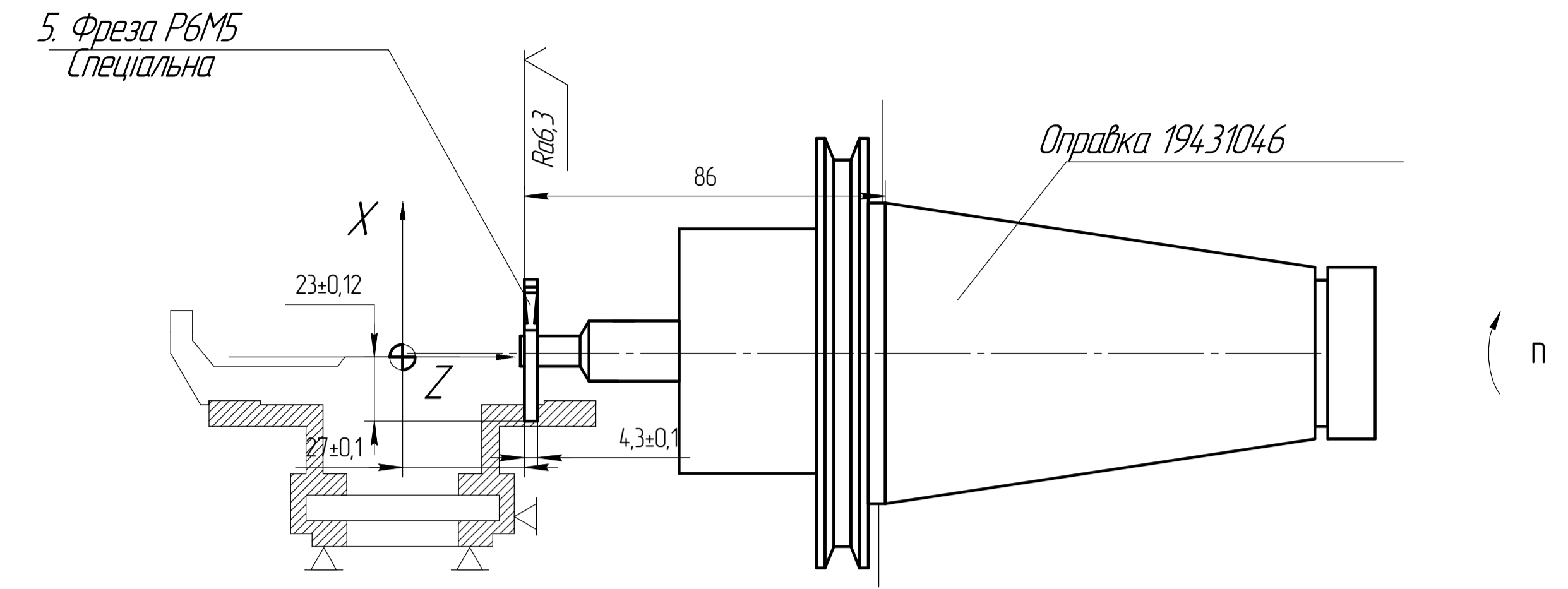
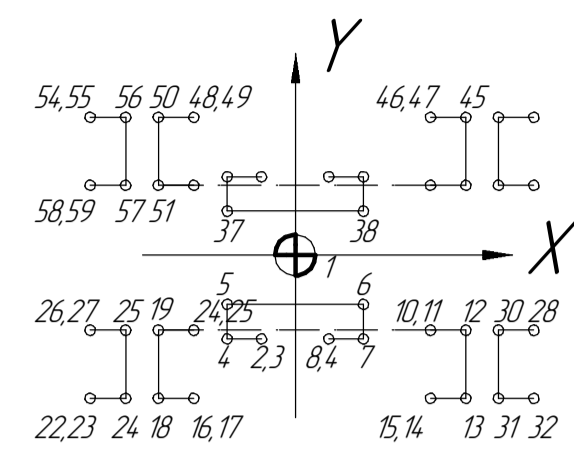
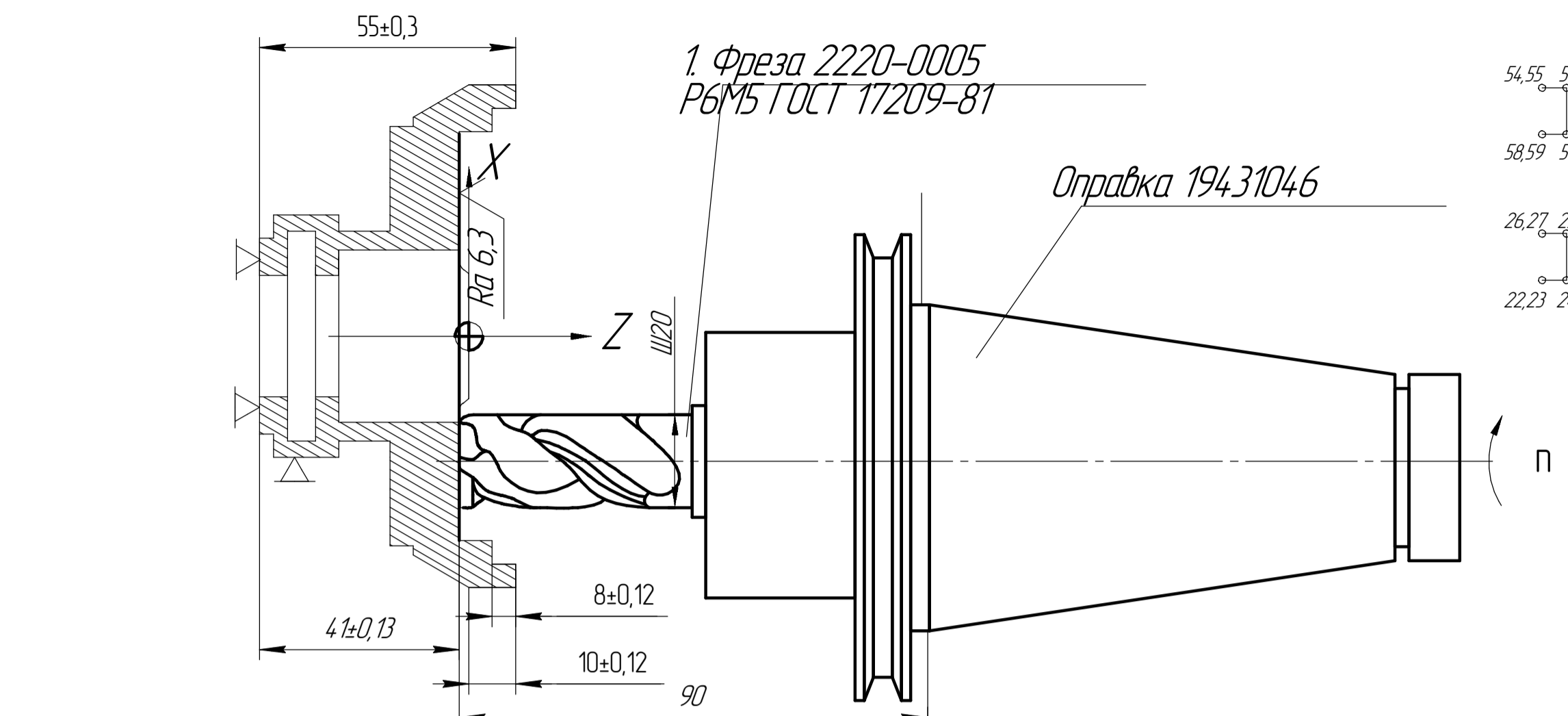


1. Поковка II НВ186-210 ГОСТ84-79-7 клас Т4 ГОСТ7505-89;
2. Якість мікроструктури згідно з ОСТ23.4.52-83;
3. H14, h14, ± 1T14 / 2;
4. Розміри для довідок;
5. Після термообробки піддати дробоструменевій обробці;
6. Маркувати позначення ударним способом. Шрифт 5-Пр3 згідно ГОСТ26.008-85;
7. Матеріал заготовки Сталь 10 ГОСТ 1050-85;
8. Решта технічних вимог згідно ОСТ 23.1.167-86.

Вид	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Заготовка (штамповка)		
Проб	Уроднський В.П.				Лит	Масса	Масштаб
Т.контр.						3,51	1:1
Н.контр.					Лист	Листов	1
Змін.					Сталь 10 ГОСТ 1050-85		
					ІФНТУНГ ПМКМ-22-1		

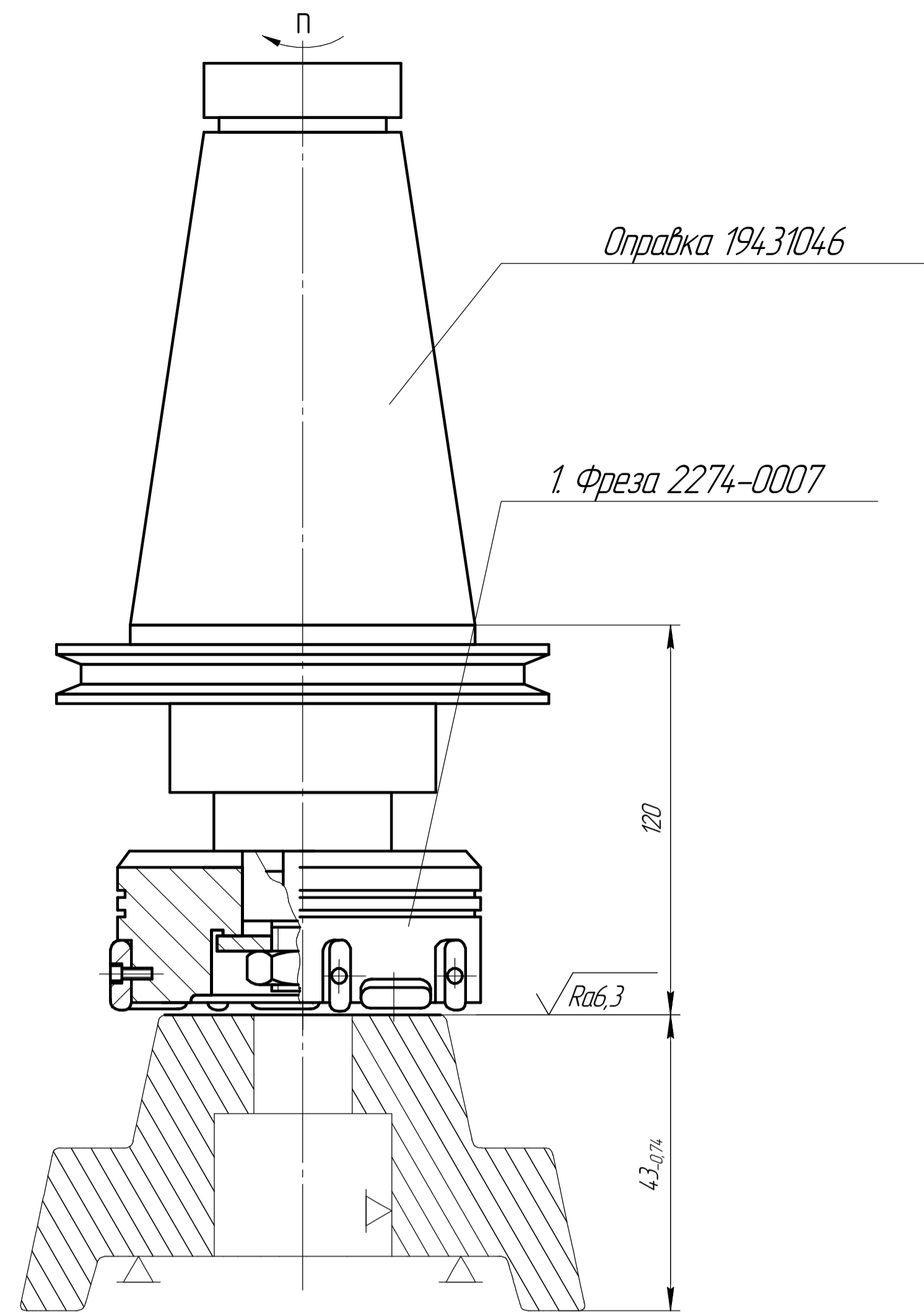
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15

Операція 015 багатоцільова



Багатоцільовий обробляючий центр EC-1600	5	33	3000	6,3	0,01	30	0,72	16,24	
	4	75	3000	3,25	0,08	240	0,16		
3	33	3000	6,3	0,01	30	0,72			
2	75	3000	3,25	0,08	240	0,16			
1	4,71	950	0,75	0,08	76	0,12			
Модель і марка верстата	№ інстр.	V, м/хв	n, об/хв	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	T _м , хв	T _{шт} , хв	
Карта наладки								Лист	Масштаб
Деталь корпус								Лист	Листов 1
ІФНТУНГ								Лист	Листов 1

Лист 1 з 1
Лист 2 з 2
Лист 3 з 3
Лист 4 з 4
Лист 5 з 5
Лист 6 з 6
Лист 7 з 7
Лист 8 з 8
Лист 9 з 9
Лист 10 з 10
Лист 11 з 11
Лист 12 з 12
Лист 13 з 13
Лист 14 з 14
Лист 15 з 15
Лист 16 з 16
Лист 17 з 17
Лист 18 з 18
Лист 19 з 19
Лист 20 з 20
Лист 21 з 21
Лист 22 з 22
Лист 23 з 23
Лист 24 з 24
Лист 25 з 25
Лист 26 з 26
Лист 27 з 27
Лист 28 з 28
Лист 29 з 29
Лист 30 з 30
Лист 31 з 31
Лист 32 з 32
Лист 33 з 33
Лист 34 з 34
Лист 35 з 35
Лист 36 з 36
Лист 37 з 37
Лист 38 з 38
Лист 39 з 39
Лист 40 з 40
Лист 41 з 41
Лист 42 з 42
Лист 43 з 43
Лист 44 з 44
Лист 45 з 45
Лист 46 з 46
Лист 47 з 47
Лист 48 з 48
Лист 49 з 49
Лист 50 з 50
Лист 51 з 51
Лист 52 з 52
Лист 53 з 53
Лист 54 з 54
Лист 55 з 55
Лист 56 з 56
Лист 57 з 57
Лист 58 з 58
Лист 59 з 59
Лист 60 з 60
Лист 61 з 61
Лист 62 з 62
Лист 63 з 63
Лист 64 з 64
Лист 65 з 65
Лист 66 з 66
Лист 67 з 67
Лист 68 з 68
Лист 69 з 69
Лист 70 з 70
Лист 71 з 71
Лист 72 з 72
Лист 73 з 73
Лист 74 з 74
Лист 75 з 75
Лист 76 з 76
Лист 77 з 77
Лист 78 з 78
Лист 79 з 79
Лист 80 з 80
Лист 81 з 81
Лист 82 з 82
Лист 83 з 83
Лист 84 з 84
Лист 85 з 85
Лист 86 з 86
Лист 87 з 87
Лист 88 з 88
Лист 89 з 89
Лист 90 з 90
Лист 91 з 91
Лист 92 з 92
Лист 93 з 93
Лист 94 з 94
Лист 95 з 95
Лист 96 з 96
Лист 97 з 97
Лист 98 з 98
Лист 99 з 99
Лист 100 з 100



⊕ S
Рисунок 1 Ескіз обробки

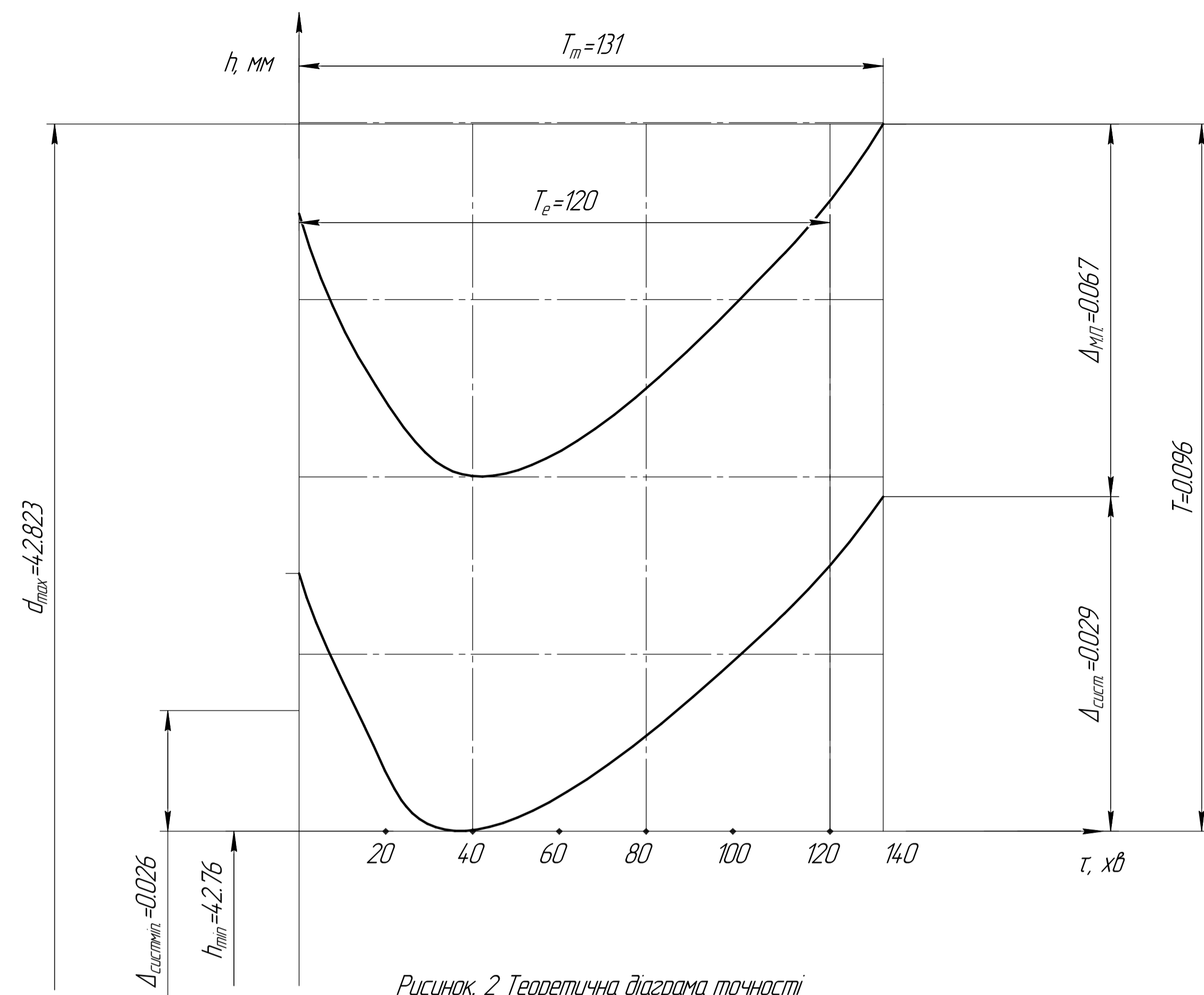


Рисунок 2 Теоретична діаграма точності

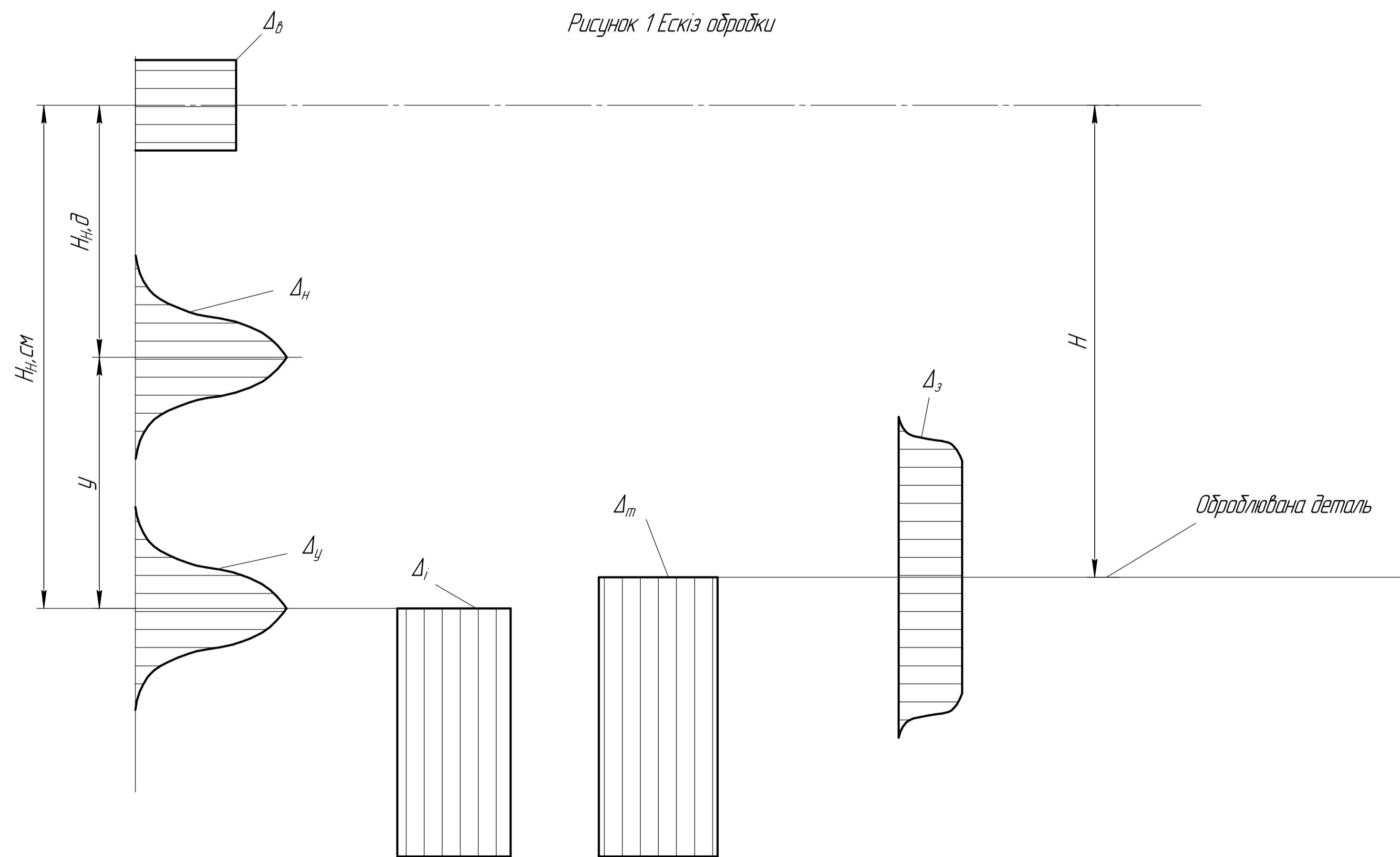


Рисунок 3 – Схема технологічного розмірного ланцюга
 H , $H_{н,с.м}$, $H_{н,д}$ – відповідно величина обробки (замикаюча ланка), статичного настрівання, динамічного настрівання.
 Y – постійна складова похибки від деформації системи ВПД під дією сил різання

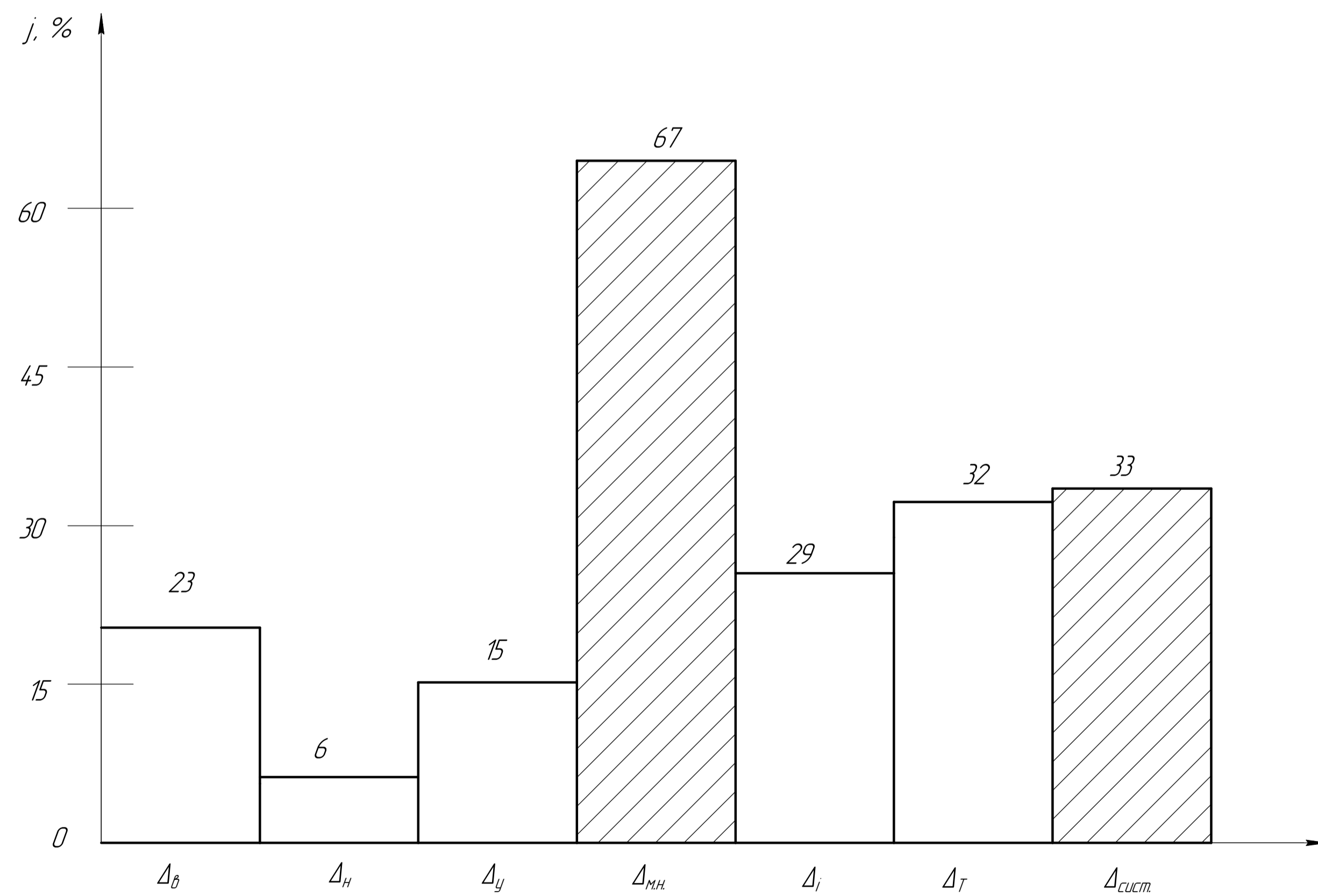
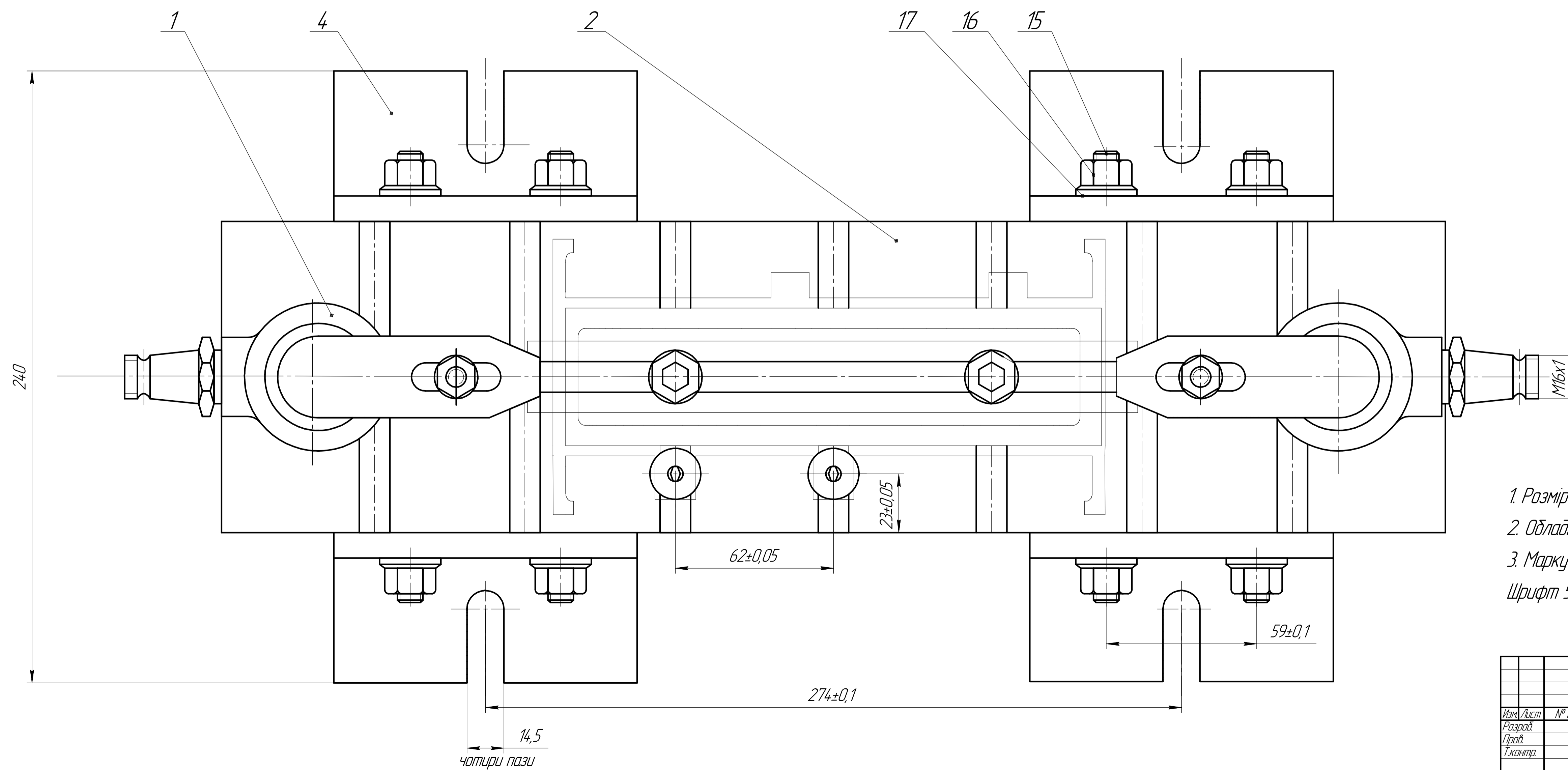
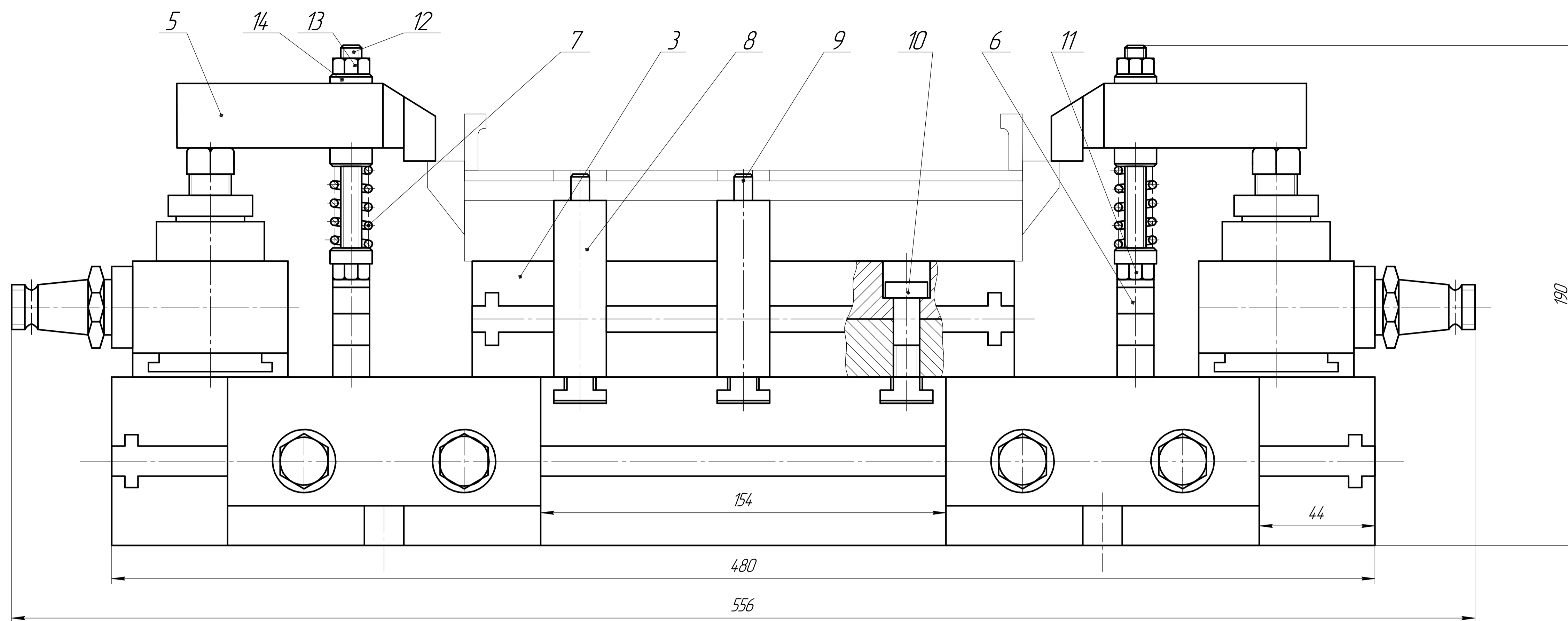


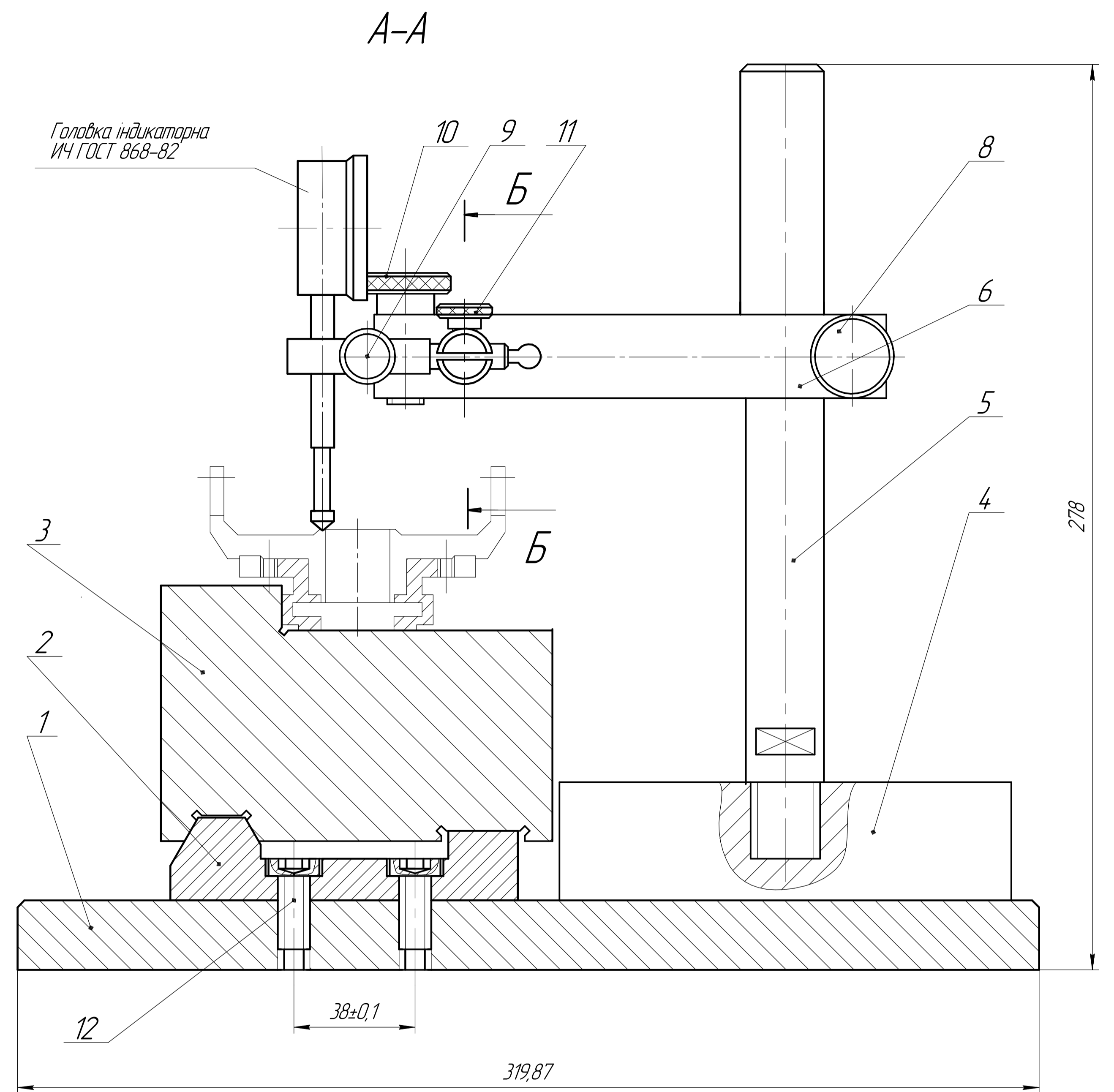
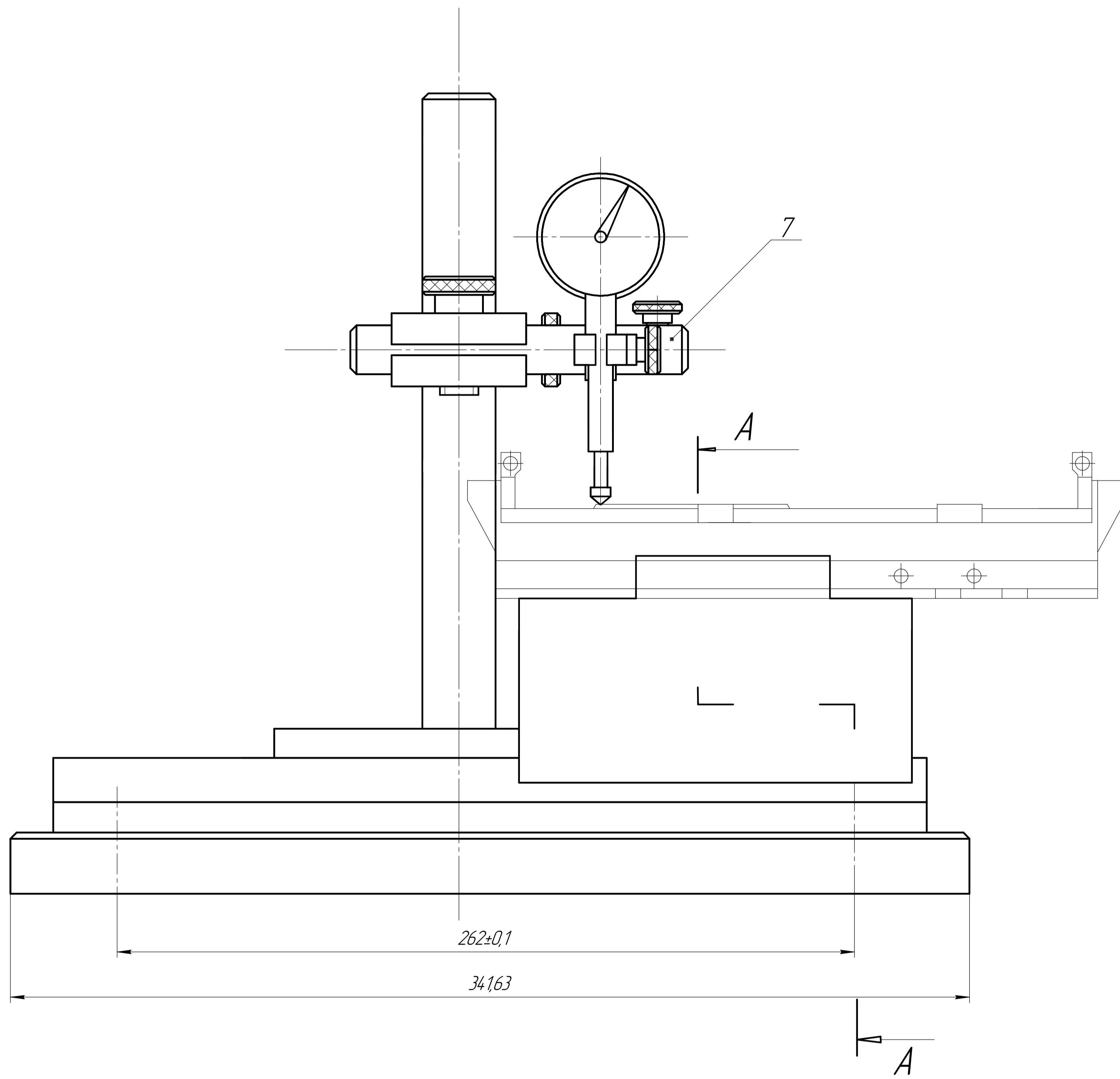
Рисунок 4 – Гістограма похибок

№ зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Аналіз точності обробки розрахунково-аналітичним методом.		
Розраб.		робочий В. П.			Лист	Масштаб	Масштаб
Проб.						-	1:1
Г.контр.					Лист	Листів	1
Реценз.					ІФНТУНГ		
І.контр.					зр. ПМКМ-22-1		
Утв.					Формат А1		

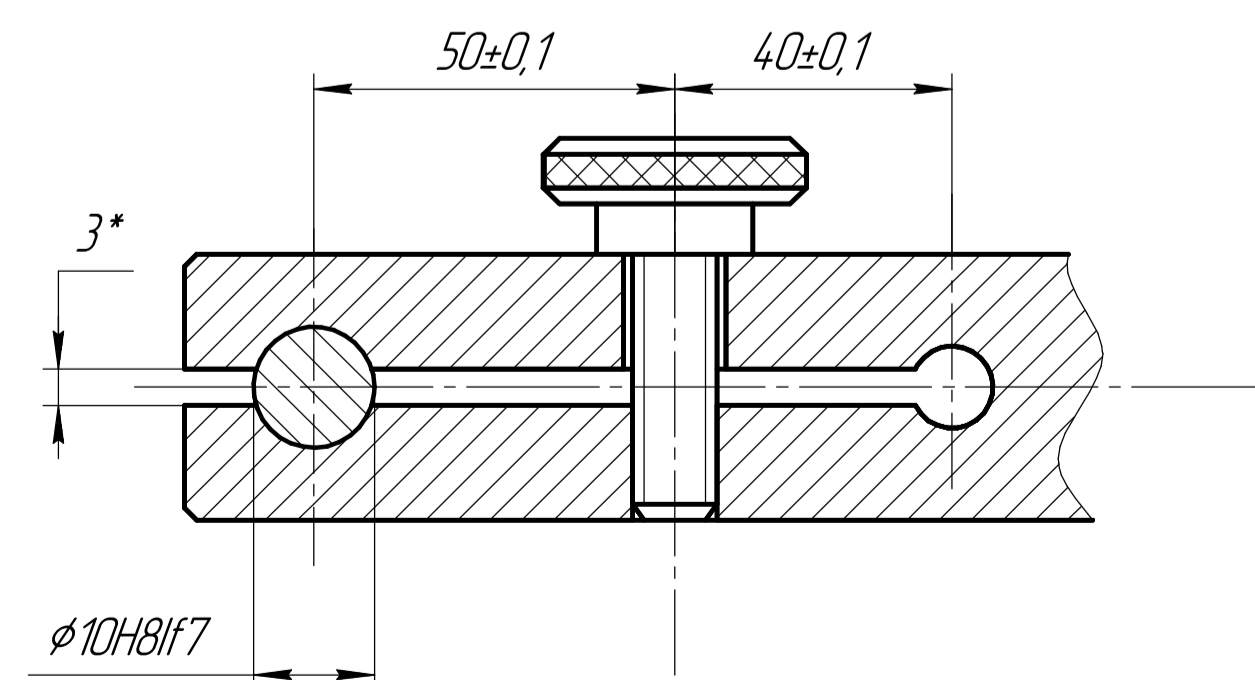


1. Розміри для довідок;
 2. Обладнання: вертикально-фрезерний 6Р13;
 3. Маркувати позначення ударним способом Шрифт 5-Пр3 згідно ГОСТ26.008-85.

Взам. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Верстатний пристрій	Лист	Масштаб
Разроб.					24	1:1
Проб.				Лист	Листов	1
Т.контр.						
Н.контр.				ІФНТУНГ		
Утв.				Копірабат		



Б-Б (2:1)



- 1.*Разміри для довідок
- 2.Деталь поз.2 притерти до деталі поз.3.
- 3.Застосовувати для контролю паралельності поверхонь.
- 4.Точність вимірювання 0,02 мкм.

Взам. Лист	№ док.	Підп.	Дата	Пристрій контрольний	Лист	Маса	Масштаб
Разроб.					12	11	
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.					ІФНТУНГ		
Н.контр.					Копірабат		
Звід.					Формат А1		

Перв. примір.

Стор. №

Листів у діал.

Взам. лист №

Листів у діал.

Лист №

