МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ПМКм-626.00.000 ПЗ

Група ПМКм-23-1

Верещук Ярослав

Олегович

2024

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Верещук Ярослав Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.622
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Вдосконалення технології виготовлення деталі Стійка 0707.508517 309
(назва роботи)

Компютеризовані та роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Верещук Я.О.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Борущак Л.О., доцент каф КМВ, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

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

Івано-Франківськ – 2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут_інженерної механіки та робототехніки_____

Кафедра___компютеризовано машинобудування____

Освітній рівень___магістр_____

Спеціальність___131 Прикладна механіка____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри_____
_____
"____"_____

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ
СТУДЕНТОВІ

_____Верещук Ярослав Олегович_____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи_«Вдосконалення технології виготовлення деталі «Стійка 0707.508517 309»

_____

_____

керівник роботи _Борущак Любомир Онуфрійович, к.т.н., доцент_____

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

Затверджена наказом закладу вищої освіти від "__" _____20 р. №__

2 Термін подання студентом закінченої роботи __05 грудня 2024 р._____

3 Вихідні дані роботи _креслення деталі, базовий технологічний процес_____

_____

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить опрацювати)

_Аналіз деталі, базового техпроцесу та розробка нового варіанту технології. Проектування операційної технології та аналіз точності обробки. Створення керуючої програми для верстата з ЧПК Проектування верстатного пристрою для багатоопераційного верстата та контрольного. Науково-дослідний розділ – дослідження міцності деталей пристрою.

_____

5 Перелік графічного матеріалу

___Карти налагоджень на операції з ЧПК (2 арк. ф.А1), аналіз точності при обробці поверхні стійки (1 арк. ф.А1) , конструкція верстатного пристрою (1-2 арк. ф.А1) , конструкція контрольного пристрою) (1 арк. ф.А1) , результати науково-дослідного розділу(1 арк. ф.А1)

_____

6 Консультанти із розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технологічний	Борущак Л.О.		
Конструкторський	Борущак Л.О.		
Науково-дослідний	Борущак Л.О.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапу магістерської роботи	Термін виконання	Примітки
Технологічний	30.11.2024	
Конструкторський	02.12.2024	
Науково-дослідний	06.12.2024	

Студент_____ _____Верещук Я.О._____
(Підпис) (Прізвище та ініціали)

Керівник роботи_____ __Борущак Л.О._____
(Підпис) (Прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи

“ Вдосконалення технології виготовлення деталі Стійка 0707.508517 309

Розрахунково-пояснювальна записка: 69 сторінок, 10 рисунків, 15 таблиць, 18 посилань.

Графічна частина: 7 аркушів форматуА1.

Об’єкт дослідження – технологічні процеси механічної обробки деталей.

Предмет дослідження – Стійка 0707.508517 309.

Мета роботи – проектування технології виготовлення деталі - стійки - з використанням сучасного автоматизованого обладнання (верстатів з ЧПК) та швидкодіючих і точних пристроїв.

В першому розділі магістерської роботи зроблено аналіз конструкції стійки і технології її виготовлення, а також можливостей застосування досягнень сучасної технології. Суть вирішення технологічного завдання полягає у застосуванні принципу концентрації операцій в умовах середньосерійного виробництва. Стало можливим застосувати тільки один багатоопераційний верстат з ЧПК та спеціальний верстатний пристрій.

В технологічній частині пояснювальної записки обчислено припуск на обробку циліндричного отвору стійки, аналітичним способом виконано розрахунок режимів різання. Розраховано вплив різних факторів на точність обробки циліндричної поверхні ø90 мм.

В роботі підібрані модель металорізального багатоопераційного верстата з ЧПК та високопродуктивні інструменти передових європейських фірм. Оформлені маршрутна та операційна карти. Створено керуючі програми для верстатної обробки.

У конструкторському розділі пояснювальної записки та графічної частини роботи спроектовано пристрої верстатний та контрольний і виконано їх складальні креслення.

В науково- дослідній частині роботи досліджено статичну міцність навантаженої деталі верстатного пристрою - важеля.

Ключові слова: *технологічний процес, операція, перехід, режим різання, припуск, фрезерно-свердлильно-розточний, аналіз точності обробки, технічне нормування, верстатний пристрій, статичний аналіз міцності.*

Студент Верещук Я.О.

ABSTARCT

Master's thesis "Improvement of the manufacturing technology of Rack part 0707.508517 309

Settlement note: pages, figures, tables, links.Graphic part: 7 sheets of A1 format.

Object of research - technological processes of mechanical processing of parts.

The subject of research is the Rack part 0707.508517 309.

The purpose of the work is to design the manufacturing technology of the part - rack - using modern automated equipment (machines with CNC) and fast-acting and accurate devices.

In the first chapter of the master's work, an analysis of the design of the rack and its manufacturing technology, as well as the possibilities of applying the achievements of modern technology, were made. The essence of solving the technological task is to apply the principle of concentration of operations in conditions of medium-scale production. It became possible to use only one multi-operational machine with CNC and a special machine tool.

In the technological part of the explanatory note, the allowance for processing the cylindrical hole of the rack is calculated, and the cutting modes are calculated analytically. The influence of various factors on the accuracy of processing a cylindrical surface of ø90 mm was calculated.

In the work, a model of a metal-cutting multi-operational machine tool with CNC and high-performance tools of leading European companies are selected. Route and operational maps have been drawn up. Control programs for machining have been created.

In the design section of the explanatory note and graphic part of the work, the machine tool and control devices were designed and their assembly drawings were made.

In the scientific and research part of the work, the static strength of the loaded part of the machine tool - the lever - was investigated.

Key words: *technological process, operation, transition, cutting mode, allowance, milling-drilling, analysis of processing accuracy, technical standardization, machine tool, static analysis of strength*

.Student Vereshchuk Ya. O.

ЗМІСТ

	Вступ……..	2
1	Технологічна частина……..	
1.1	Опис призначення та конструкції деталі……..	
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі……..	
1.3	Розрахунок річної програми випуску та кількості деталей у партії…	
1.4	Аналіз базової та проектування нової технології виготовлення стійки……	
1.4.1	Техніко-економічне обгрунтування вибору заготовки……..	
1.4.2	Опис та аналіз базового технологічного процесу…….	
1.4.3	Проектний варіант технологічного процесу……	
1.5	Розрахунок припусків на обробку і визначення технологічних розмірів…….	
1.6	Розрахунок режимів різання аналітичним методом…….	
1.7	Аналіз точності розточування отвору стійки……	

1.8	Створення керуючої програми для багатоопераційного верстата з ЧПК……..	
1.9	Нормування технологічного процесу……	
2	Конструкторська частина …….	
2.1	Проектування верстатного пристрою……	
2.1.1	Опис роботи пристрою……..	
2.1.2	Розрахунок пристрою на силу закріплення……..	
2.2	Проектування і розрахунок контрольного пристрою…….	
2.2.1	Опис роботи контрольного пристрою……	
2.2.3	Визначення похибки пристрою…….	
3	Науково-дослідна частина……..	
3.1	Комп´ютерне дослідження міцності затискного важеля верстатного пристрою……	
	Висновок……..	
…….Перелік літературних джерел……		
…….Додатки……..		

ВСТУП

Машинобудування як таке пріоритетно визначає рівень промисловості та, відповідно, економіки цивілізованої країни.

Застосування сучасного високопродуктивного устаткування вимагає грамотної технологічної підготовки виробництва. Цей етап можна реалізувати за участю грамотних і кваліфікованих інженерів –механіків. Саме в цьому напрямі працює кафедра комп'ютеризованого машинобудівного виробництва. Продумане і глибоке вивчення дисциплін, які читаються на кафедрі, дозволяє випускникам спеціальності 131 –прикладна механіка знайти своє місце як на промислових підприємствах, так і в дослідницьких установах.

Вміння аналізувати поставлене завдання, визначити шляхи його вирішення та підібрати для цього інструменти є незамінними якостями інженера машинобудівної галузі та дослідницьких напрямів. Так, в нашій роботі стало можливим розробити технологію виготовлення заданого об'єкта, застосувавши тільки один сучасний високопродуктивний автоматизований верстат замість кількох з ручним керуванням, нижчою точністю і продуктивністю обробки. В свою чергу, для реалізації таких технологій потрібен кваліфікований оператор з розумінням суті процесу та знанням обладнання.

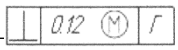
1 Технологічна частина

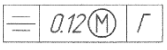
1.1 Опис призначення та конструкція деталі.

Стійка 0707.508517 309 є частиною поворотного дискового затвору з сальниковим ущільненням вала. Служить для кріплення редуктора, що передає крутний момент від електродвигуна на вал затвору. Стійка дає можливість досягнути до сальникових ущільнень, з метою їх підтягування для забезпечення герметичності за допомогою втулки сальника, фланця сальника, шпильок і гайок.

Поверхнями з найбільшою точністю і найвищою шорсткістю Поверхня 19 - ø9ОН8 Ra1.6

Також є наступні технічні вимоги на обробку поверхонь:

Поверхня 13 – 

Поверхня 16 - 

Для подальшого опису деталі приймаємо позначення оброблюваних поверхонь цифрами з наскрізною нумерацією в порядку обробки поверхонь.

Основною конструкторською і технологічною є поверхня 19 . Габаритні розміри деталі: 150мм х 180мм х 210мм.

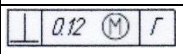
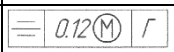
Матеріал деталі - сталь 25Л ДСТУ 8781: 2018, яка являється ливарним матеріалом

Маса деталі – $М_д$=10,2кг.

Опис конструкції деталі приведено в таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1 - Опис конструкції деталі

№ Поверхонь	Конфігурація та службове призначення поверхні	Розміри мм	Квалітет точності	Точність форми і розміщення	Шорсткість Ra мкм
1	Торець	Ø130-15	14	-	12,5
2	Зовнішня циліндрична	ø130-25	14	-	12,5
3	Площина	Ø130	14	-	12,5
4	Зовнішня циліндрична	Ø100	14	-	12,5
5	Площина	Складна форма	14		12,5
6	Зовнішня циліндрична	Ø65x40	14	-	12,5
7	Площина	Складна форма	14		12,5
8	Зовнішня циліндрична	Ø120	14	-	12,5
9	Зовнішня циліндрична	Ø140	14	-	12,5
10	Площина	180	14	-	12,5
11	Площина	□180-118	14	-	12,5
12	Площина	□180-120	14	-	12,5
13	Зовнішня циліндрична	Ø120 x10	14		12,5
14	Фаска	2x45	14	-	6,3
15	Площина	M8x20	11	-	6,3
16	Стінки паза	17 x 150	11		3,2
17	Площина	24x150	11	-	3,2
18	Фаска	2x45	14	-	6,3
19	Внутрішня циліндрична	Ø90x75	8	-	1,6
20	Площина	130x210	14	-	6,3

21	Фаска	1х45	14	-	6,3
22	Різьбовий отвір	М10х1	7	-	6,3
23	Внутрішня циліндрично.	Ø110х12	14	-	6,3
24	Фаска	2х45	14	-	6,3
25	Різьбовий отвір	М8х1	7	-	6,3
26	Різьбовий отвір	М16х1,5	7	-	6,3
27	Площина	90-85	14	-	12,5
28	Внутрішня циліндрична	Ø85х10	14	-	12,5
29	Площина	150	14	-	12,5
ЗО	Отвір	Ø23	14	16Ⓜ	12,5
31	Отвір	Ø18	14	10Ⓜ	12,5
32	Отвір	Ø12	14	-	12,5

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

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	S	P
			не більше				
0,22-0,3	0,2-0,52	0,45-0,9	0,3	0,3	0,3	0,045	0,04

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 35 ГОСТ 1050-88

Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Відносне звуження, %	Відносне здовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см^2	Твердість кГс/мм^2
σ_m	σ_B	Ψ	δ_5	KCU	НВ
500	450	ЗО	45	69	182

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.

Заготовка деталі Стійка 0707.508517 309 виготовляється, за кресленням, методом лиття із ливарних сталей 25Л за ДСТУ 8781: 2018, клас точності 9-5-14-11 за ДСТУ 8981: 2020, що відповідає литтю за дерев'яними моделями з ручним формуванням в земляні форми. Крім цього заготовку можна отримати литтям у земляні форми з ручним формуванням за металевими моделями; з машинним формуванням за металевими моделями; за випалюваними моделями; в оболонкові форми.

За ливарними властивостями матеріал заготовки відноситься до третьої групи за ГОСТ 26645-85, рахуються задовільними, тобто, за можливістю отримання заготовки – деталь технологічна.

Оброблюваність поверхонь деталі на верстатах:

- поверхні 1,15, що є площинами і торцьовими поверхнями відносно осі деталі , – можуть оброблятися на верстатах фрезерної групи та.
- поверхні 2-14 можуть оброблятися на верстатах токарної групи або багатоцільових верстатах
- поверхні 21,22,25,26,30,31 можуть оброблюватись на верстатах свердлильної чи розміточної груп, багатоцільових, а також на фрезерних верстатах.
- кріпильні отвори, в тому числі різьбові,– 22,25 фаски до них та цекування, можуть оброблюватись на верстатах свердлильної та розміточної груп та багатоцільових.
- остаточну обробку поверхні 19 – найвищої точності – можна здійснити на верстатах розточної групи, багатоцільових,– високої точності або на відповідних внутрішньошліфувальгих верстатах.

До всіх поверхонь доступ різального та вимірного інструменту вільний.

За обробкою на верстатах – деталь технологічна.

На всіх операціях потрібно застосовувати спеціальні пристрої для закріплення та базування деталі, а якщо застосовувати метод виставлювання

кожної заготовки перед обробкою, то достатньо застосувати комплект установочних та кріпильних деталей для встановлення заготовки на столах верстатів.

Для застосування прогресивних режимів різання, що допускаються технологічними можливостями верстатів,– шорсткість деталі достатня.

Всі кріпильні отвори наскрізні.

Кріпильні отвори розташовані на достатній віддалі для їх обробки з багатошпиндельними свердлильними головками, одночасно. Оброблювані поверхні розташовані під прямими кутами. Можливість обробки деталі з одного установа відсутня.

Для покращення умов складання та частково обробки в конструкції деталі передбачено фаски.

За оброблюваністю різанням коефіцієнт оброблюваності ([18], табл.1, ст.21): - для сталі 25Л: $K_{Vm} = 1.1$, в порівнянні з еталонним матеріалом (сталь 45).

Висновки:

1. За всіма параметрами деталь корпус Стійка 0707.508517 309 технологічна.
2. Для обробки деталі доцільно застосувати спеціальні пристрої середньої складності, для фрезерувальних робіт з механізованим приводом.
3. Остаточну обробку поверхні 19 виконати чистовим розточуванням, для обробки решти поверхонь достатньо застосувати верстати нормальної точності.

1.3 Визначення програми випуску

Так як в заводському тех. процесі наведені лише дані про основний час то штучний час получаємо за допомогою коефіцієнтів переведення с.147 [2]

Таблиця 1.4. – Трудомісткість операції

Назва і номер операції	Тшт, хв
010 Свердлильно-розточно-фрезерна з ЧПК	18,31

Знаходимо середній штучний час на одну операцію:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum_{1}^{n} T_{шт}}{n} = \frac{18,31}{1} = 18,31$$

Такт випуску деталей

$$t_в = K_З \cdot T_{шт.сер}$$

$K_З$=15 для серійного виробництва с. 15 [1]

$$t_в = K_З \cdot T_{шт.сер} = 15 \cdot 18,31 = 274,65$$

Річна програма випуску

$$N = \frac{F_д \cdot 60}{t_в} = \frac{3900 \cdot 60}{274,65} = 852$$

Приймаємо 860 шт.

Розрахункова кількість деталей в партії

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{860 \cdot 12}{251} = 41,11 шт$$

Приймаємо n=42 штук

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

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

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:,

$$C = \frac{T_{шт.сер} \cdot n}{480 \cdot 0{,}8} = \frac{18{,}31 \cdot 42}{480 \cdot 0{,}8} = 2{,}0$$

Приймаємо 2 зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_д = \frac{C_{ПР} \cdot 480 \cdot 0{,}8}{T_{шт.сер}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0.8}{18{,}31} = 41{,}94$$

Приймаємо $n_д = 42$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

Число запусків

$$i = \frac{N}{n_д} = \frac{852}{42} = 20$$

Приймаємо i=20 цикл. n=42 шт N=860 шт.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і запропоновані зміни для покращення технології виготовлення.

1.4.1 Техніко-економічне обгрунтування вибору заготовки.

Базова заготовка – виливок у земляні форми за дерев'яними моделями і ручної формовки, класу точності 9-5-14-11 за ДСТУ8981: 2020 (креслення деталі), що відповідає 12 класу точності розмірів та мас і 5 ряду припусків.

Маса базової заготовки $M_{з.б} = 13{,}1$ кг.

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{вм.б.} = \frac{M_д}{M_{з.б}} = \frac{10{,}2}{13{,}71} = 0{,}74.$$

Заданий тип виробництва – середньо-серійний - передбачає застосування більш точної заготовки, котра визначається з застосуванням ГОСТ 26645-85 ([4], табл.1 с.581, табл.2 с.582, табл.3 с.583,):

Діапазон класів точності: $К_М$=10; $К_б$=18;

Діапазон рядів припусків: $Р_М$=2: $Р_б$=5:

Ступінь складності виливка: $C_1 = 2$ - середня; коефіцієнт серійності $C_2 = 2$,- середньо-серійне виробництво.

Ваговий коефіцієнт $C = C_1 + C_2 = 2 + 2 = 4$.

Клас точності виливка $K_в = K_м + C \cdot (K_б - K_м)/8 = 10 + 4 \cdot (18 - 10)/8 = 14$, що відповідає 10 класу точності.

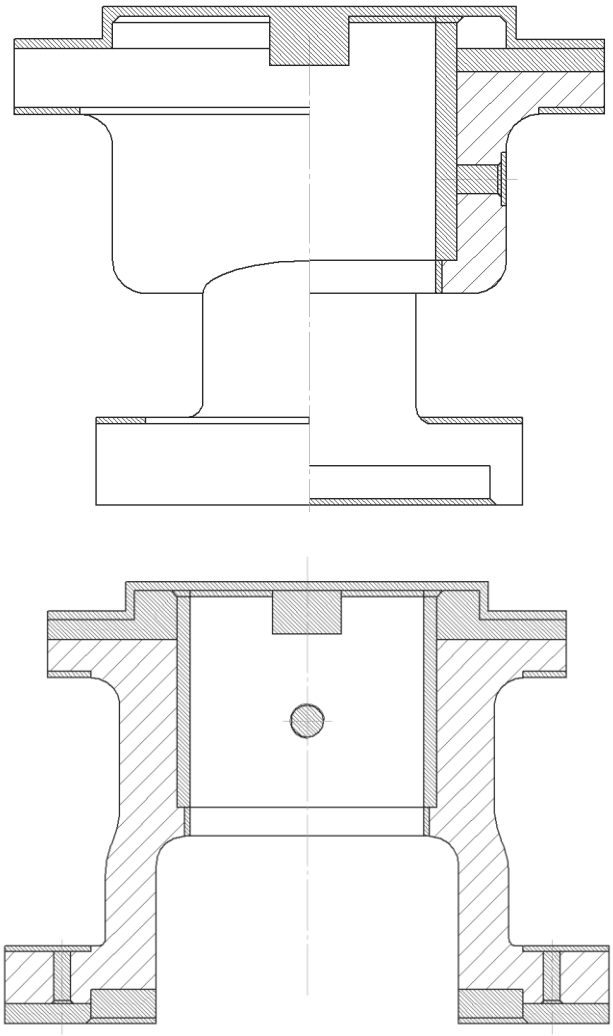
Ряд припусків: $P_в = P_М + C \cdot (P_б - P_м)/8 = 2 + 4 \cdot (5 - 2)/8 = 3{,}5$,- приймаємо 3 ряд припусків за ГОСТ 26645-85.

Ступінь короблення 6,- 0,6мм ([7], табл. 4.12, с.63). Зміщення елементів виливка по площині рознімання 0,8мм ([7], табл. 4.11, с.63).

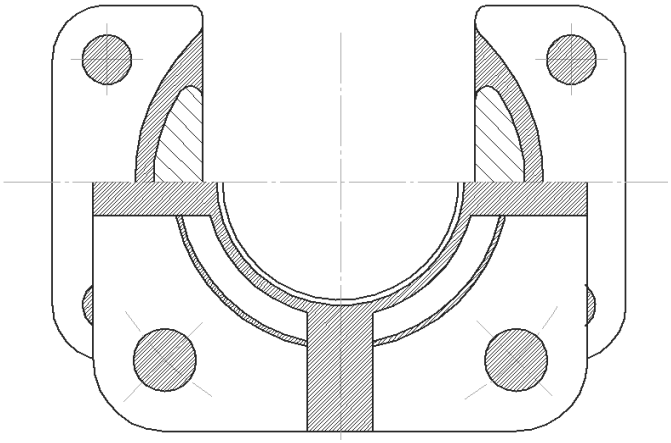
Точність виливка за ГОСТ 26645-85:

- клас точності розмірів та мас –10;
- ряд припусків – 3;
- ступінь короблення – 6.

Визначимо масу заготовки і коефіцієнт використання матеріалу



а)



б)

Рисунок 1.1 – Ескіз виливка і розподіл припусків на обробку

Визначаємо вагу припусків по поверхням:

$$G = V \cdot \rho$$

V- об`єм припусків

Об’єм визначаємо у програмі Inventor.

Об’єм рівний V=449457,656 мм^3 =0,000449 м^3

Вага припусків рівна:

$$G_{ПР} = V \cdot \rho = 0{,}000449 \cdot 7830 = 3{,}51 кг$$

Вага заготовки рівна:

$$G_{заг} = G_{ДЕТ} + G_{ПР} = 3{,}51 + 10{,}2 = 13{,}71$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{G_{ДЕТ}}{G_{ЗАГ}} = \frac{10{,}2}{13{,}71} = 0{,}74$$

Визначення розмірів виливка приведений в таблиці 1.5. Встановлення точності окремих поверхонь – за примітками до таблиці 2([4], с.582).

Таблиця 1.5 – Визначення розмірів виливка.

Деталь										
Визначення розміру	D_1	D_2	D_3	D_4	H_1	H_2	H_3	H_4		
№ поверхні	19	13	28	23	3	10,12	1	15		
Розмір, мм	90	120	85	150	220	180	220	120		
Квалітет точності	H8	H11	H11	H11	h14	h12	h13	h12		
Заготовка										
Клас точності	9т	9т	9т	9т	9	10	9	9т		
Допуск T, мм	2,2	2,2	2,2	1,8	3,2	4,0	1,8	2,2		
Відхилення, мм	± 1,1	± 1,1	± 1,1	± 0,9	± 1,6	± 2,0	± 0,9	± 1,1		
Позначення припуску	$2Z_1$	$2Z_2$	$2Z_3$	$2Z_4$	$2Z_5$	$2Z_6$	Z_7	Z_8		
Табличний припуск, мм	2·4,0	2·3,2	2·3,2	2·3,6	2·4,2	2·3,8	2,8	3,2		
Додатковий припуск, мм	–	–	–	–	–	–	–	–		
Загальний припуск, мм	2·4,0	2·3,2	2·3,2	2·3,6	2·4,2	2·3,8	2,8	3,2		
Розрахунковий розмір, мм	242	177,6	233,6	62,8	268,4	298,6	37	223 (-3,2 +4,2)		
Розмір з допуском, мм	242 ± 1,1	177,5 ± 1,1	233,5 ± 1,1	62,5 ± 0,9	268,5 ± 1,6	298,5 ± 2,0	37 ± 0,9	223 ± 1,1		
Фактичний припуск, мм	2·4,0	2·3,25	2·3,25	2·3,75	2·4,25	2·3,75	2,8	3,2		

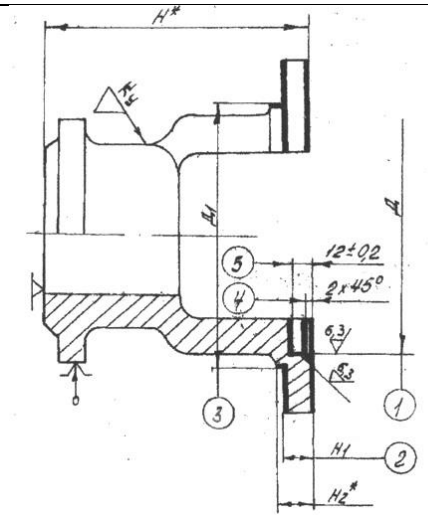
Примітки. Додатковий припуск призначається при перевищенні короблення елементів виливки або зміщення по площині рознімання половини допуску на розмір виливка.

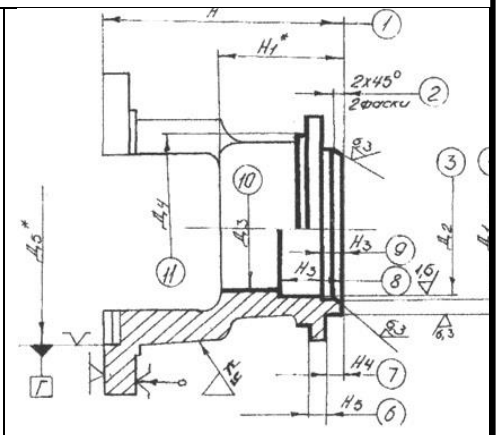
1.4.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу.

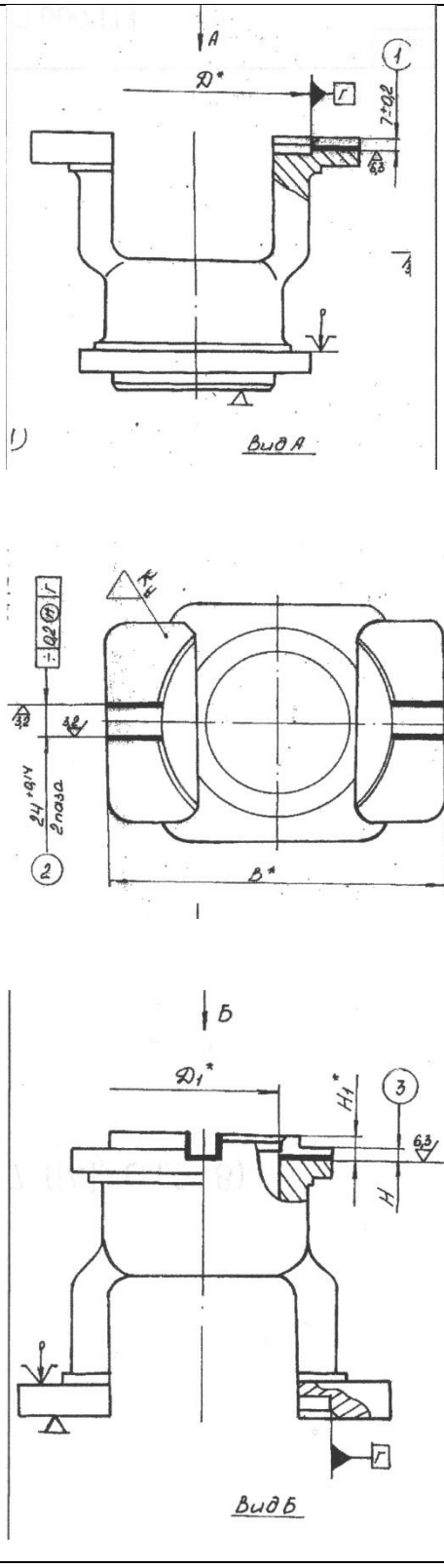
Послідовність обробки за базовим техпроцесом приведена в табл. 1.6.

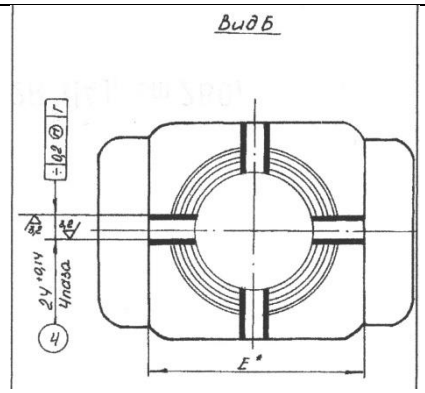
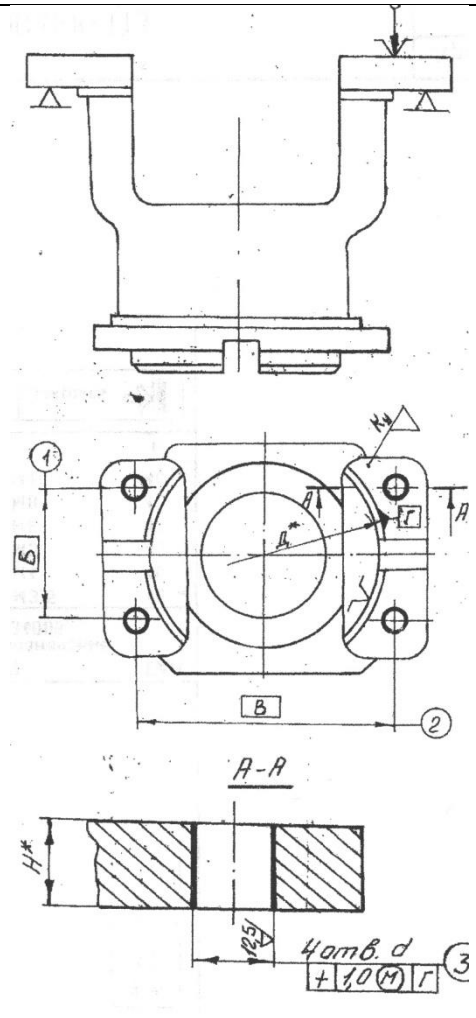
Маршрут технологічної обробки деталі і зміст операцій (базовий технологічний процес) – в табл. 1.6.

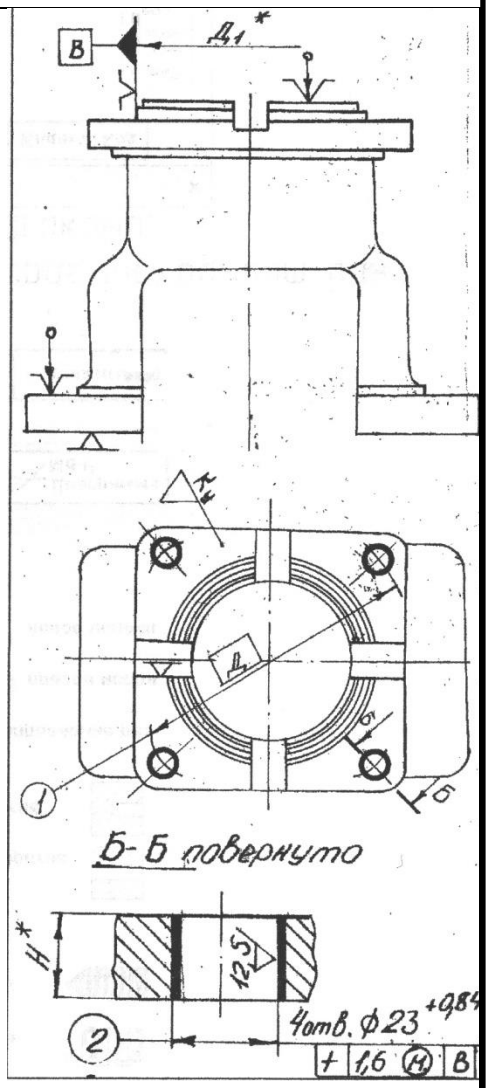
Таблиця 1.6 – Базовий техпроцес

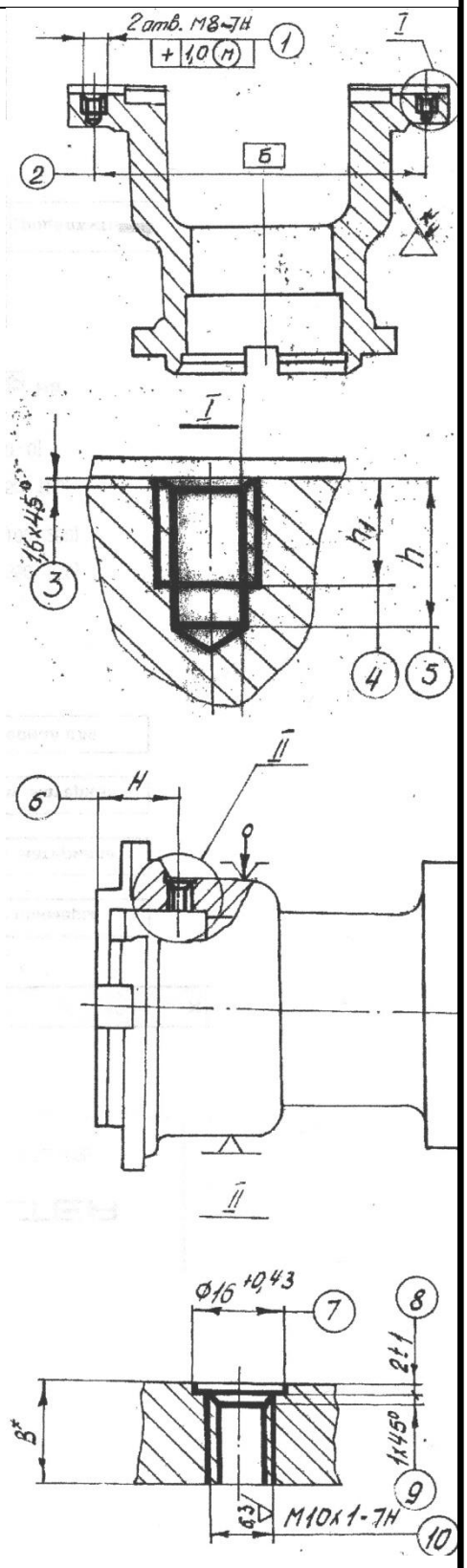
Номер, назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою	Схема базування
005 Дробооббивна			
010 Фарбувальна			
015 Токарно-гвинторізна. 1. Встановити деталь в планшайбу і закріпити 2.Підрізіти основу з іншої сторони начисто до діаметра 3 3. Підрізати площину основи в розмір2 4Р озточити виточку в розмір 15 5. Розточити фаску в ромір 4. 6. Зняти деталь 7. Покласти деталь в тару 8. Контроль ОТК	Токарно-гвинторізний верстат мод. 163	Патрон 7103-0007 ГОСТ 3890-72 Планшайба ТО 7115-4013	

020 Токарно-гвинторізна. 1. Встановити деталь в планшайбу і закріпити 2. Підрізати залишок виливкого прибутку 3. Підрізати торець в розмір 1 4. Підрізати торець в розмір 7 і точити поверхню в розмір 5 5. Підрізати торець в розмір 7 і 11 6. Розточити отвір в розмір 10 7. Розточити отвір в розмір 3 і 8 8. Розточити виточку в розмір 4 і 9 9. Точити дві фаски в розмір 2 10. Зняти деталь 11. Покласти деталь в тару 12. Контроль ОТК	Токарно-гвинторізний верстат мод. 163	Патрон 7103-0007 ГОСТ 3890-72 Планшайба ТО 7125-4060	
025 Розміточна 1 Нанести осьові лінії і розмітити чотири пази в розмір 4 і два	Плита розміточна 1600x1000 ГОСТ 10905-75	Молоток, рисувалка	

пази в розмір 2. Закернувати розмітку.	Верстак		
030 Фрезерна 1. Встановити деталь, виставити, закріпити. 2. Фрезерувати послідовно два пази в розмір 1 і 2 3. Переустановити деталь, закріпити 4. Фрезерувати послідовно чотири пази в розмір 3 і 4. 5. Зняти деталь 6. Покласти деталь в тару 7. Контроль ОТК	Вертикально-фрезерний верстат мод. 6Р13	Прихват ТО11-0063 ГОСТ 12937-67	

			
035 Слюсарна 1 Обпилити задирки після фрезерування пазів	Верстак, напилок		
040 Свердлильна 1 Встановити деталь і кондуктор, закріпити 2. Свердлити 4 отвори в розмір 1, 2 і 3 3. Зняти деталь і кондуктор 4. Покласти деталь в тару 5. Контроль ОТК	Радіально-свердлильний верстат мод 2Н55	Кондуктор ТО 7312-4226-02-06	

045 Свердлильна 1 Встановити деталь і кондуктор, закріпити 2. Свердлити 4 отвори в розмір 1 і 2 3. Зняти деталь і кондуктор 4. Покласти деталь в тару 5. Контроль ОТК	Радіально-свердлильний верстат мод 2Н55	Кондуктор ТО 7312-4224-02	
50 Розміточна 1 Розмітити отвір в розмір 6 і 10 та два отвори в пазах в розмір 1 і 2, закернити розмітку	Верстак,рисувалка		

055 Свердлильна 1 Встановити деталь, закріпити 2. Свердлити два отвори під різьбу до Ø6,7 в розмір 2 і 5 3. Зенкувати дві фаски в розмір 3 4. Перустановити деталь 5. Свердлити отвір під різьбу Ø8,95 в розмір 6 напрохід 7. Зенкувати отів в розмір 7,8 8. Зенкувати фаску в розмір 9 9 Зняти деталь 10. Покласти деталь в тару 11. Контроль ОТК	Радіально-свердлильний верстат мод 2Н55		
060 Слюсарна 1. Нарізати різьбу в отворі, витримуючи розмір 10 і 6, та в двох отворах,	Верстак,рисувалка	Лещата 7827-0250 ГОСТ 4045-75 Вороток 6910-0034	

витримуючи розмір 1,2 і 4		ГОСТ 22399-77	

(Базовий технологічний процес)

Базовий технологічний процес побудований як дрібносерійний з елементами одиничного, що викликано недосконалістю заготовки, котра виготовляється безпосередньо на базовому підприємстві. За рахунок її низької точності присутні великі припуски на її обробку, котрі розмічаються на розміточній операції 025 та 050. Крім них, розмічаються центри внутрішніх циліндричних поверхонь великих розмірів . Основна обробка виконується на токарно-гвинторізних верстатах.

На наступних токарно-гвинторізних операціях 015, 020, застосовані верстати завеликого типорозміру відносно розмірів заготовки,– 163 – для забезпечення потрібної шорсткості операції без застосування балансування планшайби з пристроєм по причині ексцентричності деталі відносно осі обробки та можливістю встановлення заготовки з боку балансиру.

Це спрощує конструкцію пристрою, що застосовується на названих операціях і спрощує процес встановлення заготовки. Закріплення заготовки в пристроях ручне.

Керування верстатами при виконанні операцій ручне. При встановленні заготовок виконується їх вивірювання відносно розміточних рисок.

Структура токарно-гвинторізних операцій дозволяє отримати розміри та розміщення поверхонь у відповідності до вимог креслення.

Недоліками даних операцій є:

- ручне керування верстатами;
- ручний затиск заготовки;
- встановлення заготовки.

Дані недоліки можливо усунути застосувавши верстат з ЧПК з автоматичною зміною інструменту, наприклад, VMC-650 із системою керування Siemens 808DA. Даний верстат є п′ятикоординатним, що дозволить змінити положення заготовки відносно осі шпинделя і можна обробити деталь за одну установку. Це значно скоротить час обробки.

Зовнішній вигляд верстата показаний на рис. 1.XXX, а і його технічні характеристики наведені в табл. 1.XXX

Рис.1.2 – Зовнішній вигляд верстата VMC-650

Табл. 1.7 – Характеристики п′ятикоординатного верстата VMC 650

№ з/п	Параметри	Значення
1	Робочий стіл	800x450 мм
2	Переміщення в координатах X/Y/Z	600x500x500 мм
3	Відстань від торця шпинделя до стола	130-630 мм
4	Відстань від осі шпинделя до поверхні напрямних	460 мм
5	Найбільше навантаження на стіл	5000 Н
6	Т-гніздо (паз-ширина-відстань доцентра)	3x8x125 мм
7	Потужність основного двигуна	5,5 кВт
8	Внутрішній конус шпинделя	BT40
9	Швидкість шпинделя	80-8000 об/хв
10	Максимальний діаметр інструмента	130 мм
11	Довжина інструмента	300 мм
12	Макс. маса інструмента	6 кг
13	Швидке переміщення X/Y	24 м/хв
14	Швидке переміщення Z	10 м/хв

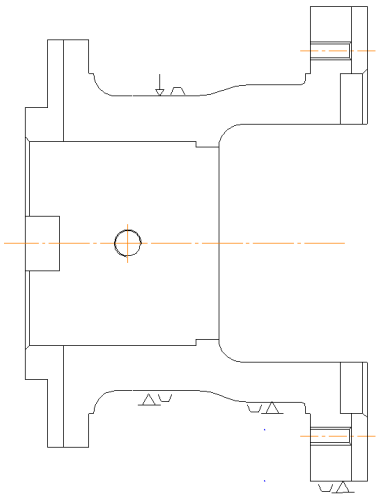
15	Робочі швидкості подач	1 – 5000 мм/хв
16	Точність позиціювання	0,025 мм
17	Повторна точність позиціювання	0,015 мм
18	Ємність для рідини	200 л
19	Потужність насоса охолодження	180 Вт
20	Подача насоса охолодження	25 л/хв
21		

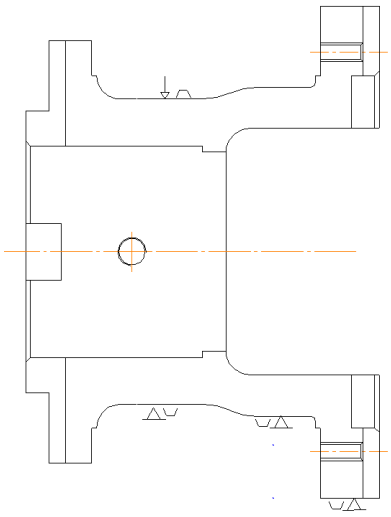
1.4.3 Проектний варіант технологічного процесу

Покажемо його у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Проектний варіант технологічного процесу

№	Назва та зміст операції	Тип, модель верстата	Характер истика пристрою	Схема базування
005	Заготівельна			
006	Дробеоббивна			

010	Свердлильно-фрезерно-розточна **Початкове положення стола.** 1. Фрезерувати торець в розмір 153 2. Фрезерувати торець фланця в розмір 10 і ø121 3. Фрезерувати до ø 120 4. Обточити фаску 2х45 ø120 5. Розточити ø85 на прохід 6. Розточити ø88 на довжину 75 7. Розточити ø89,5 на довжину 75 8. Розточити ø90 на довжину 75 9. Розточити фаску 2х45 ø90 10.Фрезерувати 4 пози 24Н11 на глибину 17 (або в розмір 7) 11.Фрезерувати 2-й торець фланця на ø140 12.Свердлити 4отвори ø23 13.Притупити гострі кромки **Повернути стіл на 180** 14.Фрезерувати торець В розмір 150 15.Фрезерувати ø149 на глибину 12 I6.Розточити ø150Н10 17.Розточити фаску 2х45 I8.Пібрізати 2-й торець витримуючи розмір 25 ø150 19.Фрезерувати 2 пази 24Н10 на глибину 7 20.Свердлити 2отвори ø6,75 під різьбу М8 21.Нарізати різьбу М8 у 2-х отворах 22.Свердлити 4отвори ø18	Пятикоординатний багатофункціональний верстат VMC-650	Пристрій спеціальний	

	23.Притупити гострі кромки у 4отвори ø18 **Поворот на 90** 24.Свердлити ø16 на глибину 2 25.Свердлити ø9 під М10 26.Нарізати різьбу М10х1			
015	Контрольна			

1.5 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.

Досягнення необхідної точності та якості оброблюваних деталей передбачає реалізацію технологічного процесу механічної обробки, при якій з поверхні деталі знімається шар металу, що називають припуском.

Завищені припуски викликають перевитрату матеріалу на виготовлення деталей машин і потребують введення додаткових технологічних переходів, збільшують трудомісткість процесу обробки, витрату різального інструмента і електроенергії, підвищують собівартість обробки, ускладнюють досягнення необхідної точності обробки на налагоджених верстатах. При цьому може бути повністю знятий найбільш зносостійкий поверхневий шар заготовки.

Завищені припуски не забезпечують повного видалення дефектних поверхневих шарів, отримання необхідної точності оброблюваних поверхонь, збільшують кількість бракованих деталей. При цьому підвищується собівартість продукції. Тому призначення оптимальних припусків на обробку і технологічних допусків на розміри заготовок на всіх переходах має велике техніко-економічне значення.

Припуски на механічну обробку поверхні $Ø90^{+0,054}$

Для виготовлення деталі заготовкою служить виливок.

Технологічний маршрут обробки поверхні $Ø90^{+0,054}$складається з двох переходів: чорнового і чистового точіння.

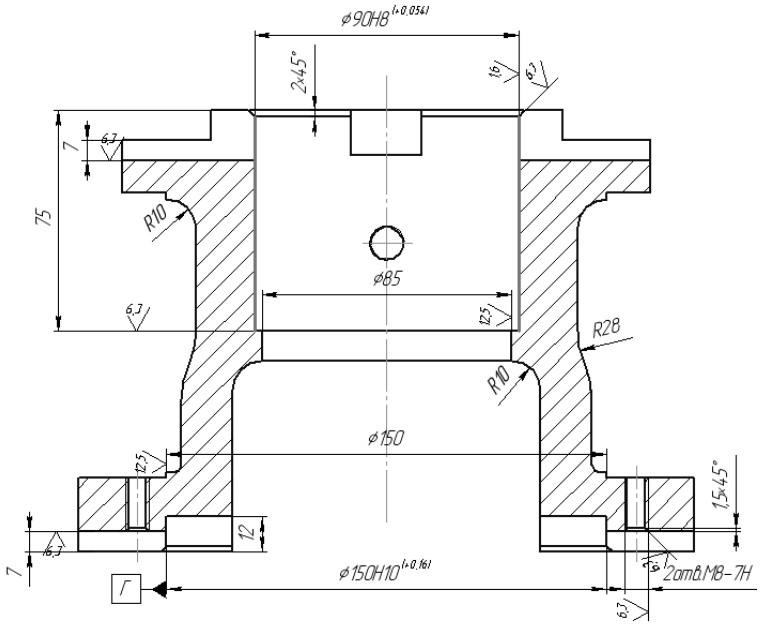


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі

Таблиця 1.9 - Розрахунок припусків і допустимих розмірів по технологічних переходах на обробки отвору ø9OH8

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗМІР D_P, ММ	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Заготовка	600		431			87,656	400	87,256	87,656		
Розточування: чорнове	50	50	22	200	2·1075	89,806	166	89,64	89,806	2204	2384
чистове	20	25	—	10	2·124	90,054	54	90	90,054	248	360
Всього										2452	2744

Якість поверхні ø90 після виливання R_z+T=600 ([1], табл. 4,3 ,ст. 63)

Після чорнової обробки R_z =50, T=50 ([1], табл. 4,6 ,ст. 65)

Після чистової обробки R_z =20, T=25 ([1], табл. 4,6 ,ст. 65)

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу виробництва визначається за формулою

$\rho_з = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}$; ([1], ст.83)

Короблення отвору слід враховувати як у діаметральному так і у осьовому січенні, тому

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K \cdot l)^2}; \text{([1], ст.83)}$$

де Δ_K - короблення виливка, ([11, табл. 4,8 ,ст. 73)

d,l – діаметр і довжина оброблюваного отвору

$\Delta_K = 0,7...1$ вибираємо 0,7, тоді

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 90)^2 + (0,7 \cdot 75)^2} = 82 мкм;$$

При розрахунку $\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_Б}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_Г}{2}\right)^2}$; в даному випадку варто приймати бо уваги точність розташування базових поверхонь при даній схемі установки. Допуск на розмір 120,180 для виливка 1-го класу дорівнює 600 ([1], табл. 2,4 ст. 28), тобі

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{600}{2}\right)^2 + \left(\frac{600}{2}\right)^2} = 424 мкм;$$

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки буде

$$\rho_З = \sqrt{82^2 + 424^2} = 431 мкм;$$

Остаточне просторове відхилення після чорнового розточування

$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_З = 0,05 \cdot 431 = 21,5 \approx 22 мкм$;([1], ст. 84)

Похибка установки при чорновому розточуванні

$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_З^2}$;([1], ст. 84)

$\varepsilon_б = 0$, тому що закріплення відбувається на призмах.

$\varepsilon_З = 200$ ([1], табл. 4,13 ,ст. 81), тоді

$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 200^2} = 200 мкм$

Остаточна похибка установки при чистовому точінні

$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 + \varepsilon_{инд}$

$\varepsilon_{инд} = 0$ так як чорнове і чистове розточування проходять з одної установки, тоді

$$\varepsilon_2 = 200 \cdot 0{,}05 + 0 = 10 мкм$$

На основі вище розрахованих даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись основною формулою:

$$2Z_{\min} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right)$$ ([1], ст. 85)

Мінімальний припуск під розточування

Чорнове $2Z_{\min} = 2\left(600 + \sqrt{431^2 + 200^2}\right) = 2 \cdot 1075 мкм$

Чистове $2Z_{\min} = 2\left(50 + 50 + \sqrt{22^2 + 10^2}\right) = 2 \cdot 124 мкм$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицях([2], табл. 32, ст.192) згідно з квалітету виду обробки. Так для чистового розточування значення допуску рівне 54мкм (розмір з креслення), для чорнового розточування $\delta = 140 мкм$, допуск на отвір виливка 1-го класу точності по ГОСТ 1855-55 дорівнює 400мкм.

В графі «Граничні розміри» найбільше значення (d_{max}) Зістається по розрахункових розмірах, а найменші граничні розміри (d_{min}) дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів і допуску по даному переходу.

Таким чином, для чистового розточування найбільший граничний розмір - 90,054, а найменший 90,054-0,054=90мм; для чорнового розточування найбільший граничний розмір - 89,806, а найбільший - 89,806-0,22=89,64мм; для заготовки найбільший граничний розмір - 87,656,
а найменший граничний розмір – 87,656**-04**=87,256мм.
Мінімальні граничні значення припусків (Z_{min}) дорівнюють різниці найбільших граничнихрозмірів виконуємого і попереднього переходів, а максимальне значення (Z_{max}) - відповідно різниці найменших граничних розмірів. Тоді для чистового розточування:

$$2Z_{min2}^{np} = 90{,}054 - 89{,}806 = 0{,}248 мм = 248 мкм$$
$$2Z_{max2}^{np} = 90 - 89{,}64 = 0{,}28 мм = 360 мкм$$ ([1], ст. 86)

для чорнового розточування:

$$2Z^{np}_{mim1} = 89{,}806 - 87{,}656 = 2{,}204мм = 2204мкм$$
$$2Z^{np}_{max1} = 89{,}64 - 87{,}256 = 2{,}384мм = 2384мкм$$ ([1], ст. 86)

Загальні припуски знаходимо, сумуючи проміжні значення припусків:

$$2Z^{np}_{0\min} = 2204 + 248 = 2452мкм$$
$$2Z^{np}_{0\max} = 2384 + 360 = 2744мкм$$ ([1], ст. 86)

Всі результати привезених розрахунків занесені в табл.

На основі провезених розрахунків базуємо схему графічного розміщення припусків і допусків по обробці отвору ø90Н8 (мал.)

Проводимо перевірку правильного виконання розрахунків:

$$2Z^{np}_{max2} - 2Z^{np}_{mim2} = 360 - 248 = 112 \quad \delta_1 - \delta_2 = 54 - 166 = 112$$

$$2Z^{np}_{max1} - 2Z^{np}_{mim1} = 2384 - 2204 = 180 \quad \delta_3 - \delta_2 = 400 - 220 = 180$$

На решту оброблюваних поверхонь припуски і допуски вибираємо з ГОСТу 1855-55 і записуємо в табл.

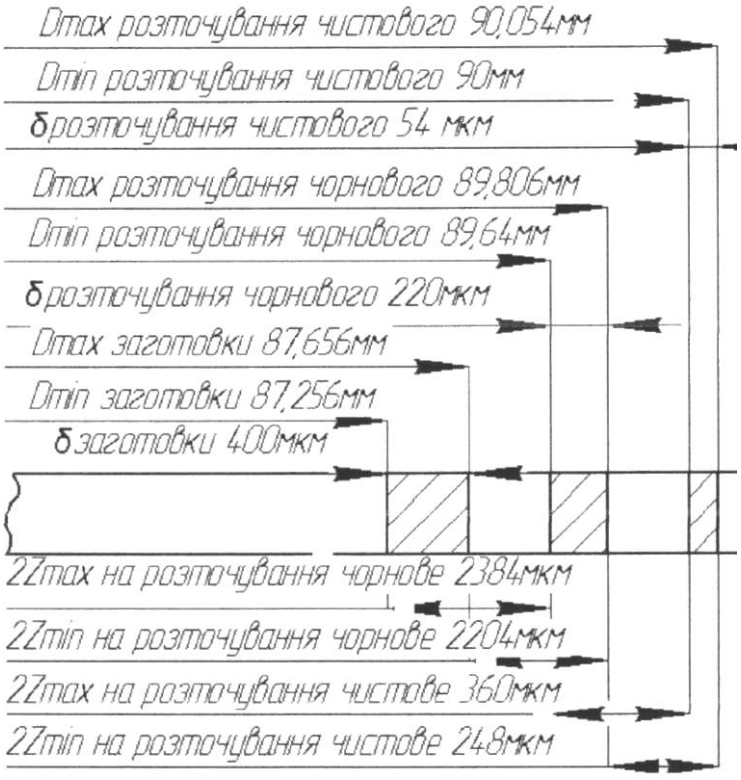


Рисунок 1.4- Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору ø90Н8 Стійки

1.5.2 Розрахунок режимів різання, складових сил різання.

Проводимо розрахунок режимів різання розрахунково – аналітичним методом для фрезерування поверхні 14:

Початкові дані:

-обладнання: п´ятикоординатний верстат з ЧПК VMC-650;

-інструмент: фреза циліндрична F4042.B.063.Z07.11

геометричні параметри: приведені в науково дослідній частині ()

матеріал заготовки сталь 25Л НВ195; Gв=200мПа;

матеріал різця твердий сплав WSP45;

1)Довжина обробки l = 360 мм.

2)глибина різання рівна найбільшому допуску на цю поверхню після литва: t= 3мм;

3)Вибираємо подачу: згідно([3], с. 267, табл. 12) S = 0,2 мм/зуб

4)період стійкості фрези: при одноінструментальній обробці Т =120 хв ([3], ст. 290, табл. 40)

5)Швидкість різання та частота обертів шпинделя вибирається та вираховується у науково дослідній частині даного диплому і рівна:

$$V = 190 м / хв$$
$$n = 960 об / хв$$

На верстаті встановлене безступінчастий привід обертів шпинделя;

Визначимо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 63 \cdot 960}{1000} = 189{,}9 м / хв$$

сила різання:

$$Pz = \frac{10 Cp \cdot t^{x} \cdot S_z^{y} \cdot B^{u} \cdot z}{D^{q} \cdot n^{w}} Kmp$$

де: Ср = 101 ([3], ст. 291, табл. 41);

x = 0,88 ([3], ст. 291, табл. 41);

y = 0,75 ([3], ст. 291, табл. 41);

u = 1 ([3], ст. 291, табл. 41)

q=0,87([3], ст. 291, табл. 41);

w=0 ([3], ст. 291, табл. 41);

$$Kmp = \left(\frac{\sigma_B}{195}\right)^n = \left(\frac{195}{750}\right)^{0,75} = 0,36$$

де: σ_B = 1950 МПа – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал;

n = 0,75 ([3], ст. 264, табл. 9) – показник степеня.

$$Pz = \frac{10 \cdot 101 \cdot 3^{0,88} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 57^{1,0} \cdot 7}{63^{0,87} \cdot 960^0} \cdot 0,36 = 3103H$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = \frac{Pz \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3103 \cdot 190}{1020 \cdot 60} = 9,63кВт$$

Згідно знайденої потужності різання проводим перевірку достатності потужності

верстата за умовою: Nріз<Nшп

Nшп=Nдв·n,

де, Nшп-потужність на шпинделі верстата, кВт;

Nдв-потужність двигуна верстата, кВт;

n-ККД верстата;

Згідно паспортних даних верстата 2206ВМФ4 N=15кВт; n=0,75;

Nшп=15·0,75=11,25кВт;

В даному випадку Nріз<Nшп (9,63<11,25), отже потужність даного верстата достатня для механічної обробки на даних режимах;

Основний (машинний) час: $To = \frac{Lpx}{v_f}, хв;$

де Lр.х.-довжина робочого ходу інструменту, мм;

Lр.х.=lріз.+l1+l2, мм;

де lріз-довжина оброблюваної поверхні, мм; lріз=345мм;

l1+l2-величина врізання і перебігу інструменту, мм;

l1+l2=15мм;

L = 345 +15=360 мм.

$$To = \frac{360}{1344} = 0{,}26 хв;$$

Зведемо всі режими різання в таблицю:

Табл.1.10 – Режими різання

№ опер. переходу	Назва та зміст операції	Глибина	Подача		Швидкість різання		Частота оберт. шпинд.	Потужність
		t	S_0	S_x	$V_н$	V	n	N_e
		мм	мм/об	мм/хв	м/хв		$хв^{-1}$	кВт
010	**Свердлильно-фрезерно-розточна**							
	1. Фрезерувати торець в розмір 153	3,0	0,2	1344	190	189,9	960	9,63
	2. Фрезерувати торець фланця в розмір 10 і ø121	3,0	0,2	1344	190	189,9	960	9,63
	3. Фрезерувати до ø 120	1,0	0,2	1344	190	189,9	960	9,63
	4. Обточити фаску 2х45 ø120	2	0,32	283	250	249	885	1,72

	5. Розточити ø85 на прохід	2	0,32	283	250	249	885	1,72
	6. Розточити ø88 на довжину 75	2	0,32	283	250	249	885	1,72
	7. Розточити ø89,5 на довжину 75	1,5	0,32	283	250	249	885	1,72
	8. Розточити ø90 на довжину 75	0,5	0,32	283	250	249	885	1,72
	9. Розточити фаску 2х45 ø90	2	0,32	283	250	249	885	1,72
	10.Фрезерувати 4 пази 24Н11 на глибину 17 (або в розмір 7)	7	0,1	400	200	198	2000	3,54
	11.Фрезерувати 2-й торець фланця на ø140	3	0,12	506	265	264	527	0,73
	12.Свердлити 4отвори ø23	23	0,3	830	100	99	1384	2,98
	13.Притупити гострі кромки **Повернути стіл на 180**	0,3	0,3	637	100	99	1061	2,72
	14.Фрезерувати торець В розмір 150	3,0	0,2	1344	190	189,9	960	9,63

	15.Фрезерувати ø149 на глибину 12	12,0	0,2	1344	190	189,9	960	9,63
	I6.Розточити ø15ОН1О	1	0,32	170	250	259	530	2,31
	17.Розточити фаску 2х45	2	0,32	170	250	259	530	2,31
	I8.Пібрізати 2-й торець витримуючи розмір 25 ø150	3	0,12	506	265	264	527	0,73
	19.Фрезерувати 2 пази 24Н10 на глибину 7	7	0,1	400	200	198	2000	3,54
	20.Свердлити 2отвори ø6,75 під різьбу М8	6,75	0,18	720	100	99	2000	1,84
	21.Нарізати різьбу М8 у 2-х отворах	1	1,25	87,5	1,75	1,68	70	0,79
	22.Свердлити 4отвори ø18	18	0,25	885	100	99	1769	2,98
	23.Притупити гострі кромки у 4отвори ø18 **Поворот стола на 90**	0,3	0,3	830	100	99	1384	2,98
	24.Свердлити ø16 на глибину 2	16	0,12	240	220	218	2000	2,67
	25.Свердлити ø9 під М10	9	0,18	720	100	99	2000	2,37
	26.Нарізати різьбу М10х1	1	1,5	90	1,88	1,73	60	0,87

1.7 Аналіз точності механічної обробки

Вихідні дані:

Верстат: пятикоординатний з ЧПК мод. VMC-650.

Матеріал деталі: Сталь 25Л 7809: 2015.

Різальний інструмент: розточний інструмент B3220G.N6.90.Z2

Матеріал ріжучої частини: WPP20

Пристрій: спеціальний з трьома призмами.

Геометричні параметри інструменту: див.ст.

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична $\varnothing 90H8\ (^{+0,054})$ мм.

Обробка виконується на попередньо налагодженому верстаті.

Ескіз обробки приведено на рис. 1 графічної частини.

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

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

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

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

Δ_i – похибка від розмірного спрацювання різця.

Δ_m – похибка від теплового спрацювання різця.

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

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічного частини.

Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.10 та 1.11.

Таблиця 1.11 – Розрахунок похибки обробки

Формули та розрахунку похибки розробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
$\Delta'_{вR} = a'/2 = 0{,}010/2 = 0{,}005$ мм	a' – постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм;	$a' = 0{,}010$ мм
$\Delta''_{вR} = a''/2 = 0{,}020/2 = 0{,}010$ мм	a'' – постінйість діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a'' = 20$ мм (паспорт)
$\Delta_{вR} = \Delta'_{вR} + \Delta''_{вR} = 0{,}015$ мм		
$\Delta_{HR} = \sqrt{(\Delta_{вим}/2)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{0{,}004^2 + 0{,}004^2} = 0{,}0057$	$\Delta_{вим}$ – похибка вимірювання, мм; Δ_p – похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{вим} = \pm 0{,}004$ ([4], табл. 18, с. 565) $\Delta_p = 0{,}006$ ([5], табл. 26, с. 71)
$\Delta_{YR} = 11 \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{npy} \cdot K_p \cdot$ $\cdot \left(t_{\max}^{X_{py}} - t_{\min}^{X_{py}}\right) \cdot \omega = 11 \cdot 243 \cdot 0{,}32^{0{,}6} \cdot$ $\cdot 250^{-0{,}3} \cdot 0{,}47 \cdot (0{,}36^{0{,}9} \cdot -0{,}248^{0{,}9})$ $\cdot \cdot 0{,}029 = 0{,}3$мкм$= 0{,}0003$мм	S, V, $t_{\max}$, $t_{\min}$ – режими різання; K_p – поправочний коефіцієнт; C_p, Y_{py}, n_{py}, X_{py} – коефіцієнти і	$S = 0{,}32$ мм/об; $V = 250$ м/хв; $t_{\max} = 0{,}36$мм; $t_{\min} = 0{,}248$мм – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки.

	показники степенів для визначення P_y, Н; ω – податливість системи ВПІД, мкм/Н;	$C_{py} = 243$; $X_{py} = 0{,}9$; $Y_{py} = 0{,}6$; $n_{py} = -0{,}3$ ([6], табл. 22, с. 237) $\omega_{ін} = 0{,}029$ мкм/Н ([5], с. 30) $K_p = K_{MP_y} \cdot K_{\varphi_{py}} \cdot K_{\gamma_{py}} \cdot K_{\lambda_{py}}$ $K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{195}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}67$; є $n = 0{,}75$ ([6], табл. 9, с.264). $K_{\varphi_{py}} = 0{,}5$; $K_{\gamma_{py}} = 1{,}4$; $K_{\lambda_{py}} = 1$ ([6], табл. 23, с. 275) $K_p = 0{,}67 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}4 \cdot 1 = 0{,}47$
$\Delta_{мнR} = 1{,}2 \cdot \sqrt{\Delta_{hR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_в =$ $= 1{,}2 \cdot \sqrt{0{,}0057^2 + 0{,}0003^2} + 0{,}015 =$ $= 0{,}022$ мм $\Delta_{мн} = 2 \cdot \Delta_{мнR} = 2 \cdot 0.022 = 0.044$ мм	$\Delta_{мн}$ – похибка миттєвого розсіювання розміру з врахуванням похибки налагоджування з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні	
$\Delta_i = -U_0 \cdot (1 + V \cdot \tau/1000) =$ $= -1 \cdot (1 + 250 \cdot \tau/1000) =$ $= -1 \cdot (1 + 0{,}178\tau)$	τ – час обробки, хв; U_0 – відносне спрацювання різця, мкм/км.	τ – змінна величина; $U_0 = 1$ мкм/км ([5], табл. 28, с. 74) та ([4], табл. 10, с. 680)

$\Delta T = C \cdot \frac{L_p}{r} \cdot V^{0,23} \cdot t^{0,45} \cdot S^{0,7} \frac{T_0}{T_0 + T_{пер}} \cdot$ $\cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau^m}}\right) =$ $90 \frac{4}{625} \cdot 250^{0,23} \cdot 0,3^{0,45} \cdot$ $\cdot 0,32^{0,7} \frac{12,06}{12,06 + 15,51} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}}\right)$ ==90· ·0,064·3,601·0,536·0,324·0,148· · (1-e$^{-\tau/4}$)=0,533· (1-e$^{-\tau/4}$)	C– константа; L_p, F – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм^2; $\sigma_в$ – границя міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм^2; t, S, V – режими різання; T_0, $T_{пер}$ – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; τ_m – константа знаходиться в межах 12-24 хв	C=90 $L_p = 4$ мм; $F = 625$мм^2; $\sigma_в$=45 кГс/мм^2; $t = 0,3$ мм; $S = 0,32$ мм/об; $V = 250$ м/хв; $T_0 = 12,06$ хв; $T_{пер} = 15,51$хв;(табл.1.13 ПЗ) $\tau_m = 16$ хв.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

τ, хв	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
Δ_i	0	-3,0	-4,0	-6,2	-8,3	-10,4	-12,5	-17,8	-23,0	-33,5	-44,0
Δ_m	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$\Delta_{сист} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$	0	-5,6	-7,4	-11,6	-15,6	-19,8	-24	-34,6	-45	-66	-87

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку 2 графічної частини. З діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента $T_T = 62$ хв.

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

$\Delta_{сум} = 0,110$ мм.

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{налаг} = D_{\max} - 0,5 \cdot \Delta_{мн} - \Delta_{сист.\min} - (T - \Delta_{сум})/2, \text{ мм.} \qquad (1.5.19)$$

Найбільше граничне значення розміру:

$D_{\max} = 90{,}054$ мм.

Найменше значення систематичної похибки:

$\Delta_{сист.\min} = 0$ мм.

Допуск на розмір $T = 0{,}115$ мм.

$$D_{налаг} = 90 + 0{,}5 \cdot 0{,}044 + 0 + \frac{0{,}115 - 0{,}110}{2} = 90{,}042 \text{ мм}.$$

Тривалість обробки до вимушеної зміни різця:

$$T_{зм} = T_m \cdot \left(T_0 + T_{пер}\right) / T_0 = 62 \cdot \frac{16{,}02 + 15{,}51}{16{,}02} = 122 \text{ хв}.$$

Питома вага C_j первинних похибок обробки в загальній похибці:

$C_j = \left(\Delta_j / \Delta_{сум}\right) \cdot 100\%$, де Δ_j – величина j-ої похибки.

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

Таблиця 1.13 – Результати розрахунку C_j

Позначення похибки Δ_j	$\Delta_в$	$\Delta_н$	$\Delta_у$	$\Delta_{мн}$	Δ_i	Δ_m	$\Delta_{сист}$
Значення похибки Δ_j	0,030	0,0114	0,0006	0,044	0,067	0,001	0,066
C_j, %	27,27	10,36	0,55	40,0	60,91	0,91	60,0

З гістограми видно, що домінуючими похибками обробки є: похибка від розмірного спрацювання інструменту. Можливими заходами по забезпеченню тчності та підвищення надійності обробки є: застосування різців із більш стійкою різальною частиною. Наприклад: з багатошаровим зносостійким покриттям; з твердого сплаву Т30К4 та зносостійким покриттям.

1.5.4 Розробка карти налагодження та програми ЧПК

Операція 010. П´ятикоординатна з ЧПК.

Верстат: багатоцільовий з ЧПК VMC-650, – розмір від торця шпинделя до поверхні стола верстату $H_B = 800$ мм; отвір у шпинделі – конус 40АТ55 ГОСТ 19860-74/7:24 ГОСТ15945-70, розміри стола:800х450мм.

Пристрій: спеціальний з пневмоприводом;

На верстаті встановлена числове програмне керування Siemens 808DA. Дана система являється моделлю адаптованою контурною системою управління другого покоління сімейства WL і назначена для керування фрезерними і токарними.

Програма обробки зберігається на внутрішньому носію як восьми бітний код та інтерпретуються пристроєм відображення інформації.

Таблиця1.14 -Програма обробки

№ кадра	*Текст програми*
	%
	$ Programa obrobku Stiiku
	$ Freza D=63
001	*G90 GO G17 G54 YO X125*
002	*M3 S960*
003	*G43 H01 Z153*
004	*G1 Z153 F2500*
005	*X73 F1344 M08*
006	*G3 X73 Y0 R73*
007	*G1 Z155 F2500 M09*
008	*G0 X125*
009	*Z143*

010	*G1 G42 D20 X60,5 F 1344 M08*
011	*G3 X60,5 Y0 R60,5*
012	*G1 G40 X125 D20 F2500*
013	*G42 D21 X60 Y0 R60*
014	*G3 X60 Y0 R60*
015	*G1 G40 X125 D21 F2500 M09*
016	*G0 G49 Z500 M5*
017	***$ RIZCEVA OPRAVKA D=90*** *T02 M06*
018	*M3 S???*
019	*G43 H02 Z155*
020	*G0 X0 Y0*
021	*G1 Z143 F???*
022	*Z155 F2500*
023	*G0 Z500 G49 M05*
024	***$RIZCEVA OPRAVKA D=85*** *T03 M06*
025	*M3 S885*
026	*X0 Y0*
027	*G3 H03 Z155*
028	*G1 Z65 F284*
029	*G0 G49 Z500 M05*
030	***$RIZCEVA OPRAVKA D=88*** *T04 M06*
031	*M3 S885*
032	*X0 Y0*
033	*G3 H04 Z155*
034	*G1 Z78 F284*
035	*G0 G49 Z500 M05*
036	***$RIZCEVA OPRAVKA D=89,5*** *T05 M06*
037	*M3 S885 X0 Y0*
038	*G3 H05 Z155*

039	*G1 Z78 F284*
040	*G0 G49 Z500 M05*
041	***$RIZCEVA OPRAVKA D=90*** *T06 M06*
042	*M3 S885 X0 Y0*
043	*G3 H06 Z155*
044	*G1 Z78 F284*
045	*G0 G49 Z500 M05*
046	***$RIZCEVA OPRAVKA D=90, NARIZKA FASKU*** *T05 M06*
047	*M3 S885 X0 Y0*
048	*G3 H05 Z155*
049	*G1 Z151 F284*
050	*G0 G49 Z500 M05*
051	***$FREZA D=24*** *T08 M06*
052	*M3 S2000*
053	*G43 HO8 Z155*
054	*X110 Y0*
055	*G1 Z136 F2500*
056	*X43 F400*
057	*X-31 F2500*
058	*X-110 F400 M08*
059	*G0 Z155*
060	*X0 Y-110*
061	*Z136*
062	*G1 Y-43 F400*
063	*Y31 F2500*
064	*Y110 F400*
065	*G0 Z500 G49 M09 M05*
066	***$FREZA D=160*** *T09 M06*
067	*M3 S528*

068	*G43 H09 Z155*
069	*X175 Y0*
070	*G1 Z125 F2500*
071	*X150 F506*
072	*G3 X150 Y0 R150*
073	*G1 X175 Y0 F2500*
074	*G0 G49 Z500 M05*
075	***$SVERDLO D=23*** *T10 M06*
076	*M3 S1384*
077	*G43 H10 Z155*
078	*X63,63 Y63,63*
079	*G1 Z145 F2500*
080	*Z113 F830*
081	*G0 Z155*
082	*Y-63,63*
083	*G1 Z113 F830*
084	*G0 Z155*
085	*X-63,63*
086	*G1 Z113 F830*
087	*G0 Z155*
088	*Y63,63*
089	*G1 Z113 F830*
090	*G0 Z500 G49 M09*
091	***$SVERDLO D=30*** *T11 M06*
092	*M3 S1061*
093	*G43 H10 Z155*
094	*X63,63 Y63,63*
095	*G1 Z145 F2500*
096	*Z144,7 F637*
097	*G0 Z155*
098	*Y-63,63*

099	*G1 Z144,7 F637*
100	*G0 Z155*
101	*X-63,63*
102	*G1 Z144,7 F637*
103	*G0 Z155*
104	*Y63,63*
105	*G1 Z144,7 F637*
106	*G0 Z500 G49 M09*
107	***$ZMINA POLOGENNJA STOLA*** *G24 M06*
108	*G4 E4*
109	*B180*
110	*M25*
111	*G55 G90 G17*
112	***$ FREZA D=63*** *T11 G43 H12 Z155 M3 S960 M06*
113	*X70 Y75*
114	*G1 Z150 F2500*
115	*X-70 F1344 M08*
116	*G0 Z155*
117	*X70 Y-75*
118	*G1 Z150 F2500*
119	*X-70 F1344*
120	*G0 X34,44 Y14,48*
121	*G1 G41 X59,64 Y45,41 Z138 D23*
122	*G3 X-59,64 Y45,41 R75 F1344*
123	*X-59,64 Y-45,41 R75 F2500*
124	*G3 X59,64 Y-45,41 R75 F1344*
125	*G1 G40 X34,44 Y-14,48 F2500*
126	*G0 Z500 G49 M09 M05*
127	***$ROZTO4NA OPRAVKA D=150*** *T12 G43 H13 Z155 M06*
128	*X0Y0 M3 S530*

129	Z138 F170 M08
130	G0 G49 Z500 M09 M05
131	**$ROZTO4NA OPRAVKA D=153** T13 G43 H13 Z155 M06
132	X0 Y0 M3 S530
133	Z148 F170 M08
134	G0 G49 Z500 M09 M05
135	**$FREZA D=160** T14 G43 H14 X115 Y0 M06
136	Z125 M3 S528
137	G1 X75 Y0 F506 M08
138	G3 X75 Y0 R75 F506
139	G0 X115 M09
140	Z500 G49
141	M05
142	**$FREZA D=24** T15 G43 H15 X115 Y0 M06
143	Z143 M3 S2000
144	G1 X80 F400 M08
145	X-80 F2500
146	X-115 F400
147	G0 G49 Z500 M09
148	M05
149	**$SVERDLO D=6,8** T16 G43 H16X-92,5 Y0 M06
150	Z145 M3 S2000
151	G1 Z120 F720 M08
152	G0 Z145
153	X92,5
154	G1 Z120 F720
155	G0 G49 Z500 M09
156	M05
157	**$MIT4UK D=8**

	T17 G43 H17 X92,5 Y0 M06
158	*M3 S60*
159	*G0 G90 Z145 M08*
160	*G1 G84 Z120 F70*
161	*M4 Z145*
162	*G0 G49 Z500 M3 M09*
163	*M05*
164	***$SVERDLO D=18*** *T18 G43 H18 X85 Y45 M06*
165	*M3 S1769*
166	*G0 Z155*
167	*G1 Z120 F885 M08*
168	*G0 Z155*
169	*X-85 Y45*
170	*G1 Z120 F885*
171	*G0 Z155*
172	*X-85 Y-45*
173	*G1 Z120 F885*
174	*G0 Z155*
175	*X85 Y-45*
176	*G1 Z120 F885*
177	*G0 Z500 M09*
178	*G49 M05*
179	***$SVERDLO D=30*** *T19 G43 H19 X85 Y45 M06*
180	*M3 S1769*
181	*G0 Z155*
182	*G1 Z149,7 F637 M08*
183	*G0 Z155*
184	*X-85 Y45*
185	*G1 Z149,7 F637*
186	*G0 Z155*
187	*X-85 Y-45*

188	*G1 Z149,7 F637*
189	*G0 Z155*
190	*X85 Y-45*
191	*G1 Z149,7 F637*
192	*G0 Z500 M09*
193	*G49 M05*
194	***$ZMINA POLOGENNJA STOLA*** *G24 M06*
195	*G4 E4*
196	*B90*
197	*M25*
198	*G55 G90 G17*
199	***$SVERDLO D=16*** *T20 G43 H20 X110 Y0 M06*
200	*M03 S2000*
201	*Z65*
202	*G1 X65 F2500*
203	*X58 F240 M08*
204	*G0 X110*
205	*Z500 M09*
206	*M05*
207	***$SVERDLO D=9*** *T21 G43 H20 X110 Y0 M06*
208	*M03 S2000*
209	*Z65*
210	*G1 X65 F2500*
211	*X31,5 F720 M08*
212	*G0 X110*
213	*Z500 M09*
214	*M05*
215	***$MIT4UK D=10*** *T22 G43 H22 X110 Y0 M06*
216	*M3 S60*

217	*G0 G90 Z65 M08*
218	*G1 G84 X120 F35*
219	*M4*
220	*X65*
221	*G0 G49 X110 M3 M09*
222	*Z500*
223	*M05*
224	*M10*

1.9 Нормування технологічного процесу

Технічні норми часу в умовах масового і серійного виробництва визначаються розрахунково аналітичним методом. Для розрахунку використовуємо нормативи [17].

Проведемо нормування свердлильно-розточно-фрезерні з ЧПК операції 010

1 Основний час на нормовану операцію розрахований в пункті розрахунок режимів різання і основного часу T_O=12,06 хв.

2 Визначаємо допоміжний час $T_{ДОП}$, хв.

$$T_{ДОП} = T_{УСТ} + T_{ВИМ} + T_{ПЕР}$$

$T_{УСТ} = 2{,}42\,хв.$ – час на установку і зняття деталі (встановити на призму Т=0,18хв ([6], стор. 76, К13),закріпити деталь ручкою пневмоциліндра Т=0,03хв ([6], стор. 78, К13);

$T_{ВИМ}$ – час на вимірювання, хв.

$T_{ВИМ} = 0{,}26\,хв.$ - вимір штангельциркулем ([6]с.65 К.15)

$T_{ПЕР}$ – час на перехід;

$$T_{ПЕР} = t_{ПЕР1} + t_{ПЕР2} + t_{ПЕР3} + t_{ПЕР4} = 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}07 \cdot 21 + 0{,}06 \cdot 92 + 0{,}26 \cdot 21 = 12{,}9\,хв.$$

$t_{ПЕР1} = 0{,}15$ (хв.) – час повороту стола

$t_{ПЕР2} = 0{,}07$ (хв.) – час на зміну числа обертів;(кількість змін 21)

$t_{ПЕР3} = 0{,}06$ (хв.) – час на зміну подачі;(кількість змін 92)

$t_{ПЕР4} = 0{,}26$ (хв.) – час на зміну інструменту "від різу до різу" (кількість інструментів 21) ([5], с.10, табл.1);

Отже, $T_{ДОП} = 2{,}42 + 0{,}26 + 12{,}9 = 15{,}58\,хв.$

3 Визначаємо оперативний час $T_{ОП}$, *хв*.

$$T_{ОП} = T_{О} + T_{ДОП} = 12{,}06 + 15{,}58 = 27{,}64\,хв.$$

4 Час на обслуговування робочого місця $T_{ОБС}$, *хв*

$$T_{ОБС} = \frac{T_{ОП} \cdot a_{ОБС}}{100} = \frac{27{,}64 \cdot 13{,}5}{100} = 3{,}73\,хв.$$

$a_{ОБС} = 13{,}5\%$ – процент часу від $T_{ОП}$ на обслуговування робочого місця ([6], стор. 7092, К 17);

5 Час на відпочинок і особисті потреби

$$T_{ВІД} = \frac{T_{ОП} \cdot a_{ВІД}}{100} = \frac{27{,}64 \cdot 4}{100} = 1{,}10\,хв.$$

$a_{ВІД} = 4\%$ – процент від оперативного часу на відпочинок і особисті потреби ([6], стор. 93, К 18);

6 Розрахунок норм штучного часу $T_{ШТ}$, *хв*.

$$T_{ШТ} = T_{ОП} + T_{ОБС} + T_{ВІД} = 27{,}64 + 3{,}73 + 1{,}10 = 32{,}47\,хв.$$

7 Підготовчо заключний час на партію деталей: $T_{ПЗ} = 21\,хв$ ([6], стор. 101, К 25).

8 Розрахунок норм штучно-калькуляційного часу $T_{ШТ-К}$, *хв*

$$T_{ШТ-К} = T_{ШТ} + \frac{T_{ПЗ}}{n} = 32{,}47 + \frac{21}{10} = 34{,}57\,хв.$$

n=10 – число деталей в партії;

Розрахунок кількості деталей в партії

Так як в заводському тех. процесі не наведені дані про основний та штучний час, розрахунок кількості деталей в партії проводимо по даних нового технологічного процесу.

Таблиця 1.15. – Трудомісткість операції

Назва і номер операції	Тшт, хв
010 Свердлильно-розточно-фрезерна з ЧПК	34,57

Знаходимо середній штучний час на одну операцію:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum_{1}^{n} T_{шт}}{n} = \frac{34,57}{1} = 34,57$$

Такт випуску деталей

$$t_в = K_З \cdot T_{шт.сер}$$

$K_з$=11 для серійного виробництва с. 15 [1]

$$t_в = K_З \cdot T_{шт.сер} = 11 \cdot 34,57 = 378,5$$

Річна програма випуску

$$N = \frac{F_д \cdot 60}{t_в} = \frac{3900 \cdot 60}{378,5} = 1328$$

Приймаємо 1300 шт.

Розрахункова кількість деталей в партії

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{460 \cdot 12}{251} = 21,99 шт$$

Приймаємо n=22 штук

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

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

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:,

$$C = \frac{T_{шт.сер} \cdot n}{480 \cdot 0,8} = \frac{34,57 \cdot 22}{480 \cdot 0,8} = 1,97$$

Приймаємо 2 зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_д = \frac{C_{ПР} \cdot 480 \cdot 0{,}8}{T_{шт.сер}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0.8}{34{,}57} = 22{,}31$$

Приймаємо $n_д = 23$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

Число запусків

$$i = \frac{N}{n_д} = \frac{1300}{23} = 56{,}5$$

Приймаємо i=20 цикл. n=57 шт N=1300 шт

Норми часу на інші технологічні операції зводимо в таблицю 11.3 , норми часу визначаємо по нормативах [17].

2. Конструкторський розділ

2.1 Проектування верстатного пристрою

Опис роботи пристрою

Пристрій призначений для повної обробки стійки на свердлильно-фрезерно-розточному багатофункціональному верстаті VMC-650.

Головними частинами пристрою є: основа-2, стійка-5, призма-3, важіль-6, призма притискач-4, пневмоциліндра-13, центровик-8.

Пристрій встановлюється на стіл верстата по двох призматичних шпонках 14.

Деталь встановлюється на двопозиційну призму 3 циліндричними поверхнями ø130 та ø150. Для виставки по довжині і фіксації по квадрату призначений з'ємний упор 17. Деталь виставляється торцевою поверхнею розміром 210 на полку фіксатора і за допомогою щупа виставляється по довжині в р-р 150. Після виставки деталі упор знімається.

При подачі повітря в нижню порожнину пневмоциліндра шток йде догори і через упор 7 тисне на важіль 6, яким повертаючись навколо вісі 9 через призму прижиму 4 затискає деталь.

Після закінчення обробки повітря подається в верхню порожнину пневмоциліндра і шток іде донизу звільняючи важіль. Під дією пружини важіль повертається і звільняє деталь.

Розрахунок пристрою на силу закріплення

Для розрахунку діаметру пневмоциліндра використовуємо формулу розрахунку штовхающої сили у пневмоприводі двохсторонньої дії :

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \text{ ([7] ст.75)}$$

звідки діаметр буде рівний

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi}}$$

де D - діаметр поршня пневмоциліндра у см;

p - тиск стиснутого повітря кгс/см^2 ;

η - ККД приводу ($\eta = 0{,}85$)

В свою чергу Q дорівнює $Q = \frac{Q_1 \cdot l_1}{l_2}$

Де l_1, l_2 - довжини важеля;

Q_1 - сила закріплення заготовки;

Для правильного розрахунку потрібно визначити найбільше значення Q_1, розрахунок проводимо по трьох переходах фрезеруванні, розточуванні та свердлінні.

Отже при розточуванні отвору ø85 сила Q_1 буде визначатися з формули:

$$2Q_1 \cdot \sin\alpha \cdot f \cdot K \cdot R_{пр} = P_Z \cdot R_{роз}$$

при фрезеруванні поверхні:

$$2Q_1 \cdot \sin\alpha \cdot f \cdot K \cdot R_{пр} = P_Z \cdot R_{кон.}$$

при свердлінні отвору ø23:

$$2Q_1 \cdot \sin\alpha \cdot f \cdot K \cdot R_{пр} = P_{вріз}$$

де α - кут між робочими поверхнями призми ($\alpha = 120°$);

f - коефіцієнт тертя ($f = 0{,}16$)([3]ст.85 табл.10);

K - коефіцієнт запасу;

$R_{пр}$ - радіус по якому іде закріплення в призмах;

P_Z - сила різання;

$P_{вріз}$ - сила врізання свердла;

$R_{роз}$ - радіус розточування;

$R_{кон.}$ - радіус одходу фрези по контуру;

В свою чергу $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$

де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1{,}5$

K_1 - коефіцієнт який враховує збільшення сил різання із за випадкових нерівностей $K_1 = 1{,}2$ при чорновій обробці

K_2 - коефіцієнт характеризуючий збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту для свердління $K_2 = 1{,}15$, для розточування $K_2 = 1{,}0$, для фрезерування $K_2 = 1{,}6$

K_3 - коефіцієнт який враховує збільшення сил різання при перервному різанню $K_3 = 1$

K_4 - коефіцієнт який враховує постійність сил закріплення для пневмоприводу двохсторонньої дії $K_4 = 1{,}0$

K_5 - враховує ергономіку рукоятки $K_5 = 1{,}0$

K_6 - коефіцієнт який враховується тільки при наявності моменту який хоче вивернути заготовку $K_6 = 1{,}5$

Для свердління: $K = 1{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 3{,}1$

Для розточування: $K = 1{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 2{,}7$

Для фрезерування: $K = 1{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 4{,}32$

при розточуванні отвору ø85:

$$Q_1 = \frac{P_Z \cdot R_{роз}}{\sin\alpha \cdot f \cdot K \cdot R_{пр} \cdot 2} = \frac{423 \cdot 85}{0{,}86 \cdot 0{,}16 \cdot 2{,}7 \cdot 75 \cdot 2} = 645$$

при фрезеруванні поверхні:

$$Q_1 = \frac{P_Z \cdot R_{кон.}}{\sin\alpha \cdot f \cdot K \cdot R_{пр} \cdot 2} = \frac{3103 \cdot 92}{0{,}86 \cdot 0{,}16 \cdot 4{,}32 \cdot 75 \cdot 2} = 3201$$

при свердлінні отвору ø23:

$$Q_1 = \frac{P_{вріз}}{\sin\alpha \cdot f \cdot K \cdot R_{пр} \cdot 2} = \frac{3335}{0{,}86 \cdot 0{,}16 \cdot 3{,}1 \cdot 75 \cdot 2} = 52$$

Ми бачимо що при фрезеруванні потрібна найбільша сила закріплення, отже подальший розрахунок проводимо по цій силі, отже

$$Q = \frac{Q_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{3201 \cdot 180}{120} = 4801{,}5$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4801{,}5}{0{,}4 \cdot 0{,}85 \cdot 3{,}14}} = 134$$

Згідно ГОСТ 6540-68 вибираємо пневмоциліндра D=160мм

Розрахунок на міцність найбільш навантаженого елементу пристрою

Найбільш навантаженим елементом пристрою є шток, який буде працювати на розтяг. Перевіряємо шток пристрою на розтяг.

$$\sigma = \frac{Q}{F} \le [\sigma_P]$$

Q – навантаження на шток

F – площа січення штока

$[\sigma_P] = 950 МПа$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 15^2}{4} = 176{,}62 см^2$$

d=15мм (внутрішній діаметр різьби штока)

$$\sigma = \frac{4801}{176{,}62} = 27$$

2.2 Проектування і розрахунок контрольного пристрою

Опис роботи контрольного пристрою

Даний пристрій призначений для контролю перпендикулярності поверхні 13 відносно поверхні 23.

Деталь встановлюється на короткий циліндричний палець 5 який встановлений у втулці. Після встановлення деталі, вона прокручується на необхідний кут, для вимірювання торцьового биття про фрезерованого паза відносно осі деталі. Коли деталь стоїть у потрібному положенні індикатор опускається і шкала його виставляється так, щоб стрілка стояла навпроти 0. Потім деталь провертається на деякий кут і фіксується найбільше відхилення стрілки, що і дасть контрольовану величину.

Пристрій оснащений індикатором для якого:

- ціна поділки 0,005 мкм
- діапазон вимірювання 0-100 мкм
- вимірне зусилля 150 сН

- коливання вимірного зусилля 80 сН
- В даному пристрої існує можливість заміни індикатора на більш точний таких же габаритів, для цього є ручний гвинт з насічкою 10.

Визначення похибки пристрою

В експлуатацію може бути запущений тільки той пристрій в якому виконується умова

$$\varepsilon_{вим} \leq \left| \varepsilon_{вим} \right|$$

де $\varepsilon_{вим}$ - сумарна фактична похибка КВП

$\left| \varepsilon_{вим} \right|$ - сумарна допустима похибка КВП

$\left| \varepsilon_{вим} \right| = \kappa T$

де $\kappa = 0{,}2 - 0{,}35$ - коефіцієнт який залежить від квалітету точності контрольованого розміру.

Т – допуск на вимірну поверхню

$$\varepsilon_{вим} = \Delta_{си} + \varepsilon + \Delta + \Delta_{є} + \Delta_{ус}$$

де $\Delta_{си}$ - фактична похибка вимірного приладу (похибка індикатора який ми використовуємо $\Delta_{си} = 0{,}05$)

ε - похибка установки контрольованої деталі у КВП (при встановлені деталі на підшипники $\varepsilon = 0$)

$\Delta_{є}$ - похибка виготовлення еталонних деталей, при абсолютному методі вимірювання $\Delta_{є} = 0$

$\Delta_{ус}$ - похибка викликана вимірним зусиллям внаслідок пружних деформацій елементів КВП і пластичних деформацій в місці контакту вимірного наконечника $\Delta_{ус} = 0{,}18$

$$\varepsilon_{вим} = 0{,}05 + 0 + 0 + 0{,}18 = 0{,}23$$

$$\left| \varepsilon_{вим} \right| = 0{,}2 \cdot 12 = 2{,}4$$

$0{,}23 \leq 2{,}4$ умова дотримується, отже пристрій готовий до експлуатації.

3 Науково-дослідна частина

3.1 Комп´ютерна перевірка міцності затискного важеля верстатного пристрою

Застосування комп’ютерних програм дозволяє швидко і надійно проводити інженерні дослідження з метою перевірки статичної та втомної міцності, вібростійкості, впливу температурних факторів на параметри конструкцій тощо.

В конструкторському розділі спроектовано пристрій для комплексної багатоінструментної обробки стійки, яка затискається в базуючи призмах важільним механізмом. Останній, в свою чергу, приводиться в дію пневмоциліндром. Величина затискної сили за розрахунками становить 4800 Н.

Конфігурація і основні розміри деталей пристрою вибирались нами на підставі вивчення раніше створених конструкцій, тому вважаю, що є потреба перевірити міцність важеля як найслабшої ланки.

Спершу створимо тривимірну модель важеля в програмі Inventor. Опісля визначимо величини напружень в об’ємі деталі, переміщень і деформацій окремих елементів важеля. Як правило, алгоритм роботи програми заснований на використанні методу скінченних елементів.

Тривимірна модель важеля зображена на рис. 3.1.

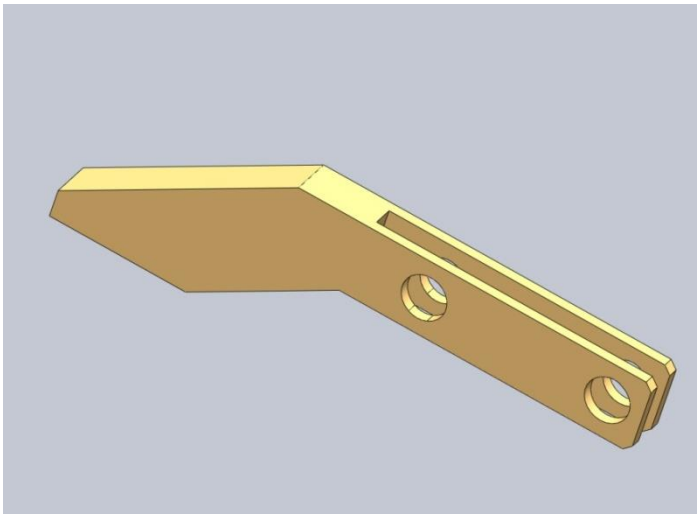


Рис.3.1 - Тривимірна модель важеля

Накладаємо на поверхні важеля, що контактують з вісями та наконечником штока пневмоциліндра, обмежуючі зв’язки (шарнір та нерухома опора) та силу вздовж осі штока (рис. 3.2).

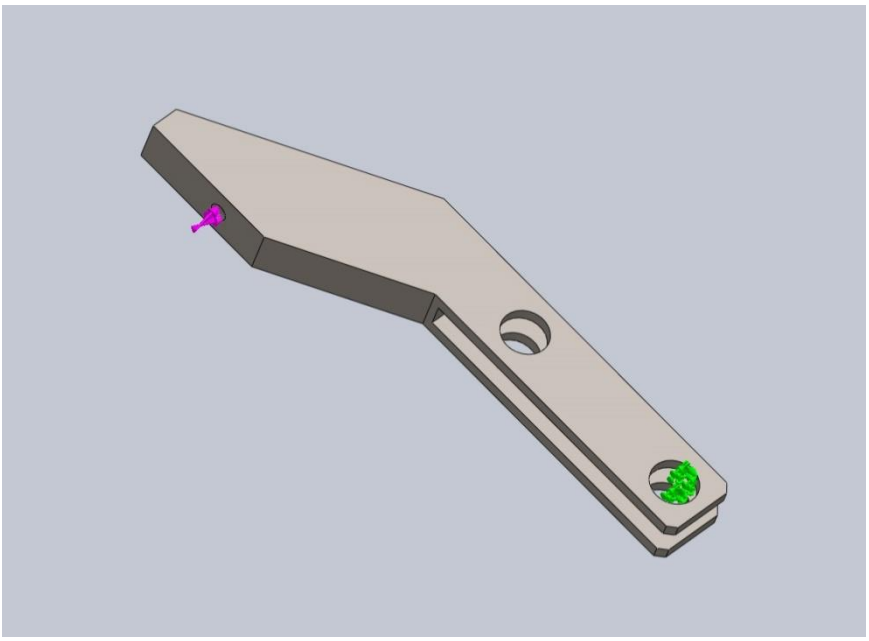


Рис.3.2– Накладання обмежень і прикладання сили.

Перед виконанням розрахунків останнім етапом є генерування об´ємної сітки елементів у деталі (рис. 3.3)

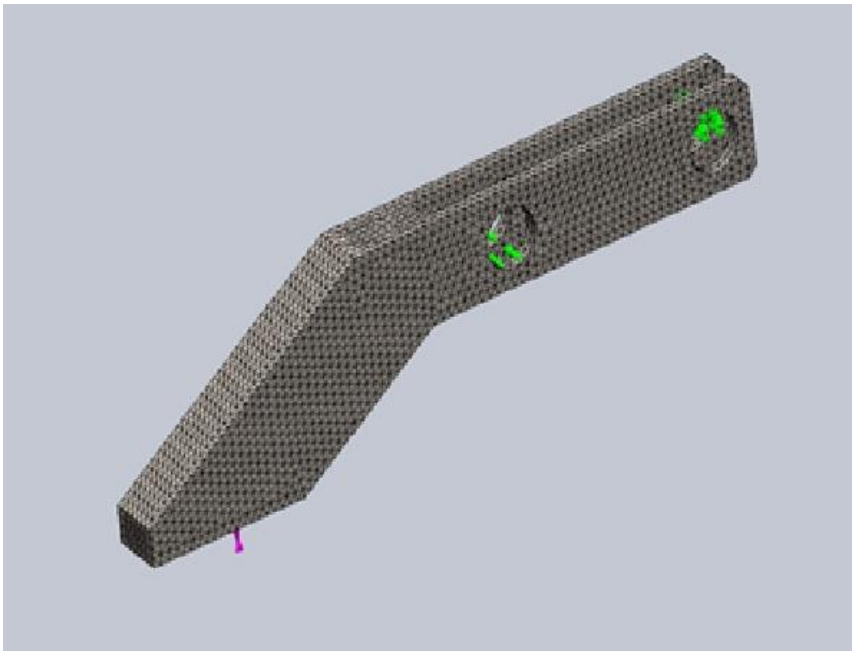


Рис.3.3 - Генерування об´ємної сітки елементів

Після завершення роботи програми отримаємо об´ємні епюри внутрішніх напружень, переміщень і деформацій елементів деталі (рис. 3.4).

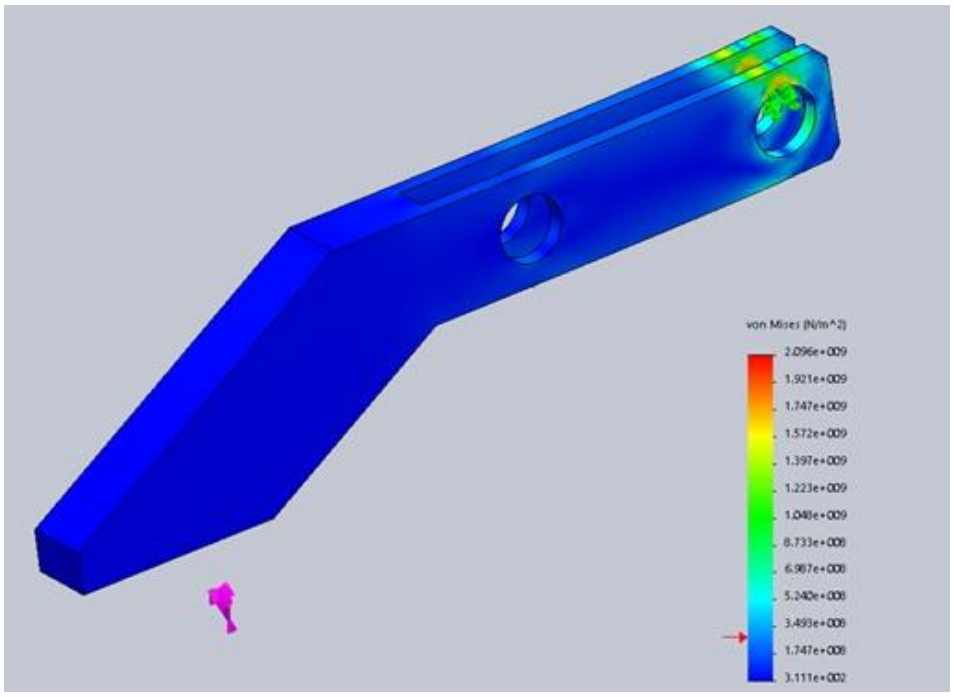


Рис. 3.4 – Епюра напружень на поверхні та в об’ємі важеля.

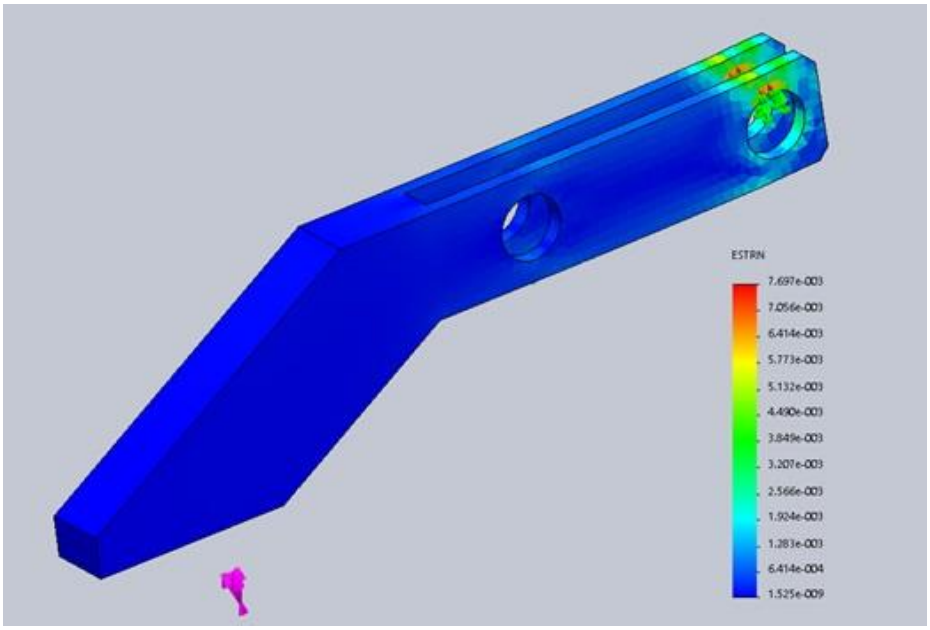


Рис. 3.5 – Епюра відносних деформацій в об’ємі важеля.

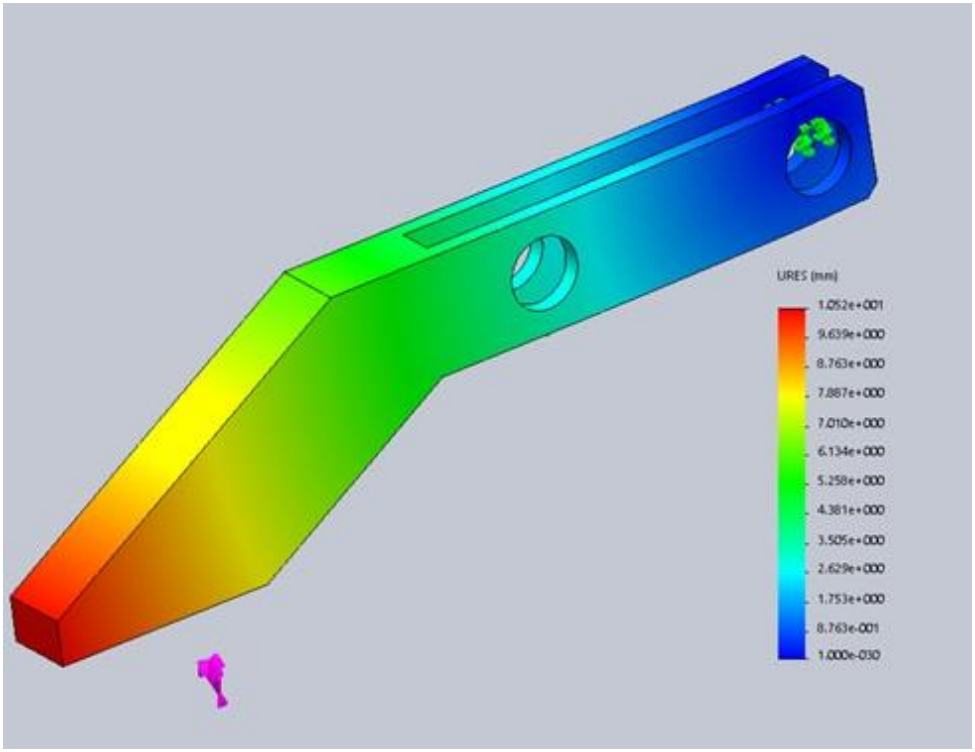


Рис. 3.6 – Епюра переміщень окремих об’ємів важеля

Значення напружень максимальні в зоні правого (за конструкцією) отвору під вісь і становлять 2096 МПа, тоді як допустимі напруження – 586 МПа для сталі марки 40Х. Тому ми збільшуємо товщину важеля до 36 мм і повторно пересвідчуємось, що така конструкція буде працювати.

ВИСНОВОК

У магістерській роботі виконано наступне.

Детально проаналізовано конструкцію деталі “Стійка 0707.508517 309” і базову технологію її виготовлення. Розроблено технологію механічної обробки деталі, що грунтується на застосуванні сучасного багатоопераційного верстата з ЧПК із спеціалізованим верстатнимх пристроєи з пневмозатиском і прогресивних конструкцій різальних інструментів. Вказані заходи дозволять скоротити витрати на обробку і, водночас, покращити якість окремих поверхонь.

Розраховано аналітичним методом припуск на обробку центрального отвору стійки, режими різання і проведено аналіз впливу основних факторів, що визначають точність розточування отвору.

Сконструйовано верстатний пристрій з пнавмозатиском для верстата VMC-650, контрольний пристрій для провірки співвісності циліндричних поверхонь деталі, зроблені всі потрібні розрахунки.

Для верстатної обробки згенеровано керуючі програми.

В науково-дослідному розділі досліджено міцність деталі пристрою – притискного важеля і визначено діючі значення напружень.

Графічна частина роботи містить карти налагоджень, графічну інтерпретацію аналізу точності, креслення верстатного і контрольного пристроїв та результати моделювання і досліджень в системах CAD/CAM.

Вважаю, що представлена мною робота може бути корисною для впровадження у виробництво аналогічних деталей

Список використаної літератури:

1. Рудь В.Д.Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.

2. Руденко П.О.Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: - Навчальний посібник. – К., Вища школа, 1993. – 414 с.

3. Довідник техніка-конструктора. Під ред. М.Я.Левицького. – Київ: “Техніка”, 1978.

4. Сторож Б.Д., Карпик Р. Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. – Івано-Франківськ, 1999.

5. Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання конструкторської частини дипломних проектів спеціальності 1201. Проектування верстатних пристроїв. – Івано-Франківськ, 1990.

6. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні ”Частина 1 для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка”ОП “Технології машинобудування”/Укл. В.В.Кононов, В.О.Логомінов,-Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 64с

7. Технологія та сап обробки на верстатах з чпк.методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Бойко С.В. та ін...- Чернігів:НУЧП, 2021.-51 с.

8. Карпик Р.Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки/ Р.Т. Карпик, Б.Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010.- 80 с.

9. Панчук В.Г., Карпик Р.Т. та ін. Магістерська робота: методичні вказівки- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.

10 .Петров О.В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.

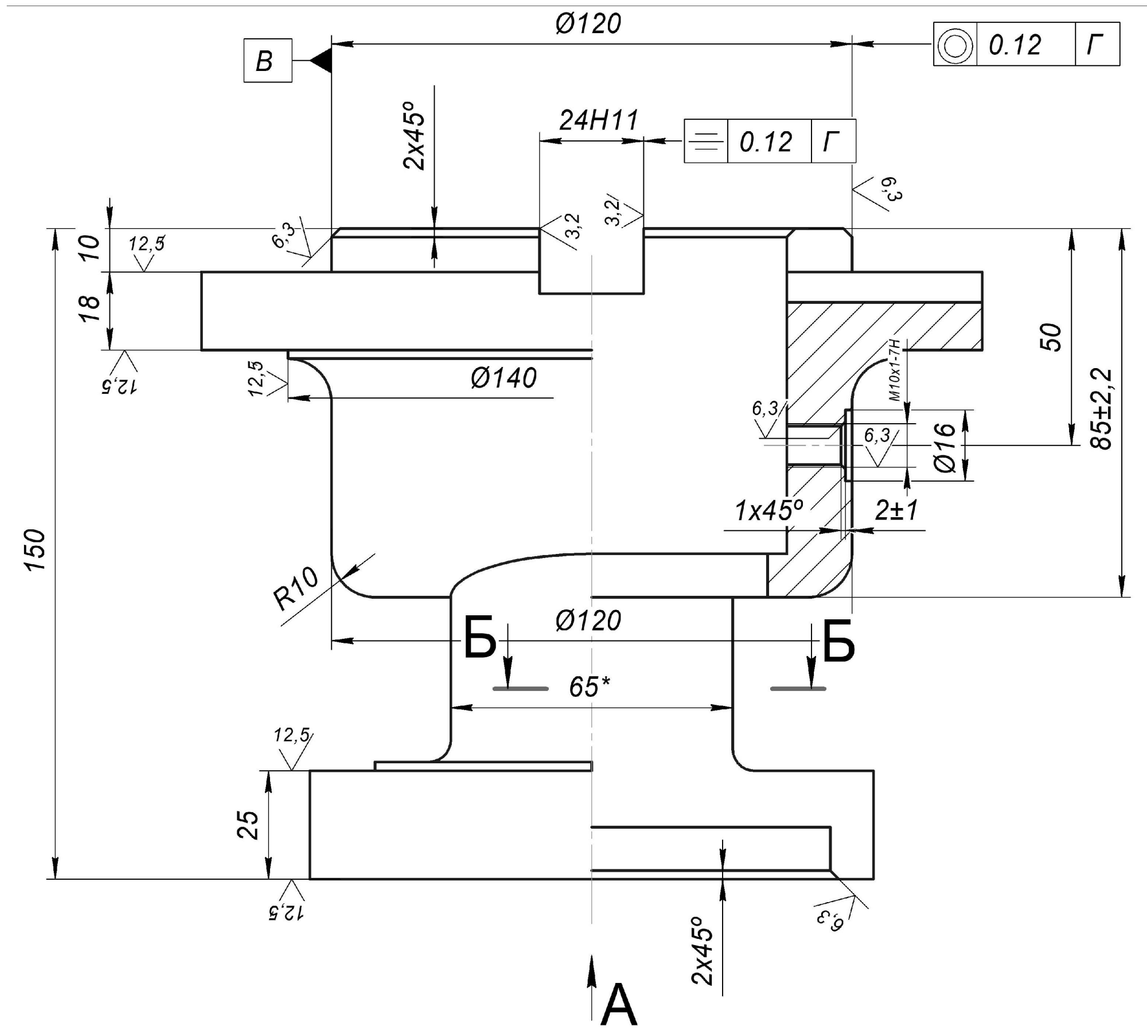
11.Муляр Ю.І., Дерібо О.В. Програмування токарної обробки на верстатах зЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 94 с.

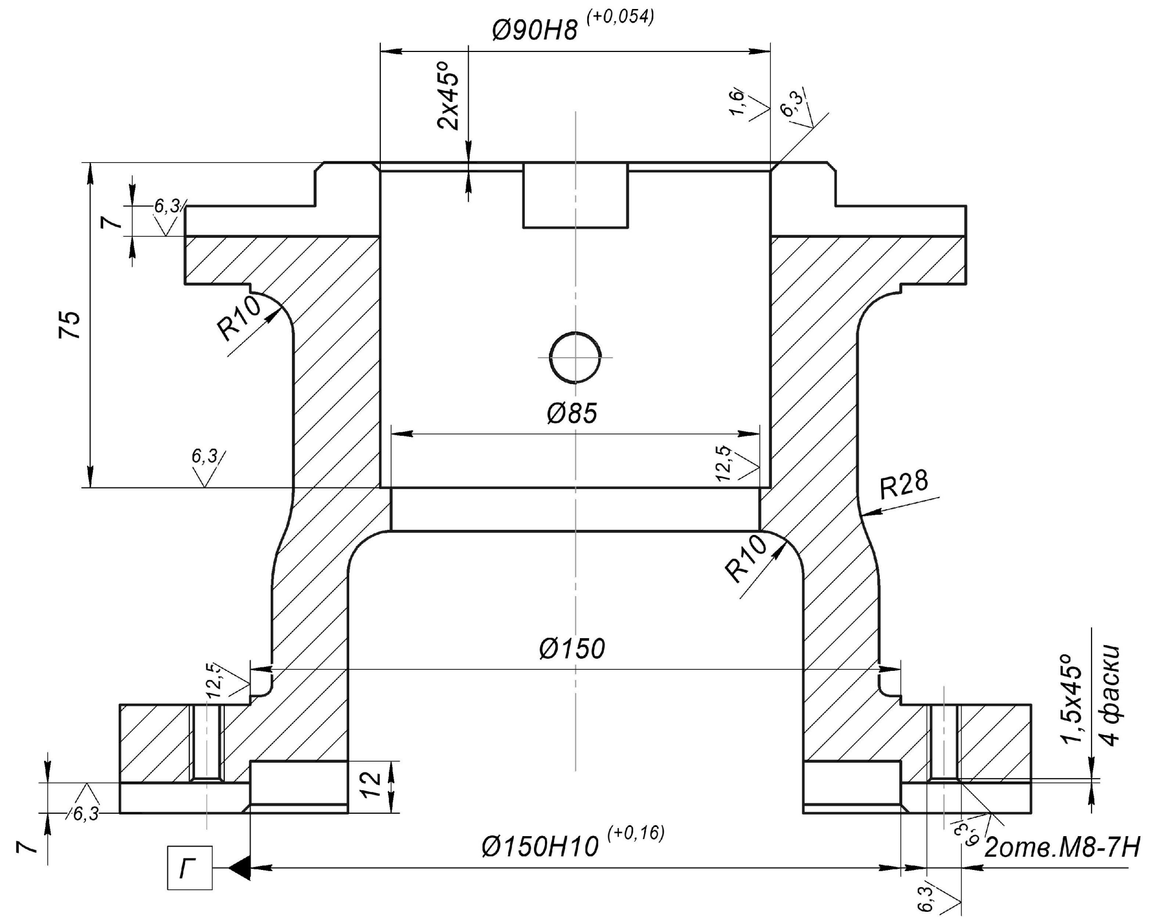
12. Ю.Є. Паливода, І.Г. Ткаченко, Ю Б. Кацапіла, Ів. Б. Гевко. Технологія оброблення корпусних деталей.. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 “Інженерна механіка” Тернопіль, 2016 -151 с.

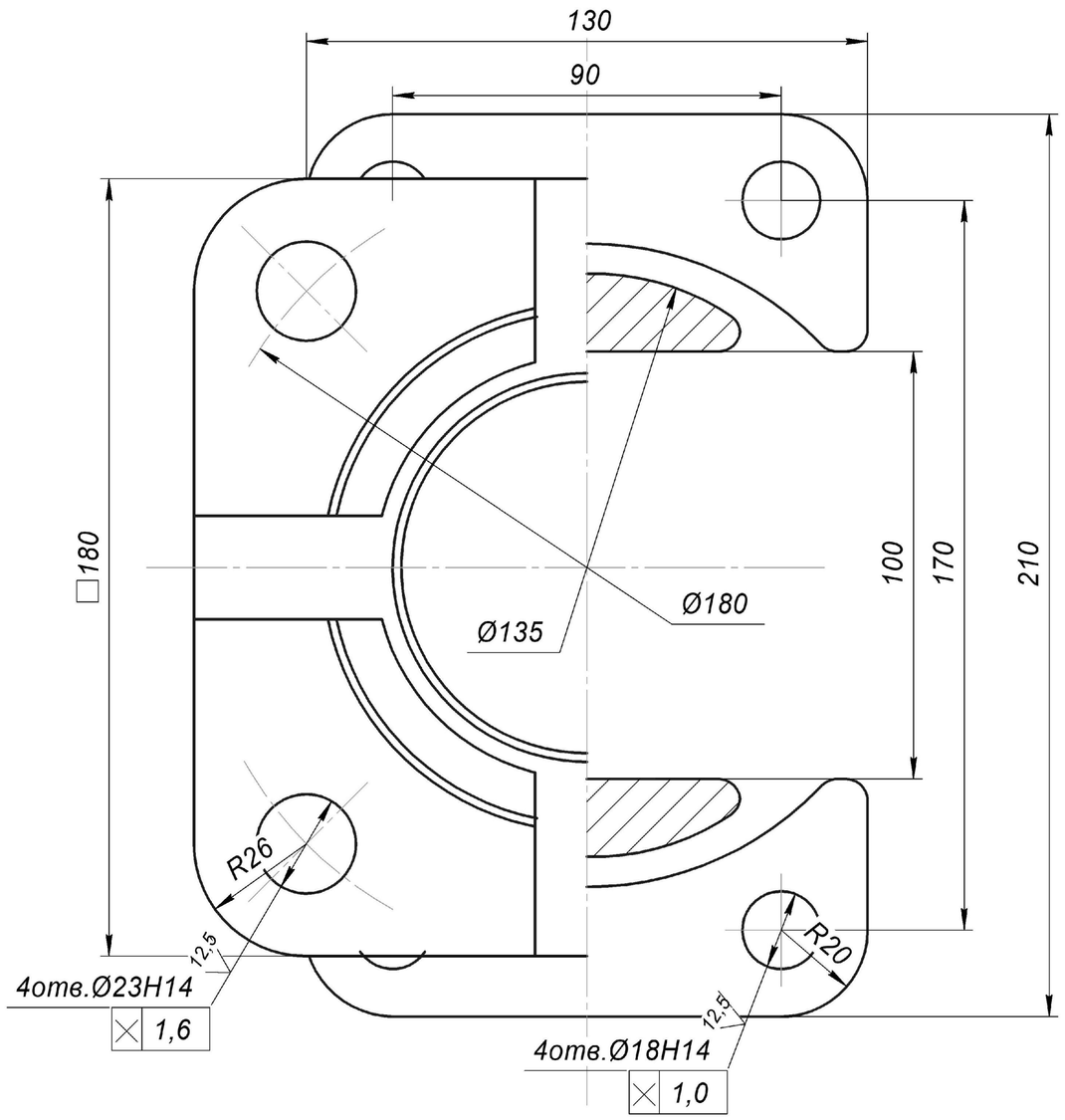
13.Автоматизоване проектування різальних інструментів:Навчальний посібник / Копей В.Б., Онисько О.Р., Борущак Л.О., Роп'як Л.Я., Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. 208.с.

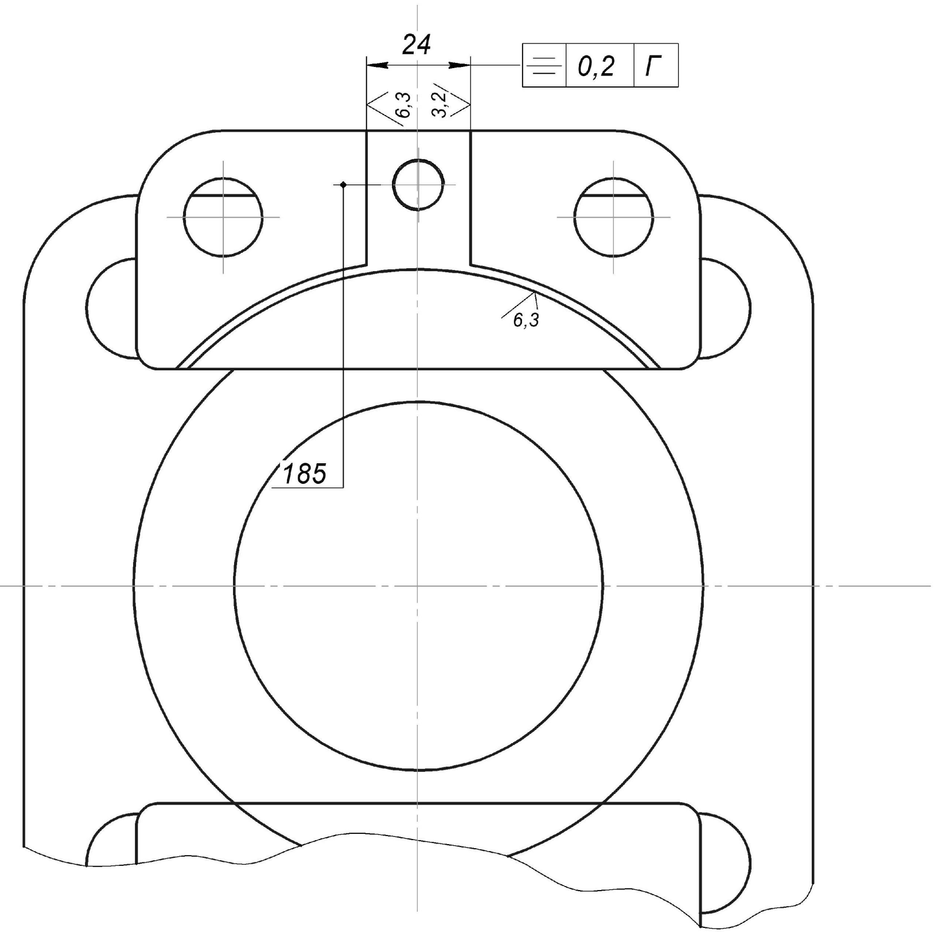
14.Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник – К .:НТУУ “КПІ”, 2014. – 353 с.

Додатки





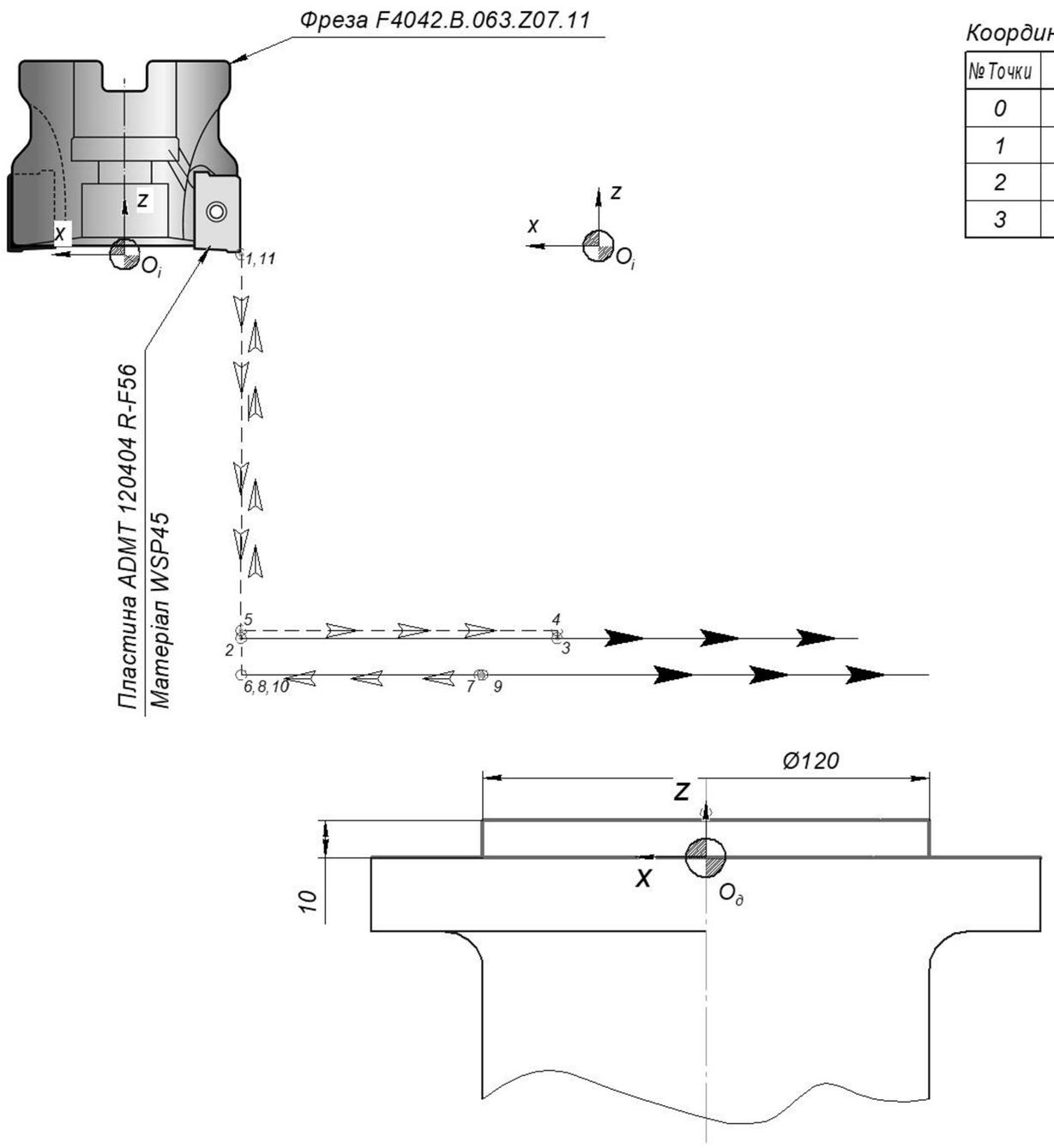




1. *Розмір для довідок
Невказані граничні відхилення розмірів ± IT14/2
3. Невказані радіуси скруглень 5,0 мм
4. Технічні вимоги до виливка за ДСТУ 8787: 2018

ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.		
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.	Стійка	
ЗАТВ.	Панчук В.Г		
РЕЦЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОПІЮВАВ		МР.ПМКи-626.00.000 Д	

1. Фрезерувати торець в розмір 153
2. Фрезерувати торець фланця в розмір 10 і Ø121
3. Фрезерувати до Ø120



Текст програми

№ кадру	Код програми
	%
	$ Programa obrobku Stiiku
	$Freza D=63
001	G90 GO G17 G54 YO X125
002	M3 S960
003	G43 H01 Z163
004	G1 Z153 F2500
005	X40 F1344 M08
006	G3 X40 Y0 R73
007	G1 Z155 F2500 M09
008	G0 X125
009	Z143
010	G1 G42 D20 X60,5 F1344 M08
011	G3 X60,5 Y0 R60,5
012	G1 G40 X125 D20 F2500
013	G42 D21 X60 Y0 R60
014	G3 X60 Y0 R60
015	G1 G40 X125 D21 F2500 M09
016	G0 G49 Z500 M5

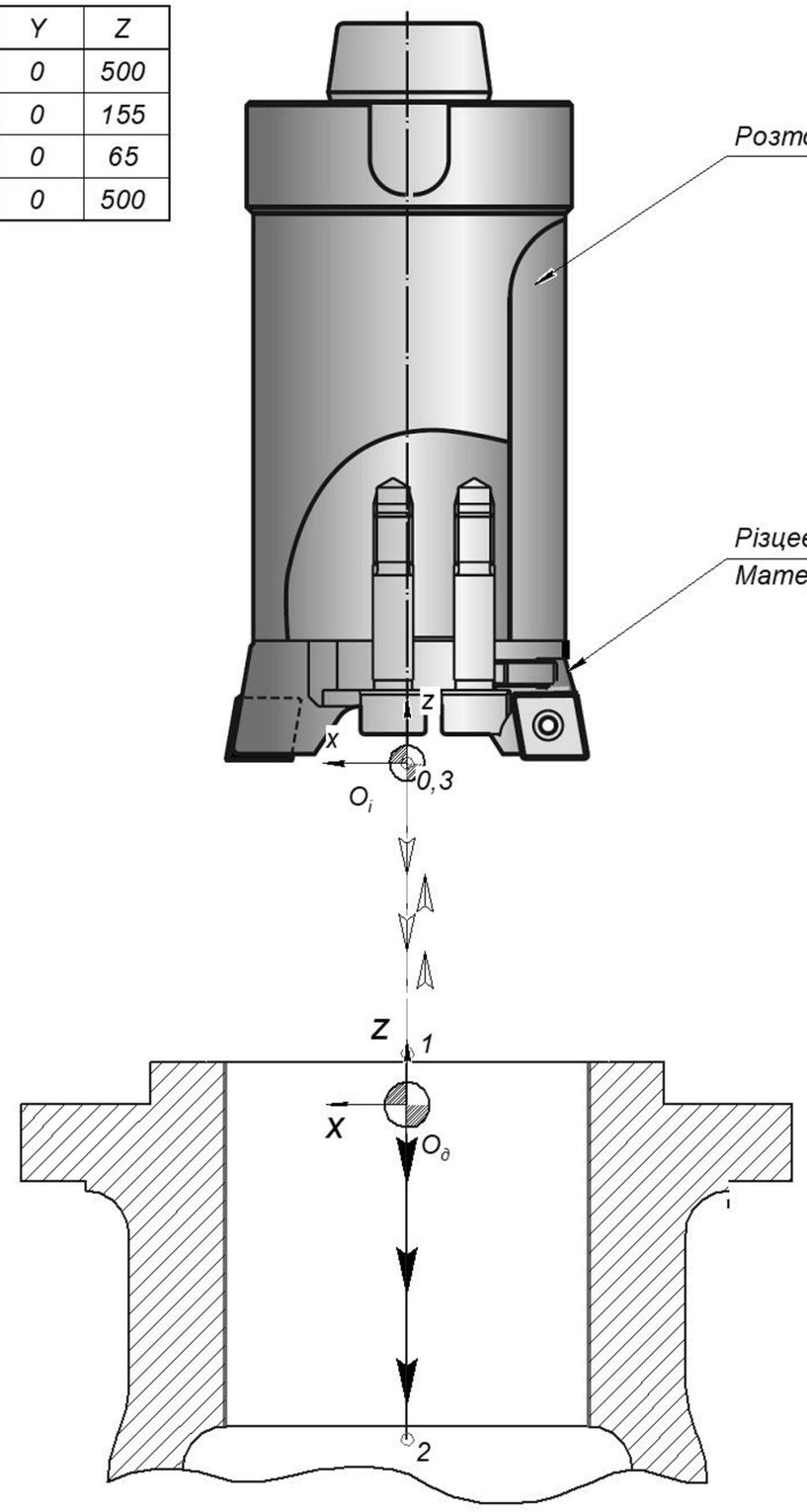
Координати точок

№ Точки	X	Y	Z
1	125	0	500
2	125	0	153
3	40	0	153
4	40	0	155
5	125	0	155
6	125	0	143
7	60,5	0	143
8	125	0	143
9	60	0	143
10	125	0	143
11	125	0	500

5. Розточити Ø85 на прохід

Координати точок

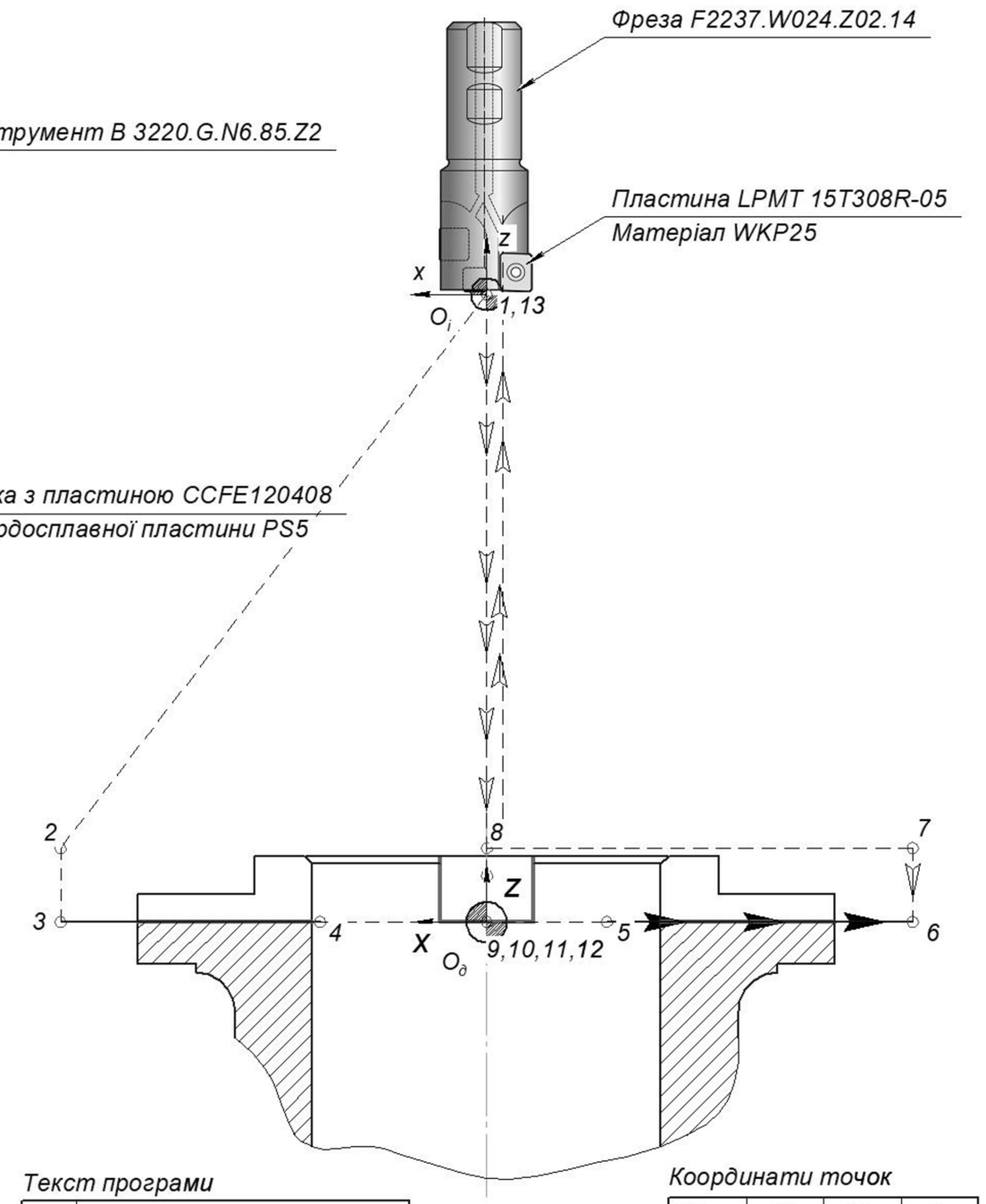
№ Точки	X	Y	Z
0	0	0	500
1	0	0	155
2	0	0	65
3	0	0	500



Текст програми

№ кадру	Код програми
	$Rizceva opravka D=85
024	T03 M06
025	M3 S885
026	X0Y0
027	G3 H03 Z155
028	G1 Z65 F284
029	G0 G49 Z500 M05

10.Фрезерувати 4 пази 24H11 на глибину 17 мм



Текст програми

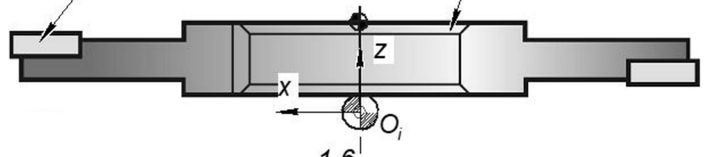
№ кадру	Код програми
	$Freza D=24
051	T08 M06
052	M3 S2000
053	G43 H08 Z155
054	X110 Y0
055	G1 Z136 F2500
056	X43 F400
057	X-32 F2500
058	X-110 F400 M08
059	G0 Z155
060	X0 Y-110
061	Z136
062	G1 Y-43 F400
063	Y31 F2500
064	Y110 F400
064	G0 Z500 G49 M09 M05

Координати точок

№ Точки	X	Y	Z
1	0	0	500
2	110	0	155
3	110	0	136
4	43	0	136
5	-31	0	136
6	-110	0	136
7	-110	0	155
8	0	-110	155
9	0	-110	136
10	0	-43	136
11	0	31	136
12	0	110	136
13	0	110	500

ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ 1	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.		
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.		
ЗАТВ.	Панчук В.Г	Карта налагодження	
РЕШЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОПІЮВАВ		МР.ПМК и-626.01.000 КН	

11.Фрезерувати 2-й торець фланця на Ø140

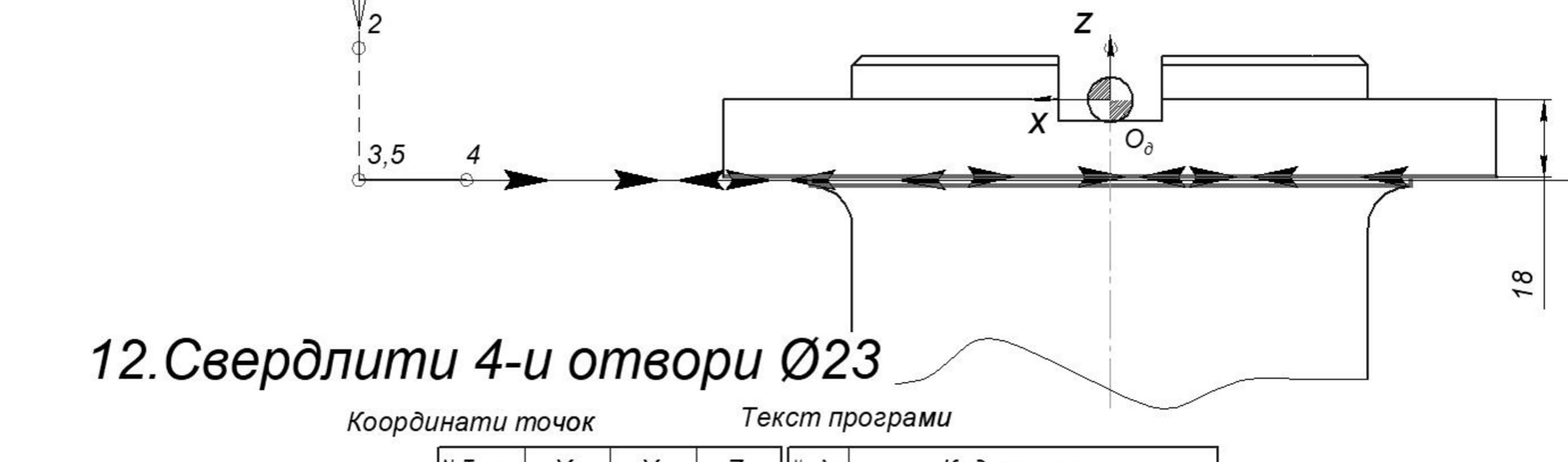


Координати точок

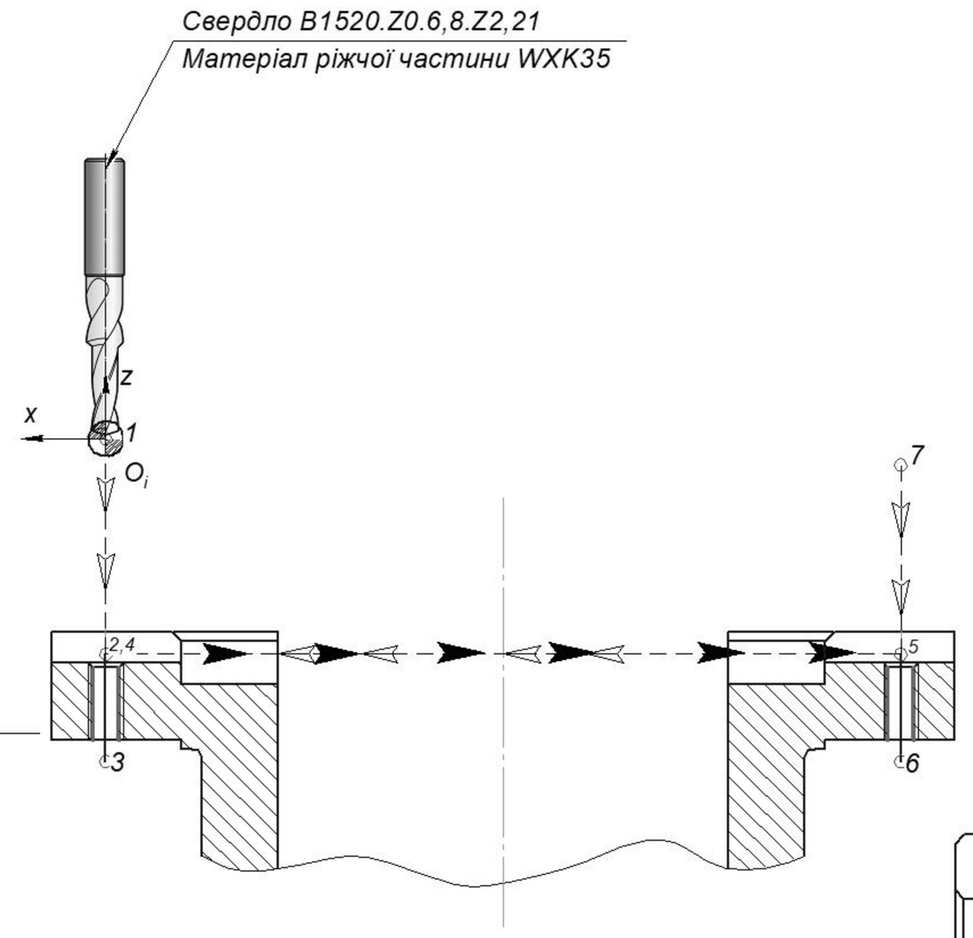
№ Точки	X	Y	Z
1	0	110	155
2	175	0	155
3	175	0	125
4	150	0	125
5	175	0	125
6	175	0	500

Текст програми

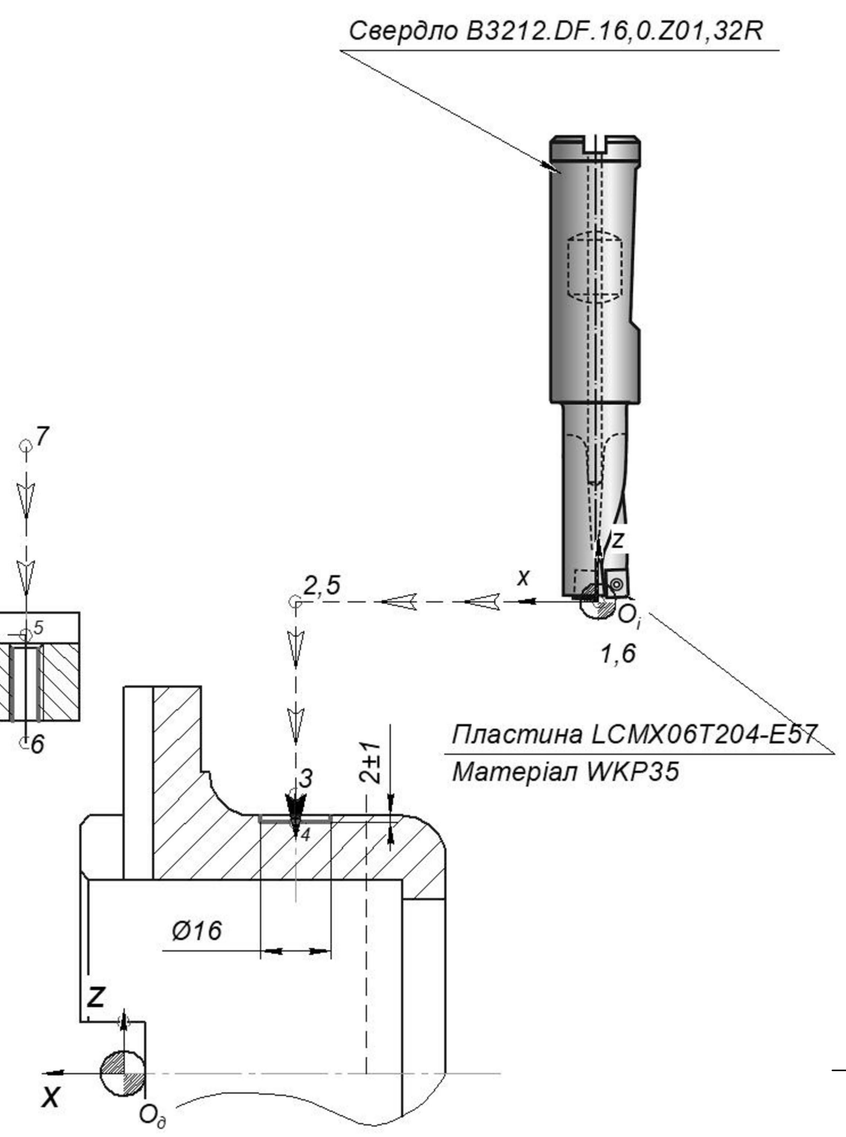
№ кадру	Код програми
	$Freza D=160
066	T09 M06
067	M3 S528
068	G43 H09 Z155
069	X175 Y0
070	G1 Z125 F2500
071	X150 F506
072	G3 X150 Y0 R150
073	G1 X175 Y0 F2500
074	G0 G49 Z500 M05



20. Свердлити 2 отвори під різьбу М8



26. Цекувати отвір Ø16



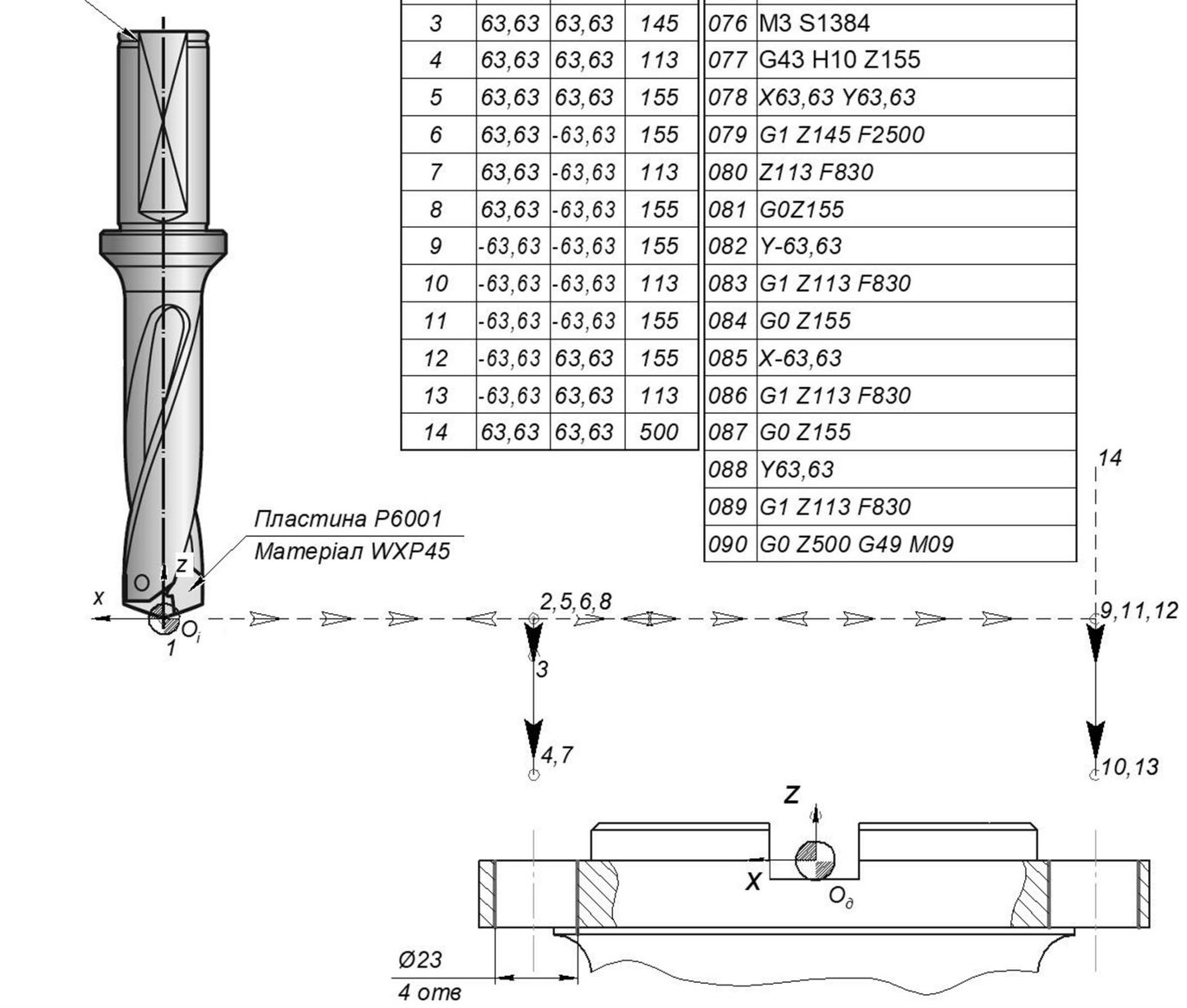
12.Свердлити 4-и отвори Ø23

Координати точок

№ Точки	X	Y	Z
1	175	0	155
2	63,63	63,63	155
3	63,63	63,63	145
4	63,63	63,63	113
5	63,63	63,63	155
6	63,63	-63,63	155
7	63,63	-63,63	113
8	63,63	-63,63	155
9	-63,63	-63,63	155
10	-63,63	-63,63	113
11	-63,63	-63,63	155
12	-63,63	63,63	155
13	-63,63	63,63	113
14	63,63	63,63	500

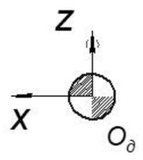
Текст програми

№ кадру	Код програми
	$Sverdlo D=23
075	T10 M06
076	M3 S1384
077	G43 H10 Z155
078	X63,63 Y63,63
079	G1 Z145 F2500
080	Z113 F830
081	G0Z155
082	Y-63,63
083	G1 Z113 F830
084	G0 Z155
085	X-63,63
086	G1 Z113 F830
087	G0 Z155
088	Y63,63
089	G1 Z113 F830
090	G0 Z500 G49 M09



Текст програми

№ кадру	Код програми
	$Sverdlo D=6,8
149	T16 G43 H16 X-92,5 Y0 M06
150	Z145 M3 S2000
151	G1 Z120 F720 M08
152	G0 Z145
153	X92,5
154	G1 Z120 F720
155	G0 G49 Z500 M09
156	M05



Координати точок

№ Точки	X	Y	Z
1	-92,5	0	500
2	-92,5	0	145
3	-92,5	0	120
4	-92,5	0	145
5	92,5	0	145
6	92,5	0	120
7	92,5	0	500

Координати точок

№ Точки	X	Y	Z
1	110	0	500
2	110	0	65
3	65	0	65
4	58	0	65
5	110	0	65
6	110	0	500

Текст програми

№ кадру	Код програми
	$Sverdlo D=16
199	T20 g43 H20 X110 Y0 M06
200	M3 S2000
201	Z65
202	G1 X65 F2500
203	X58 F240 M08
204	G0 X110
205	Z500 M09
206	M05

ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ 2	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.		
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.		
ЗАТВ.	Панчук В.Г	Карта налагодження	
РЕЦЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОПІЮВАВ		МР.ПМК и-626.02.000 КН	

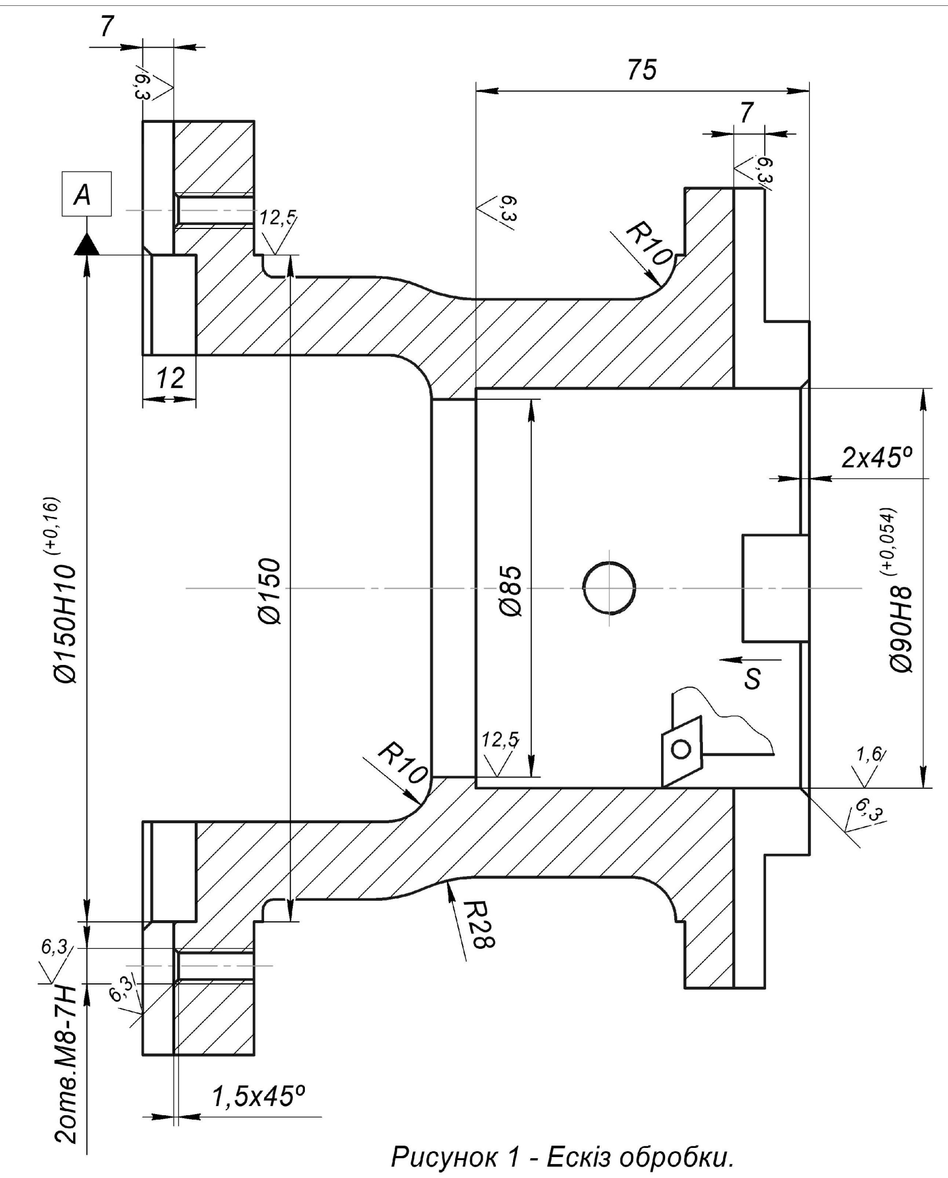


Рисунок 1 - Ескіз обробки.

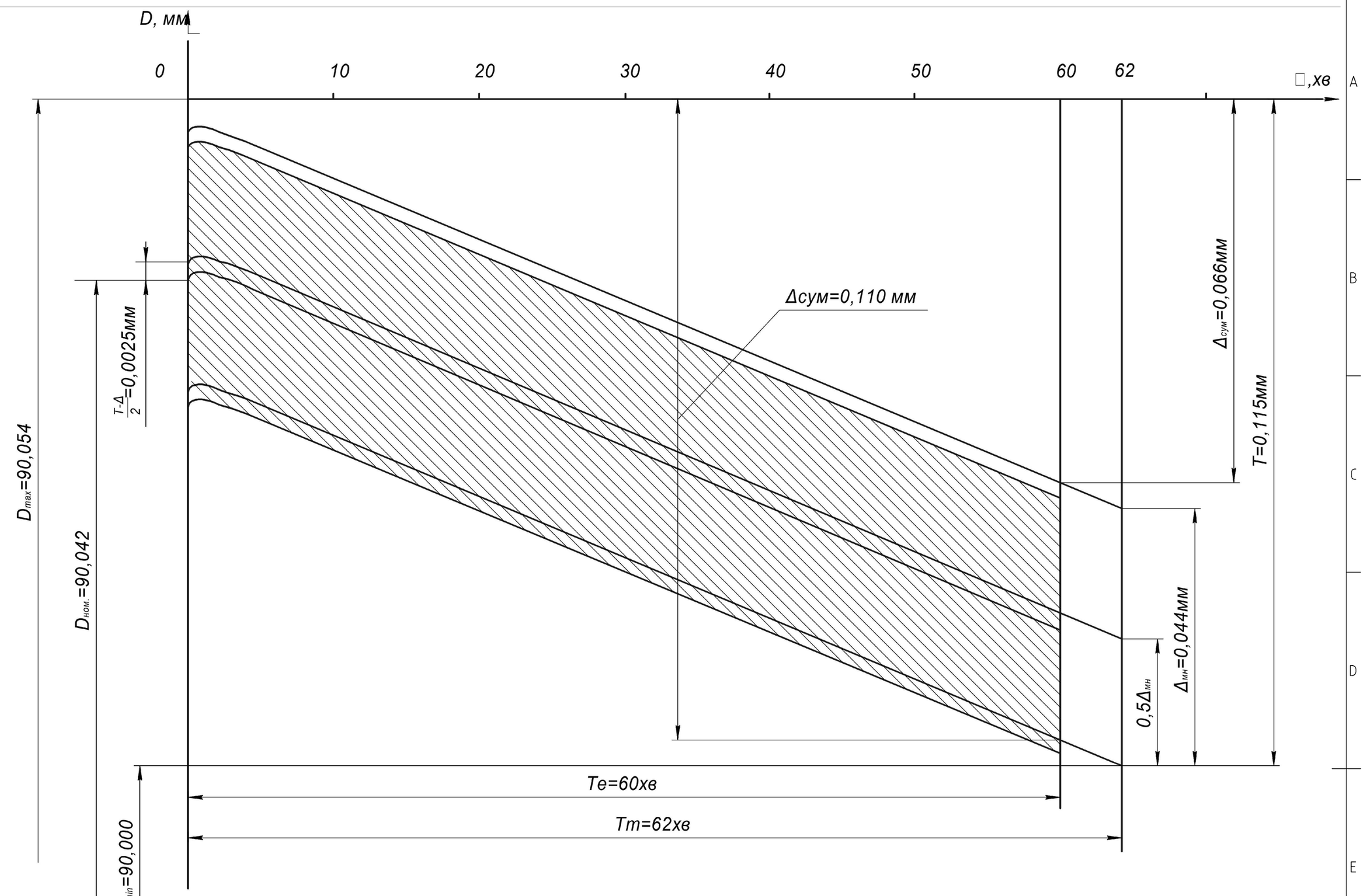


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності обробки.

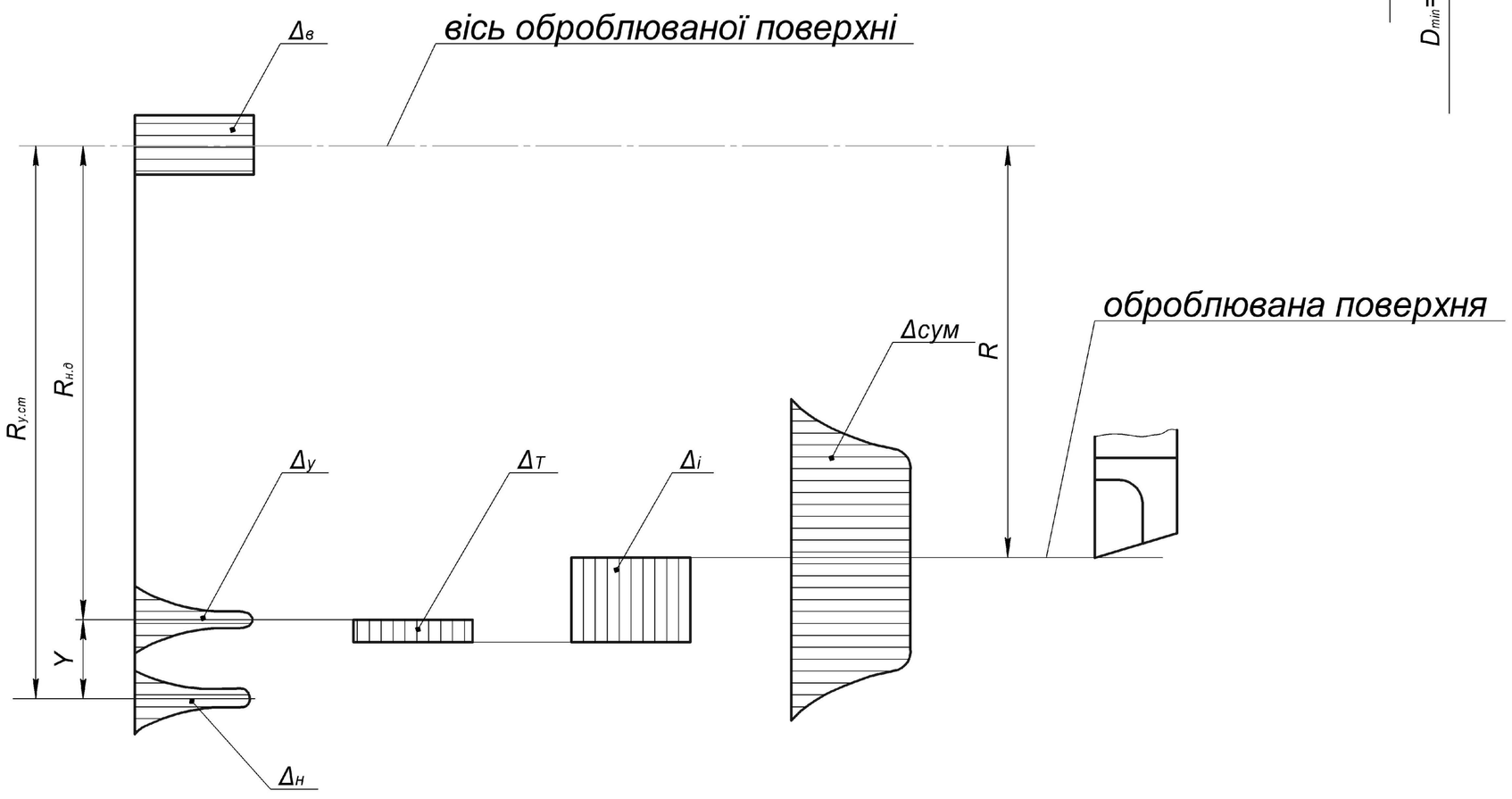


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга.

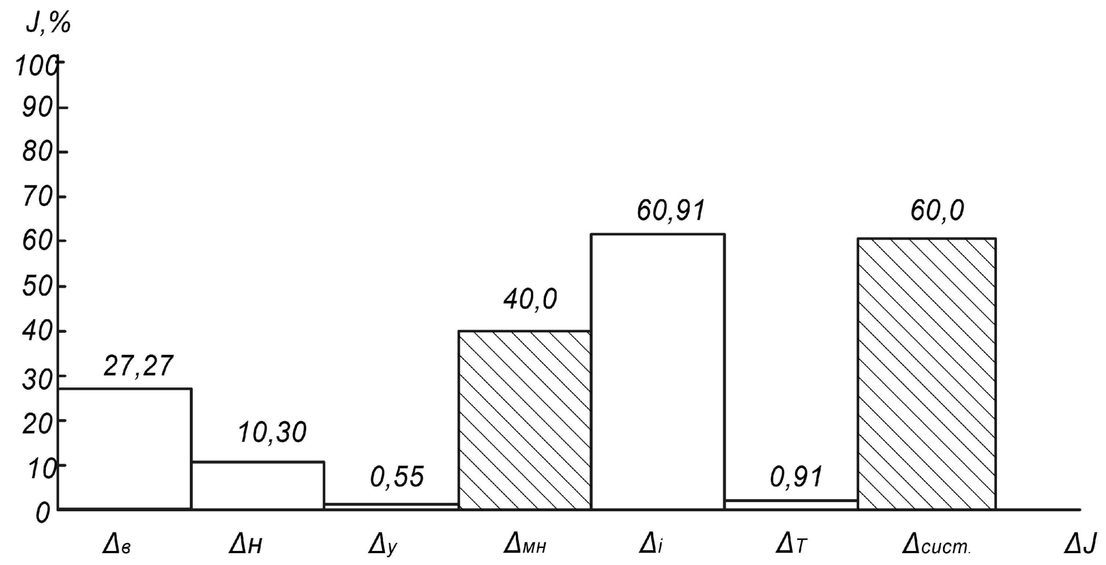
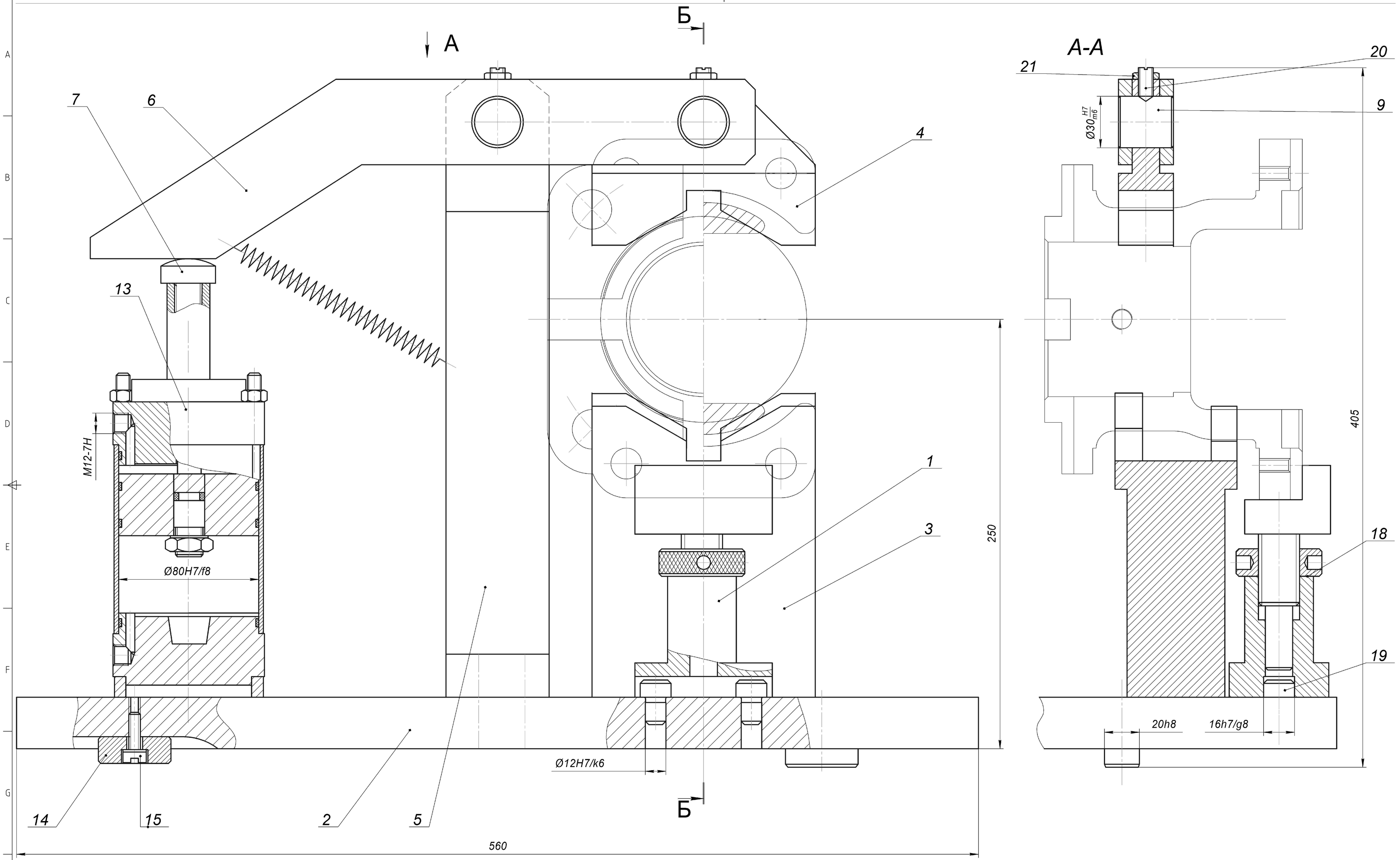


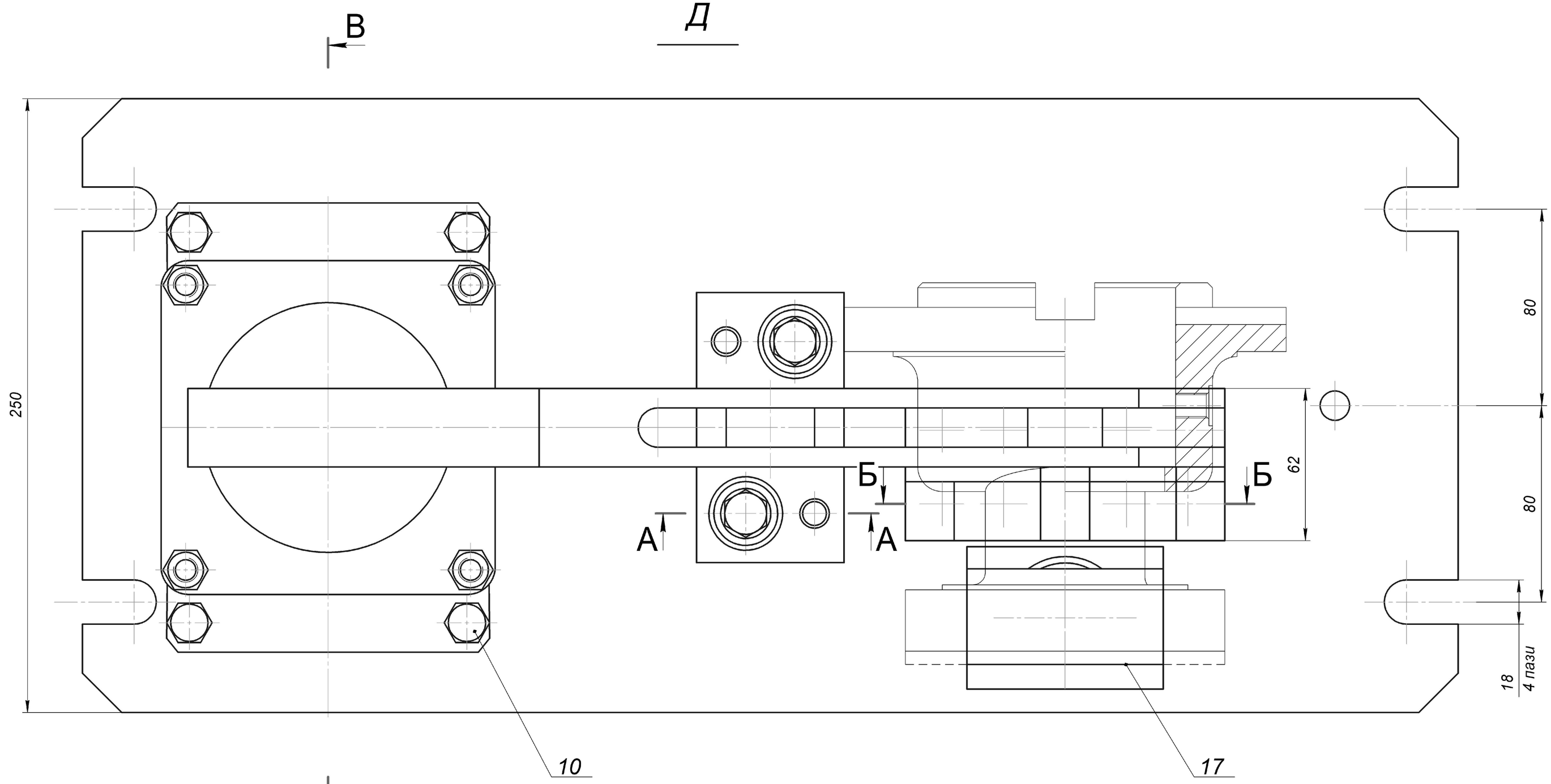
Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки.

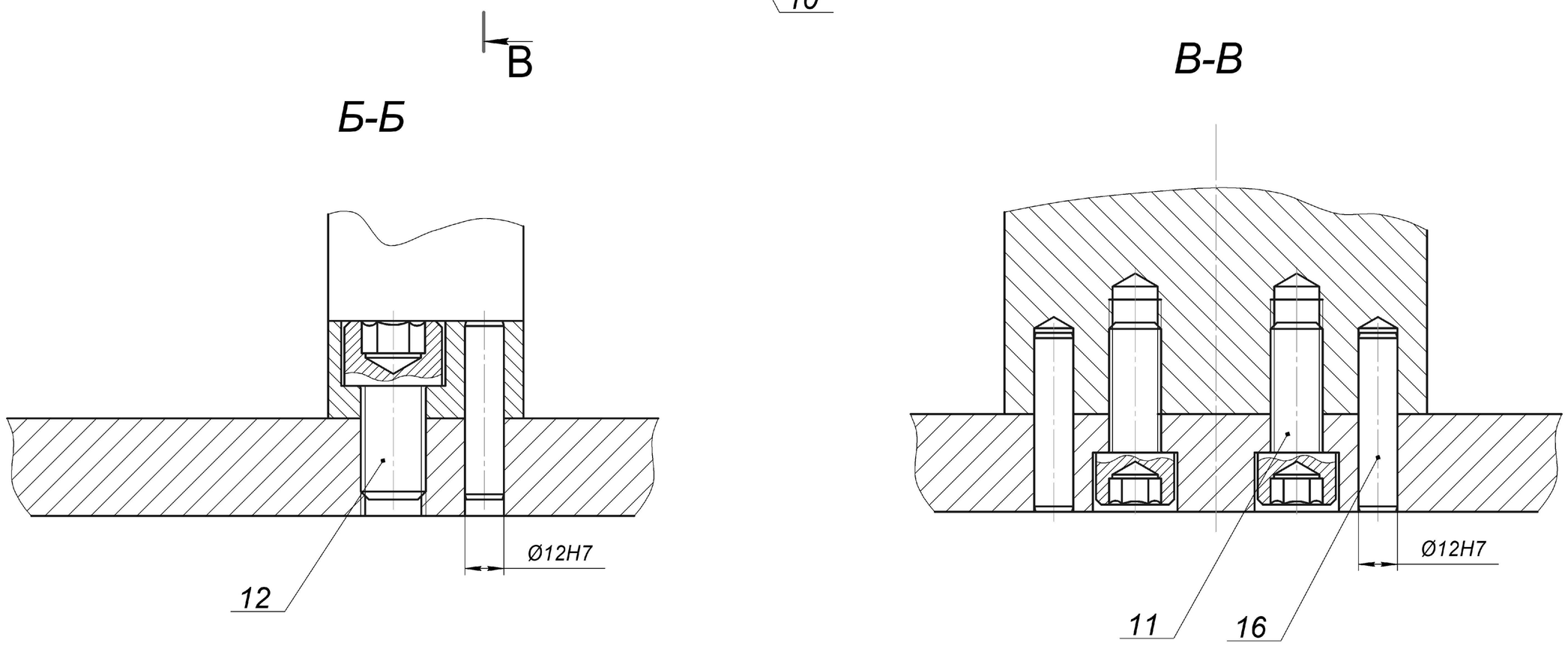
ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ 3	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.		
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.		
ЗАТВ.	Панчук В.Г	Аналіз точності	
РЕШЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОНТРОЛЬ		МР.ПМКи-626.03.000АТ	



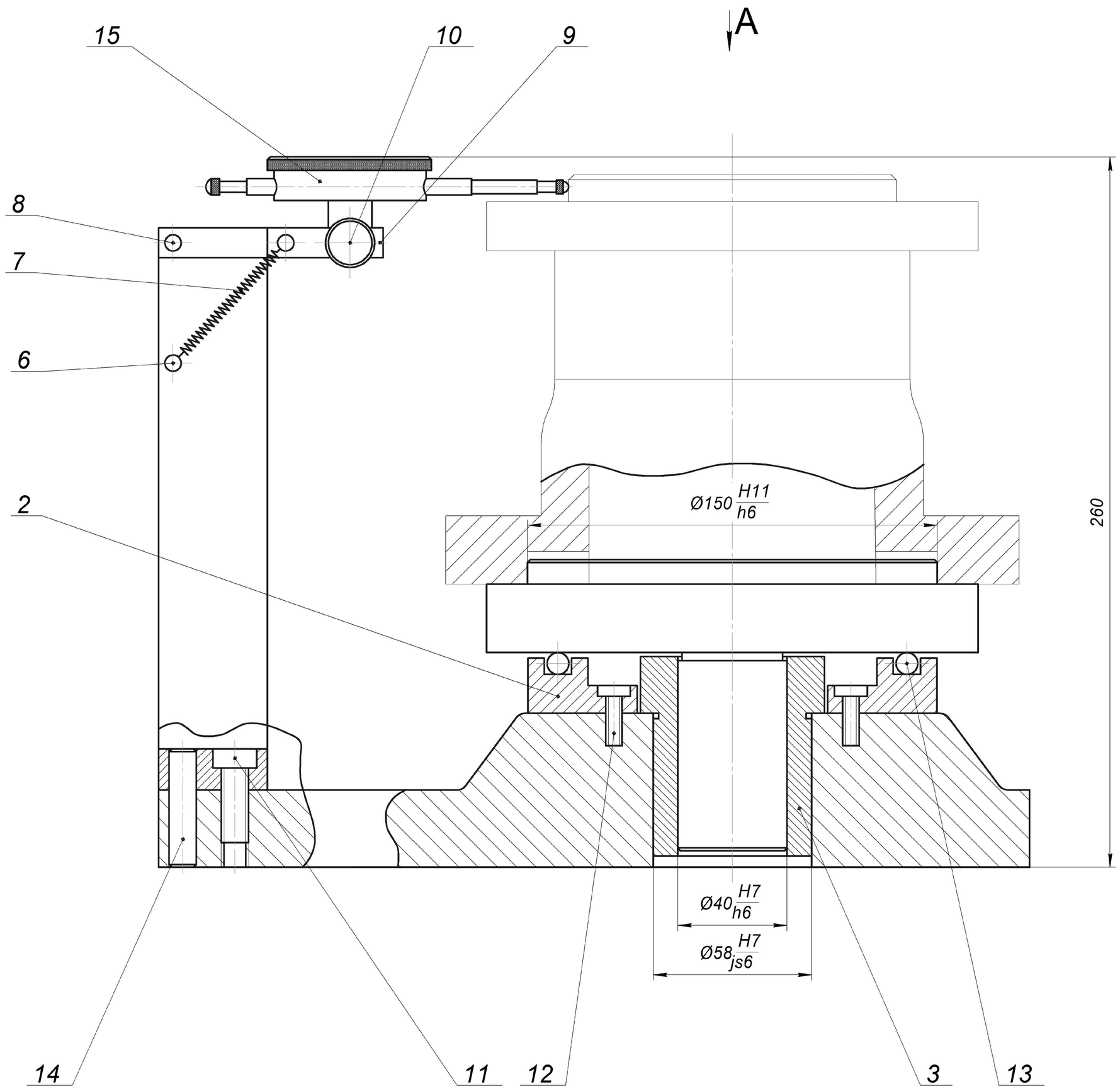
1. *Пристрій встановлюється на столі верстата VMC-650*
2. *Пристрій приєднати до системи стисненого повітря тиском 0,6 Мпа*
3. *Хід штока 35 мм*
4. **Розмір для довідок*
5. *Маркувати позначення використання шрифтом 5 Пр-3 ДСТУ ISO 3098-4:2007*

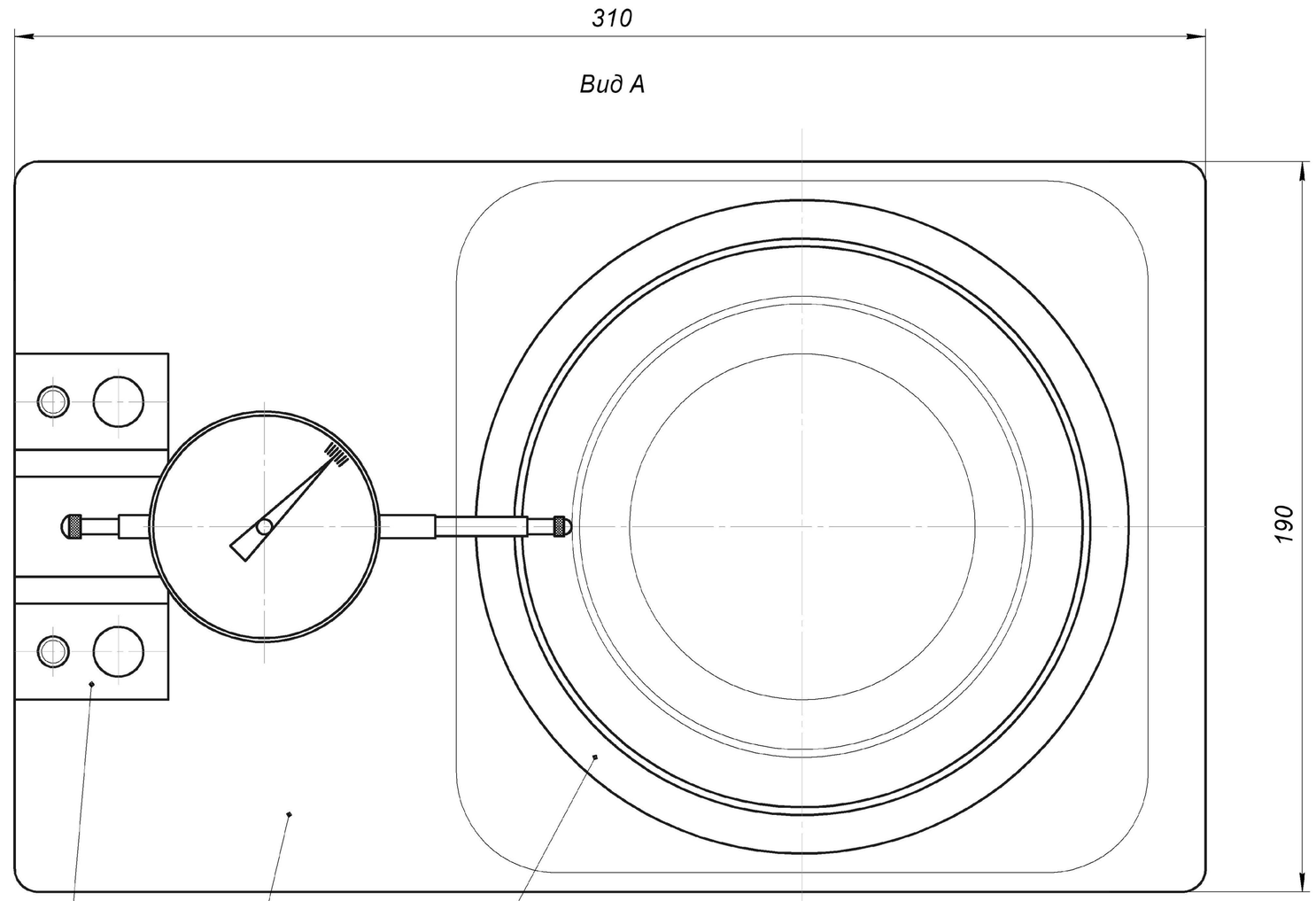
ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ 4	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.	Пристрій верстатний	
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.		
ЗАТВ.	Панчук В.Г		
РЕШЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОПІЮВАВ		МР.ПМКм-626.04.000 СК	





ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ 5	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.		
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.	Пристрій верстатний	
ЗАТВ.	Панчук В.Г		
РЕШЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОПІЮВАВ		МР.ПМКи-626.05.000 СК	





1. Розміри для довідок.
2. Деталь придатна при різниці показників індикатора(поз.11) не більше 0,24мм.
3. Маркувати: $\frac{МР.626.05.00.000}{62.30.10.171 \nearrow 0,12}$

ФАЙЛ	FSCM	ЛИСТ 6	МАСШТАБ 1:1
РОЗМІР А1			
РОЗРОБ.	Верешук Я.О.		
ПЕРЕВ.	Борушак Л.О.	Контрольний пристрій	
ЗАТВ.	Панчук В.Г		
РЕЦЕНЗ.			
ЗМ.		НОМЕР КРЕСЛЕНИКА	
КОПІЮВАВ		МР.ПМКи-626.06.000АТ	